

TRANSFORMACIÓN DEL BOSQUE SECO TROPICAL Y DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE APOYO “HÁBITAT PARA ESPECIES” EN LOS MUNICIPIOS PERTENECIENTES A LA JURISDICCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA EL QUIMBO (HUILA, COLOMBIA) DURANTE LOS AÑOS 2000 y 2016

Presentado por:

MARÍA FERNANDA MINA GALEANO

JUAN DAVID PALECIA RIVERA

Dirigido por:

GRACE ANDREA MONTOYA ROJAS

JOSÉ ALEJANDRO SALAMANCA GARCÍA

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES (U.D.C.A)

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C

2017

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES (U.D.C.A)
FACULTAD DE INGENIERÍAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL



TRANSFORMACIÓN DEL BOSQUE SECO TROPICAL Y DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE APOYO “HÁBITAT PARA ESPECIES” EN LOS MUNICIPIOS PERTENECIENTES A LA JURISDICCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA EL QUIMBO (HUILA, COLOMBIA) DURANTE LOS AÑOS 2000 y 2016

Trabajo de investigación para optar por el título de Ingeniero Geógrafo y Ambiental

María Fernanda Mina Galeano

Juan David Palencia Rivera

Director de Trabajo: Grace Andrea Montoya Rojas, Agróloga Sp, MSc, Ph.D Medio Ambiente Natural y Humano y docente investigadora

Tutor de Trabajo: José Alejandro Salamanca García, Ingeniero Geógrafo y Ambiental

CALIFICACIÓN: _____

Recomendaciones:

Decano Facultad de Ingenierías
Edgar Martínez Granja

Director Programa Ingeniería Geográfica y Ambiental
Hugo Alejandro Sánchez Valbuena

Director Trabajo de Investigación
Grace Andrea Montoya Rojas

Tutor Trabajo de Investigación
José Alejandro Salamanca García

Estudiante
María Fernanda Mina Galeano

Estudiante
Juan David Palencia Rivera

Dedicatoria

Dedicado en primer lugar a Dios por darme la oportunidad de vivir, por haberme permitido llegar hasta este punto y darme salud para lograr mis objetivos, por ser quien guía y bendice cada paso de mi vida; a mis padres por ser un pilar fundamental en todo lo que soy; a los miembros de mi familia por acompañarme y apoyarme siempre; a Juan por ser un gran compañero durante todo este tiempo; a cada uno de mis amigos y colegas quienes me dieron ánimo en varios momentos; a los docentes por ser de gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de este trabajo de investigación y por último a David mi pareja por ser un apoyo incondicional en este largo proceso.

María Fernanda Mina Galeano.

Dedicado en primer lugar a Dios, quien me ha guiado y bendecido en mi vida, a mis padres por todo el esfuerzo que ha hecho para que sea alguien que aporte soluciones a la comunidad, a mis hermanos, a María Fernanda a mi compañera incondicional, a mis Colegas y amigos por dar ánimos y apoyar todos mis ideales, a mi pareja Jessica por estar apoyándome durante todo el proceso.

Juan David Palencia Rivera.

AGRADECIMIENTOS

Ofrecemos sinceros agradecimientos a las siguientes personas y entidades durante este proceso:

Agróloga Sp, MSc, Ph.D Medio Ambiente Natural y Humano y docente investigadora **GRACE ANDREA MONTOYA ROJAS** junto con el Ingeniero Geógrafo y Ambiental **JOSE ALEJANDRO SALAMANCA GARCÍA**; quienes nos dirigieron, guiaron y asesoraron constantemente en el desarrollo de este trabajo de investigación.

AGENCIA NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES (ANLA) por suministrarnos el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto hidroeléctrico El Quimbo.

Ingeniero Geógrafo y Ambiental **JOSÉ DAVID AVILA LEÓN** por asesorarnos en los temas relacionados con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) e imágenes satelitales.

FUNDACIÓN NATURA por asesorarnos en temas relacionados con el bosque seco tropical en el área de compensación del proyecto hidroeléctrico El Quimbo.

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES (U.D.C.A) y a cada uno de los docentes del programa de Ingeniería Geográfica y Ambiental, quienes contribuyeron en nuestra formación profesional durante los últimos años.

TABLA DE CONTENIDO

CAPÍTULO I – ESTADO DEL ARTE	18
1 LISTA DE ACRÓNIMOS	18
2 GLOSARIO	22
3 RESUMEN	29
4 ABSTRACT	30
5 INTRODUCCIÓN	31
CAPÍTULO II – PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	34
6 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	34
6.1 Pregunta Problema	38
7 HIPÓTESIS.....	38
8 OBJETIVOS.....	39
8.1 Objetivo General	39
8.2 Objetivos Específicos.....	39
9 JUSTIFICACIÓN	40
10 IMPACTO.....	42
CAPÍTULO III – FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	43
11 ANTECEDENTES.....	43
11.1 Programa de inventarios de biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.....	43

11.2 Creación de un área protegida de orden regional de conservación del bosque seco y el Tití Cabeciblanco (<i>Saguinus oedipus</i>) en el norte del departamento de Bolívar.....	44
11.3 Propuesta de monitoreo y diagnóstico del estado de conocimiento y conservación del bosque seco tropical en Colombia ..	45
11.4 Creación de corredores de conectividad que aporten a la conservación del bosque seco tropical en el corregimiento de Hibácharo en el área de influencia de la Reserva Florestal Protectora (El Palomar) municipio de Piojó, Atlántico.....	46
11.5 Flora nativa promisorio del bosque seco tropical en Sincelejo, Loricá y Montería, apta para la alimentación humana	47
11.6 Red de información florística de bosques secos en Latinoamérica “DryFlor”	47
11.7 Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales.....	48
11.8 Revista biota colombiana	48
11.9 El bosque seco tropical en Colombia	49
11.10 Análisis funcional de bosques secos tropicales secundarios en una región del Caribe colombiano	49
11.11 Análisis de conectividad de bosque seco tropical en cuatro ventanas del Caribe colombiano analizadas a una escala más detallada que 1:250.000	50
11.12 Biodiversidad Caribe y servicios ecosistémicos	51
11.13 Efecto de la transformación del paisaje sobre la prestación del servicio ecosistémico de provisión de hábitat del humedal El Tunjo (Bogotá-Colombia) de 1940 a 2014	51
11.14 Alianza estratégica de conservación del bosque seco tropical en el departamento del Huila	52
11.15 Evaluación estructural del bosque seco tropical en el municipio de Carmen de Bolívar (Bolívar) y la determinación de sus beneficios ecosistémicos	52
11.16 Diversidad y servicios ecosistémicos del bosque seco tropical del Alto Magdalena (Huila, Colombia).....	53
11.17 Plan piloto de restauración ecológica de bosque seco tropical.....	53

CAPÍTULO IV – MARCO CONCEPTUAL	55
12 ECOSISTEMA BOSQUE SECO TROPICAL.....	55
12.1 Origen del bosque seco tropical.....	55
12.2 Distribución del bosque seco tropical.....	56
12.3 Características del bosque seco tropical.....	60
12.4 Factores formadores del bosque seco tropical.....	61
12.5 Adaptación del bosque seco tropical al cambio estacional.....	64
13 IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD Y DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	69
13.1 La biodiversidad como sustento de servicios ecosistémicos y del bienestar humano.....	70
13.1.1 Servicios de Aprovisionamiento.....	71
13.1.2 Servicios de Regulación.....	72
13.1.3 Servicios de Hábitat o de Apoyo.....	73
13.1.4 Servicios Culturales.....	74
14 LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (GIBSE).....	75
15 TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE.....	78
15.1 Planeación del paisaje rural: un aporte metodológico para la conservación de la biodiversidad.....	79
15.2 Transformación del paisaje natural en paisaje cultural.....	80
15.3 Enfoque sistémico de la geografía física, el paisaje y los servicios ecosistémicos.....	81
16 DEFORESTACIÓN.....	85
16.1 Cambios en el uso del territorio, su ocupación y la fragmentación de sus ecosistemas.....	86
17 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA EN EL MAPEO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.....	89

CAPÍTULO V – MARCO JURÍDICO NACIONAL Y CONTEXTO INTERNACIONAL	92
18 MARCO JURÍDICO NACIONAL.....	92
18.1 Marco jurídico Nacional vigente referente a la gestión de la biodiversidad.....	92
18.2 Instrumentos Nacionales de gestión de la biodiversidad y de los bosques.....	94
19 CONTEXTO INTERNACIONAL.....	100
CAPÍTULO VI – MATERIALES Y METODOLOGÍA	103
20 METODOLOGÍA.....	103
20.1 FASE 1: Caracterización general del área de estudio.....	104
20.1.1 Componente atmosférico.....	105
20.1.2 Componente hidrosférico.....	105
20.1.3 Componente geosférico.....	106
20.1.4 Componente biosférico.....	107
20.1.5 Componente antroposférico.....	107
20.2 FASE 2: Amenazas naturales, ecosistemas, modelados y paisajes.....	108
20.3 FASE 3: Procesamiento de imágenes satelitales.....	108
20.3.1 Características de las imágenes satelitales del programa Landsat.....	108
20.4 FASE 4: Procesamiento de análisis multitemporal.....	113
20.4.1 Combinación de bandas espectrales.....	115
20.5 FASE 5: Elaboración del mosaico espacial.....	115
20.5.1 Mejoramiento de la resolución espacial.....	115
20.5.2 Corrección geométrica y atmosférica de las imágenes satelitales.....	115

20.6	FASE 6: Recorte del área de estudio	116
20.6.1	Proceso de interpretación y determinación del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio	116
20.7	FASE 7: Análisis del estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” por medio del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	118
CAPÍTULO VII - CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....		119
21	DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	119
22	ÁREA DE ESTUDIO.....	120
22.1	Límites de los municipios pertenecientes al área de estudio	120
22.2	Límites del proyecto hidroeléctrico El Quimbo.....	121
23	COMPONENTE ATMOSFÉRICO.....	123
23.1	Factor climático.....	123
24	COMPONENTE HIDROSFÉRICO	125
24.1	Factor hidrogeológico.....	125
24.1.1	Zonas hidrogeológicas	125
24.1.2	Zonas de recarga.....	128
24.2	Factor hidrográfico	129
24.2.1	Cuenca Alta del río Magdalena (área de estudio).....	130
25	COMPONENTE GEOSFÉRICO	132
25.1	Factor geológico.....	132
25.1.1	Estratigrafía.....	133
25.2	Factor geomorfológico.....	134

25.3	Factor edafológico.....	137
26	COMPONENTE BIOSFÉRICO.....	142
26.1	Factor ecosistémico.....	142
27	COMPONENTE ANTROPOSFÉRICO.....	146
27.1	Factor social.....	146
27.1.1	Amenaza antrópica.....	148
27.2	Factor económico.....	149
 CAPÍTULO VIII – AMENAZAS NATURALES, ECOSISTEMAS, MODELADOS Y PAISAJES.....		151
 CAPITULO IX – RESULTADOS.....		164
28	IDENTIFICACIÓN MULTITEMPORAL DEL BOSQUE SECO TROPICAL DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016 MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES.....	164
28.1	Combinación espectral de las bandas RGB+NIR falso color (4,3,2).....	166
29	ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN ÁREA DEL BOSQUE SECO TROPICAL DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016.....	176
29.1	Transformación del bosque seco tropical en el área de estudio.....	204
30	ESTADO DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO “HÁBITAT PARA ESPECIES” DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016.....	206
30.1	La biodiversidad representada en el sustento de los servicios ecosistémicos, el bienestar humano, animal, vegetal y microbiano.....	209
 CAPITULO X – ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....		219
31	IDENTIFICACIÓN MULTITEMPORAL DEL BOSQUE SECO TROPICAL DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016 MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES.....	219

32	ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN ÁREA DEL BOSQUE SECO TROPICAL DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016	220
33	ESTADO DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO “HÁBITAT PARA ESPECIES” DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016	226
CAPITULO XI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		228
34	CONCLUSIONES.....	232
35	RECOMENDACIONES	235
CAPITULO XII – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		237
36	TRABAJOS CITADOS	237

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. La conservación de la biodiversidad como elemento emergente de la preservación, uso sostenible, restauración y generación de conocimientos.....	77
Ilustración 2. Modelo del paisaje-geosistema.	83
Ilustración 3. Estructura de la metodología empleada en del procesamiento de las imágenes satelitales.....	109
Ilustración 4. Perfil longitudinal del río Magdalena en el área de estudio.	130
Ilustración 5. Perfil de amenazas naturales, ecosistemas, modelados y paisajes presentes en el área de estudio.....	163
Ilustración 6. Imágenes Landsat 7, Landsat 5 y Landsat 8 respectivamente con la combinación espectral de las bandas RGB+NIR falso color 4,3,2.....	167
Ilustración 7. Cabecera municipal del municipio Garzón (departamento del Huila) falso color (bandas espectrales 4, 3, 2). Imagen Landsat 8 con y sin tratamiento (año 2016).....	169
Ilustración 8. Delimitación del área de estudio (departamento del Huila) falso color (bandas espectrales 4, 3, 2)	170
Ilustración 9. Recorte teniendo en cuenta las características del bosque seco tropical.....	171
Ilustración 10. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el área de estudio durante los años 2000 y 2016.....	213
Ilustración 11. Reclassificación de las variables del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el área de estudio durante los años 2000 y 2016.	214
Ilustración 12. Transformación de bosque seco tropical por la inundación de la hidroeléctrica El Quimbo en el municipio Gigante.....	225

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Distribución del bosque seco tropical en Colombia.....	59
Mapa 2. Esquema de localización del área de estudio.....	122
Mapa 3. Componente atmosférico del área de estudio	124
Mapa 4. Componente hidrosférico del área de estudio.....	131
Mapa 5. Componente geosférico (factor geológico) del área de estudio	139
Mapa 6. Componente geosférico (factor geomorfológico) del área de estudio	140
Mapa 7. Componente geosférico (factor edafológico) del área de estudio.	141
Mapa 8. Componente biosférico del área de estudio.....	145
Mapa 9. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio, con un límite de altitud de 1000 m.s.n.m en el año 2000.....	174
Mapa 10. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio, con un límite de altitud de 1000 m.s.n.m en el año 2016.....	175
Mapa 11. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Agrado en el año 2000 .	179
Mapa 12. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Agrado en el año 2016.	180
Mapa 13. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Altamira en el año 2000	184
Mapa 14. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Altamira en el año 2016	185
Mapa 15. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Garzón en el año 2000.	189
Mapa 16. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Garzón en el año 2016.	190
Mapa 17. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Gigante en el año 2000.	193
Mapa 18. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Gigante en el año 2016.	194
Mapa 19. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Paicol en el año 2000. ...	197
Mapa 20. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Paicol en el año 2016. ...	198

Mapa 21. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Tesalia en el año 2000.	202
Mapa 22. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Tesalia en el año 2016.	203
Mapa 23. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el área de estudio en el año 2000	217
Mapa 24. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el área de estudio en el año 2016	218

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Agrado.	178
Gráfica 2. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Altamira.....	183
Gráfica 3. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Garzón.	188
Gráfica 4. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Gigante.	192
Gráfica 5. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Paicol.	196
Gráfica 6. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Tesalia.	201
Gráfica 7. Cambio en área del bosque seco tropical en el área de estudio durante los años 2000 y 2016.	205

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales normas vigentes que reglamentan aspectos claves de la gestión de la biodiversidad y la Institucionalidad Ambiental Nacional.	93
Tabla 2. Principales Instrumentos Nacionales para la gestión de la biodiversidad y bosques.	95
Tabla 3. Principales convenios, comisiones y tratados relacionados con la conservación de la biodiversidad y de los bosques.....	100
Tabla 4. Características de las imágenes satelitales Landsat 5	110
Tabla 5. Características de las imágenes satelitales Landsat 7	111
Tabla 6. Características de las imágenes satelitales Landsat 8	112
Tabla 7. Datos de las imágenes satelitales.	114
Tabla 8. Puntos de muestreo en la clasificación supervisada.....	117
Tabla 9. Distribución de las zonas hidrogeológicas del área de estudio.....	126
Tabla 10. Características de la cuenca hidrogeológica Valle Superior del Magdalena	127
Tabla 11. Distribución del sistema de acuífero (zona de recarga) en el área de estudio por área y provincia hidrogeológica	128
Tabla 12. Orden y subgrupos de los suelos presentes en el área de estudio.....	138
Tabla 13. Hitos históricos que han modificado las dinámicas socioculturales en el área de estudio.....	147
Tabla 14. Amenazas naturales en el área de estudio por componente ambiental y modelado del paisaje.....	154
Tabla 15. Relación entre modelados, orden del suelo, ecosistema y paisaje.	161
Tabla 16. Coberturas de la Tierra identificadas en el área de estudio, según la metodología Corine Land Cover (CLC) adaptada Colombia.....	164
Tabla 17. Área y porcentaje de la distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio.	172
Tabla 18. Variables y rangos reclasificados obtenidos del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en al área de estudio durante los años 2000 y 2016.....	212

Tabla 19. Transformación del bosque seco tropical a coberturas de la Tierra (municipios Agrado, Altamira y Tesalia)	221
Tabla 20. Transformación del bosque seco tropical a coberturas de la Tierra (municipios Garzón, Gigante y Paicol).....	222

CAPÍTULO I – ESTADO DEL ARTE

1 LISTA DE ACRÓNIMOS

- ❖ ACP: Análisis de Componentes Principales.
- ❖ ANLA: Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.
- ❖ AUC: Autodefensas Unidas de Colombia.
- ❖ Bs-T: Bosque seco tropical.
- ❖ CAM: Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena.
- ❖ CARDIQUE: Corporación Autónoma Regional Del Canal Del Dique.
- ❖ CBS: Costra Biológica del Suelo.
- ❖ CIP: Centro de Investigación para la Paz.
- ❖ CLC: Corine Land Cover.
- ❖ CR: Peligro crítico.
- ❖ EIA: Estudio de Impacto Ambiental.
- ❖ ELN: Ejército de Liberación Nacional.
- ❖ EN: Especies en peligro.
- ❖ EOT: Esquema de Ordenamiento Territorial.
- ❖ ERTS: Earth Reseorces Technology Satellites.
- ❖ E.S.P: Empresa de Servicios Públicos.
- ❖ ETISIG: Equipo de Trabajo Interinstitucional de Sistemas de Información Geográfica.
- ❖ FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

- ❖ FARC-EP: Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia – Ejército del Pueblo.
- ❖ FCDS: Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible.
- ❖ GEMA: Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental.
- ❖ GIBSE: Gestión Integral de la Biodiversidad y Sus Servicios Ecosistémicos.
- ❖ Ha: Hectáreas.
- ❖ HIMAT: Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras.
- ❖ IAvH: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- ❖ IDEAM: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.
- ❖ IFOV: Instantaneous Field Of View.
- ❖ IGAC: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- ❖ INDERENA: Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente.
- ❖ INEGI: Instituto Nacional de Estadística y Geográfica.
- ❖ INGETEC S.A: Ingenieros Consultores (Ingetec).
- ❖ InVEST: Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs.
- ❖ IPBES: Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- ❖ ISA: Interconexión Eléctrica S.A E.S.P
- ❖ LC: Especies de preocupación menor.
- ❖ MSS: The Multispectral Scanner System.
- ❖ NDVI: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.
- ❖ NASA: Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio.
- ❖ NIR: Infrarrojo cercano.

- ❖ OLI: Operational Land Imager.
- ❖ PBOT: Plan Básico de Ordenamiento Territorial.
- ❖ PNGIBSE: Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos.
- ❖ PNUD: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Colombia.
- ❖ POT: Plan de Ordenamiento Territorial.
- ❖ RBG: Red, Blue, Green.
- ❖ RIOS: Resource Investment Optimization System.
- ❖ SGC: Servicio Geológico Colombiano.
- ❖ SIG: Sistemas de Información Geográfica.
- ❖ SINAP: Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
- ❖ SIRAP: Sistema Regional de Áreas Protegidas.
- ❖ SINCHI: Investigación Científica para la Amazonia Colombiana.
- ❖ SITR: Sensor Infrarrojo Térmico.
- ❖ TGS: Teoría General de Sistemas.
- ❖ TIRS: Bandas térmicas.
- ❖ TM: Thematic Mapper.
- ❖ UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.
- ❖ UNCCD: United Nations Convention to Combat Desertification.
- ❖ UNFCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change.
- ❖ UNCPBA: Universidad del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- ❖ USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.

- ❖ USGS: Servicio Geológico de los Estados Unidos.
- ❖ VSM: Valle Superior del Magdalena.
- ❖ VU: Vulnerables.

2 GLOSARIO

- ❖ **Agricultura:** “Manejo del suelo para producir alimentos y plantas útiles para las industrias de la alimentación y del vestido” (Ruiz, 2004).
- ❖ **Ambiente:** “Es el escenario donde desarrollan sus actividades los organismos vivos y está formado por todo lo que los rodea: luz, aire, agua, sonidos, olores, artefactos, entre otros, incluyendo a los otros organismos” (Malacalza, 2013). También se puede entender como “todos aquellos factores que nos rodean (bióticos y abióticos) que afectan directamente a los organismos” (González, 1999).
- ❖ **Análisis Multitemporal:** El (Equipo de Trabajo Interinstitucional de Sistemas de Información Geográfica, 2015) define dicho término como:

Análisis de tipo espacial que se realiza mediante la comparación de las de coberturas interpretadas en dos imágenes de satélite o mapas de un mismo lugar en diferentes fechas y permite evaluar los cambios en la situación de las coberturas que han sido clasificadas.
- ❖ **Biodiversidad:** “La variedad de vida, expresada típicamente en términos de riqueza de especies, pero también puede ser aplicada a genes y ecosistemas” (Lopez, 2014). Por otro lado, se refiere al “rango de variación o diferencias entre un rango de entidades; de manera, que diversidad biológica refiere a la variedad dentro del mundo viviente” (United Nations Environment Programme, 2005).
- ❖ **Bosque:** La (FAO, 2010) define dicho término como:

Tierra con una cubierta de copa (o densidad de masa equivalente) en más del 10% de la superficie y una extensión superior a 0,5 ha. los arboles deben poder alcanzar una altura mínima de 5 metros en el momento de su madurez *in situ*. Comprende formaciones forestales densas, donde los árboles de diversos pisos y sotobosque cubren gran parte

del terreno o formaciones forestales claras, con una cubierta de vegetación continua donde la cubierta de copas cubre más del 10% de la superficie.

- ❖ **Bosques Caducifolios:** “Hace referencia a los árboles o arbustos que pierden su follaje durante una parte del año, como es el caso del bosque seco tropical (bs-T)” (Instituto SINCHI, 2015).
- ❖ **Bosque seco tropical:** El (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014) define dicho término como:

Formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y que se distribuye entre altitudes que van desde los 0 hasta los 1000 m.s.n.m; presenta temperaturas superiores a los 24°C y precipitaciones entre los 800 y 2000 mm anuales, con uno o dos periodos marcados de sequía al año.
- ❖ **Bosque Tropical caducifolio:** “Se refiere a los árboles o arbustos que pierden su follaje durante una parte del año” (Merlano, 2006).
- ❖ **Clima:** El (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2014) define dicho término como:

Conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, caracterizado por los estados y evoluciones del estado del tiempo, durante un periodo de tiempo y un lugar o región dados, y controlado por los denominados factores forzantes, factores determinantes y por la interacción entre los diferentes componentes del denominado sistema climático (atmósfera, hidrósfera, litósfera, criósfera, biósfera y antropósfera).
- ❖ **Cobertura de la tierra:** “Es la cobertura biofísica que se observa sobre la superficie terrestre. Se incluye cuerpos de agua, afloramiento rocoso y suelos desnudos en el término” (Gregorio, 2005).
- ❖ **Cobertura vegetal:** “Expresión integral de la interacción entre los factores bióticos y abióticos sobre un espacio determinado; es decir, es el resultado de la asociación espacio temporal de elementos biológicos vegetales

característicos, los cuales conforman unidades estructurales y funcionales” (Banco de la República de Colombia, 2015).

❖ **Conservación:** “Hace referencia a todas las actividades humanas incluyendo estrategias, planes, políticas y actuaciones emprendidas para garantizar que se mantenga la diversidad de recursos naturales ahora y en el futuro” (FAO, 2005).

❖ **Conservación in situ:** La (FAO, 2008) hace referencia a dicho término como la conservación en el propio sitio y la define como:

La manutención continua de una población dentro de la comunidad a la que pertenece y en el ambiente en el cual está adaptada, lo que permite la protección de los ecosistemas complejos en donde se tiene continuidad a los procesos evolutivos y ecológicos.

❖ **Cuenca hidrográfica:** El (Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, 1985) define dicho término como:

El espacio geográfico limitado por divisorias de agua donde se expresa el ciclo hidrológico en un volumen de control que permite a partir del agua precipitada que entra a este dominio, determinar la parte que escurre a lo largo de las laderas y que puede ser interceptada por las depresiones naturales del terreno, la fracción que se evapora o infiltra y finalmente la cantidad que fluye a través de los drenajes naturales de la cuenca y forma el flujo superficial.

❖ **Deforestación:** “El cambio en el uso del suelo que comprende la reducción de la cubierta vegetal” (FAO, 2005)

❖ **Desertificación:** (United Nations Convention to Combat Desertification, 1977) define dicho término como:

La disminución o la destrucción del potencial biológico del suelo y puede desembocar en definitiva condiciones de tipo desértico. Constituye un aspecto del deterioro generalizado de los ecosistemas y ha reducido o liquidado el potencial biológico; es decir, la producción vegetal y animal con múltiples fines en un momento en el cual es necesario aumentar la productividad para mantener a un número creciente de personas que aspiran al desarrollo.

❖ **Diapausa:** (Soria, 1969) define dicho término como:

El estado fisiológico de inactividad en el que se suspende el desarrollo de ciertos insectos con una notable reducción en su metabolismo, factores desencadenantes y terminantes específicos. Se usa a menudo para sobrevivir a condiciones ambientales desfavorables y predecibles; tales como, temperaturas extremas, sequía o carencia de alimento.

❖ **Diversidad beta:** “Es la tasa de cambio en especies de dos comunidades vegetales adyacentes, refleja tanto la diferencia de composición de las dos comunidades y en última instancia la heterogeneidad del paisaje” (Molina & Farinós, 2011).

❖ **Ecosistema:** “Complejo dinámico de comunidades animales, vegetales y microbianas y su medio no viviente; los cuales, interactúan como una unidad funcional” (Naciones Unidas, 1992).

❖ **Enfoque ecosistémico:** (Millennium Ecosystem Assessment, 2005) define dicho término como:

Una estrategia para la gestión integrada de tierras, extensiones de aguas y recursos vivos por la que se promueve la conservación y el uso sostenible. A través de este enfoque se reconoce como componente integral de los ecosistemas a los seres humanos con su diversidad cultural.

❖ **Epifitas:** Se refiere a “cualquier planta que crece sobre otro vegetal usándolo solamente como soporte, pero no lo parásita” (Merlano, 2006).

❖ **Estructura ecológica principal:** La (Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 2007) define dicho término como:

El conjunto de elementos bióticos y abióticos que dan sustento a los procesos ecológicos esenciales del territorio cuya finalidad principal es la preservación, conservación, restauración, uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, los cuales brindan la capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de las poblaciones (Decreto 3600 de 2007).

- ❖ **Fragmentación:** “Es un proceso de cambio que implica la aparición de discontinuidades en los hábitats; lo que era originalmente una superficie continua de vegetación, se transforma en un conjunto de fragmentos desconectados y aislados entre sí” (Estades, 2003).
- ❖ **Geomorfología:** (Gutierrez, 2004) define dicho término como:

El estudio de las formas del relieve terrestre y sus procesos de formación. El nombre deriva de tres palabras griegas, geo (tierra), morfé (forma), logos (estudio). Constituye una de las partes de la geografía física o fisiografía. La superficie de la Tierra está constituida por multitud de formas diferentes que descritas e interpretadas adecuadamente, pueden ser aisladas y clasificadas de manera coherente. La conjunción de estas formas en un área determinada es lo que confiere un carácter específico a los diversos paisajes que conforman el escenario de la actividad humana.
- ❖ **Hábitat:** “El lugar o tipo de ambiente en el que existe naturalmente un organismo o una población” (Naciones Unidas, 1992). Asimismo (Utrera, 2004) considera como hábitat, “al espacio físico que brinda a las especies alimento, agua y componentes imprescindibles para el mantenimiento, reproducción y supervivencia de las especies que integran a las comunidades animales y vegetales”.
- ❖ **Hidroeléctrica:** “Son instalaciones que permiten aprovechar la energía potencial gravitatoria (masa a una cierta altura) contenida en el agua de los ríos, al convertirla en energía eléctrica mediante turbinas hidráulicas acopladas a generadores eléctricos” (Asociación Española de la Industria Eléctrica, 2015).
- ❖ **Imagen satelital:** Según (Campbell, 1996) dio término es definido como:

El producto obtenido por un sensor instalado a bordo de un satélite artificial mediante la captación de la radiación electromagnética emitida o reflejada por un cuerpo celeste, producto que posteriormente se transmite a estaciones terrenas para su visualización, procesamiento y análisis.
- ❖ **Melanización:** “Proceso de oscurecimiento de los horizontes superficiales del suelo por evolución de restos orgánicos frescos hacia formas complejas (humus) con la participación de microorganismos” (Badía et al, 2007).

- ❖ **Positivismo:** “Teoría filosófica la cuál considera que el único medio de conocimiento es la experiencia comprobada” (Álvarez, 2011).
- ❖ **Pragmatismo:** Según (Hans, 1993) dicho término hace referencia a:
 - Escuela filosófica creada en Estados Unidos a finales del siglo XIX por Charles Sanders Peirce, John Dewey y William James, su concepto se fundamenta en que sólo es verdadero aquello que funciona y se comprueba, enfocándose en el mundo real objetivo.
- ❖ **Resolución espacial:** La (UNCPBA, 2012) define dicho término como:
 - El tamaño del píxel, en algunos casos se emplea el concepto de IFOV; el cuál, se define como la sección angular (en radianes) observada en un momento determinado; ya que, el tamaño del píxel en una escena es variable incrementándose conforme nos alejamos del punto nadir.
- ❖ **Restauración:** “Conjunto de actividades tendientes a la recuperación y restablecimiento de las condiciones que propician la evolución y continuidad de los procesos naturales” (López P. L., 2006).
- ❖ **Servicio Ecosistémico:** “Son todos los beneficios directos e indirectos que proveen los ecosistemas mediante sus componentes (biodiversidad) y procesos (funciones ecosistémicas) contribuyendo con el bienestar humano” (IPBES, 2013).
- ❖ **Sistemas Naturales:** (Rodríguez, 2005) define dicho término como:
 - El conjunto sistémico basado en una o varias interpretaciones de carácter cognitivo. Interpretaciones que pueden o no estar delimitadas por una ciencia (ciencias naturales) en su "universo causal" o contener una o varias expresiones de definición de carácter, geológico, biológico y/o ecológico que expresan lo que entendemos por nuestro entorno natural.
- ❖ **Sistemas de Información Geográfica:** “Son sistemas que permiten almacenar datos espaciales para su consulta, manipulación y representación” (Sarría, 2000).

- ❖ **Socioecosistema:** “Hace explícito el papel del ser humano y su cultura como parte integrante e integral de los ecosistemas y parte fundamental en la gestión de la biodiversidad” (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2004).
- ❖ **Stock:** “Se usa en español con el sentido de existencia (todo lo referente a los bienes que una persona u organización posee y que sirven para la realización de sus actividades)” (Real Academia Española, 2006).
- ❖ **Suelo:** “Capa superficial de espesor variable que recubre la corteza terrestre, procedente de la meteorización física y química de la roca preexistente y sobre la que se asienta la vida” (Grisolía, 2012).
- ❖ **Sustentabilidad:** “Es un proceso integral que exige a los distintos actores de la sociedad compromisos y responsabilidades en la aplicación del modelo económico, político, ambiental y social, así como en los patrones de consumo que determinan la calidad de vida” (Paria, 2012).
- ❖ **Transformación:** “Acción o procedimiento mediante el cual algo se modifica, altera o cambia de forma manteniendo su identidad” (De la Fuente, 2010).
- ❖ **Vegetación xeromórfica:** “Se refiere a las plantas con características adecuadas a los hábitats muy secos o áridos. Las plantas xeromorfas tienen adaptaciones tales como hojas suculentas, gruesas cutículas u otras que les permiten evitar la pérdida de agua” (Díaz, 2006).
- ❖ **Zonas de vida:** “Sistema de Holdridge de Zonas de Vida, publicado por Leslie Holdridge en 1947 y actualizado en 1967” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2002).

3 RESUMEN

Inicialmente se realizó la caracterización general del área de estudio, para dicha caracterización se emplea la metodología del análisis integral del paisaje empleada por (Montoya-Rojas et al, 2016), donde se estudian los principales componentes ambientales (atmosférico, hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico) que conforman y sostienen la capacidad del paisaje. Obtenida la caracterización del área de estudio y teniendo en cuenta la metodología de identificación de dinámicas ecológicas por modelados del paisaje y componentes ambientales realizada por (Montoya-Rojas, 2011), se procede a realizar el perfil de amenazas naturales por modelados del paisaje presentes en el área de estudio. Posteriormente mediante el análisis multitemporal, se procede a identificar el bosque seco tropical y las coberturas de la Tierra (según la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia) por medio de una clasificación supervisada; las coberturas identificadas son arbustal, bosque denso, bosque fragmentado, bosque de galerías, cuerpos de agua, herbazal, mosaico de cultivos y zonas urbanizadas. Para realizar dicho análisis se utilizaron imágenes del satélite Landsat 5, 7 y 8 para los años 2007, 2000 y 2016 respectivamente. El bosque seco tropical en el año 2000, contaba con una extensión total 1.401,89 ha. correspondientes al 0,63% de las coberturas identificadas en el área de estudio; sin embargo, con el transcurso del tiempo y debido al incremento acelerado del desarrollo de actividades antrópicas, este ecosistema para el año 2016 tuvo una disminución de 1.150,56 ha, dejando solamente una extensión de 251,33 ha. (0,11%) de lo que había para el año 2000. A partir de los resultados obtenidos, se procede a analizar el estado del servicio ecosistémico “hábitat para especies” por medio del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI); ya que, tal índice permite analizar la calidad y cantidad de la vegetación. Entre la ventana de tiempo seleccionada, dicho servicio ecosistémico se redujo en un 44,02%.

Palabras clave: análisis multitemporal, bosque seco tropical, conservación, ecología del paisaje, edafología, imágenes satelitales NDVI, servicios ecosistémicos y transformación.

4 ABSTRACT

Initially the general characterization of the study area was carried out, for this characterization the methodology of the integral landscape analysis used by (Montoya-Rojas et al, 2016), where the main environmental components (atmospheric, hydrospheric, geosphere, biospheric and antropospheric) that conform and sustain the capacity of the landscape. Having obtained the characterization of the study area and taking into account the methodology of identification of ecological dynamics by landscape modeling and environmental components carried out by (Montoya-Rojas, 2011), the profile of natural hazards by landscape modeling present in The area of study. Subsequently, through the multitemporal analysis, the tropical dry forest and the coverages of the Earth (according to the Corine Land Cover methodology adapted for Colombia) are determined by means of a supervised classification; The coverages identified are arbustal, dense forest, fragmented forest, forest of galleries, bodies of water, herbazal, mosaic of crops and urbanized areas. To perform this analysis, Landsat 5, 7 and 8 satellite images were used for the years 2007, 2000 and 2016 respectively. The tropical dry forest in the year 2000, had a total extension of 1,401.89 ha. Corresponding to 0.63% of the coverage identified in the study area; However, with the passage of time and due to the accelerated increase in the development of anthropic activities, this ecosystem for the year 2016 had a decrease of 1,150.56 ha, leaving only an extension of 251.33 ha. (0.11%) of what was available for the year 2000. Based on the results obtained, the state of the ecosystem service "habitat for species" is analyzed through the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI); Since, this index allows to analyze the quality and quantity of the vegetation. Between the time window selected, this ecosystem service was reduced by 44.02%.

Keywords: multitemporal analysis, tropical dry forest, conservation, landscape ecology, edaphology, NDVI satellite imagery, ecosystem services and transformation.

5 INTRODUCCIÓN

El bosque seco tropical presente en los municipios objeto de estudio (Agrado, Altamira, Garzón Gigante, Paicol y Tesalia) se ha visto principalmente afectado por el incremento acelerado de las actividades antrópicas en la región del Alto Magdalena; lo cual, ha conllevado a la transformación de dicho ecosistema y a la reducción en la prestación del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies”.

(Merlano, 2006) afirma que:

Los ciclos que se presentan en la naturaleza adquieren una mayor intensidad en el bosque seco tropical; ya que, se presentan distintas características en el paisaje que son derivadas por la ausencia o abundancia de humedad. El bosque seco tropical (bs-T) está restringido a las tierras bajas entre los 0 y los 1000 m.s.n.m, donde existe una fuerte estacionalidad de lluvias marcada por una época seca (menos de 100 mm de lluvia) de 4 a 6 meses durante año.

Por otra parte,

La estacionalidad en este ecosistema, ha sido el resultado de una serie de adaptaciones morfológicas, fisiológicas y de comportamientos en especies animales, vegetales y microbianas que en éste habitan; por tal razón, el bosque seco tropical sostiene una gran biodiversidad de especies; las cuales, se han adaptado a condiciones extremas (estrés hídrico) presentando altos niveles de endemismo; es decir, que contiene especies que no se dan en ningún otro tipo de ecosistema. Asimismo, la combinación de dicha estacionalidad y la actividad de los organismos que lo habitan, determinan los procesos y servicios ecosistémicos que la biodiversidad brinda a la humanidad. (García & Pizarro, 2014)

En Colombia el bosque seco tropical según (Etter et al, 2008):

Se encuentra ubicado en seis regiones biogeográficas diferentes; tales como, el Caribe, los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, los enclaves secos del norte de los Andes, los valles de los ríos Dagua y Patía en el suroccidente del país, el piedemonte y los afloramientos rocosos de los Llanos.

Adicionalmente, según estudios realizados por el (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013), originalmente en Colombia este ecosistema cubría más de 9 millones de hectáreas, de las cuales en la actualidad quedan aproximadamente un 8%; por lo cual, el bosque seco tropical es considerado uno de los ecosistemas más amenazados del país y al mismo tiempo uno de los menos estudiados. Esto se debe a que “la distribución del bosque seco tropical, existe en zonas con condiciones climáticas favorables y suelos fértiles, lo que ha convertido dichas zonas en escenarios para el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas, el desarrollo urbano, el turismo”. (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa, 2010) y “la construcción de proyectos hidroeléctricos”. (Montes, 2014).

Esta transformación es desfavorable para la biodiversidad asociada al bosque seco tropical y a los servicios ecosistémicos relacionados a dicho bosque. Efectivamente el análisis del mapa de la distribución espacial del bosque seco tropical en Colombia a escala 1:100.000 realizado por el (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014), indica que “el 65% de las tierras que han sido deforestadas y eran bosque seco tropical presentan un alto grado de desertificación”. Esto quiere decir que a pesar de que el bosque seco tropical comparte características similares como estacionalidad climática, suelos, composición animal, vegetal y microbiana; el bajo nivel de conocimiento sobre este ecosistema, su proximidad a las áreas urbanas y su constante transformación hacia sistemas productivos, han puesto en riesgo las especies tanto animales como vegetales, los procesos ecológicos y los servicios ecosistémicos.

Por otra parte, la generación de energía eléctrica es uno de los principales usos del agua en Colombia; sin embargo, la construcción de proyectos hidroeléctricos producen en su mayoría efectos negativos en términos del componente biosférico; ya que “las comunidades bióticas de los ecosistemas terrestres y acuáticos que son inundados como los territorios aledaños, presentan cambios en su composición, estructura y funcionalidad” (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2015). Por esa razón la construcción de hidroeléctricas se asocia a la transformación y disminución de los servicios ecosistémicos en el área puntualmente afectada.

CAPÍTULO II – PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

6 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

“Los bosques contienen el 80% de la biodiversidad mundial, son refugio de 300 millones de personas y la fuente de subsistencia de una cuarta parte de la población mundial además de proveer una gran variedad de servicios ecosistémicos” (Etter et al, 2008).

La transformación, degradación y pérdida de los bosques además de significar una reducción en la riqueza de biodiversidad, representa una pérdida de la funcionalidad de los ecosistemas para proveer servicios a la sociedad; los cuales, son determinantes del desarrollo y el bienestar social. (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2011)

Según la Evaluación de los Recursos Forestales Ambientales Mundiales realizada por (FAO, 2010) “el área total de bosque existente en el mundo asciende a algo más de 4.000 millones de hectáreas, que corresponden al 31% de la superficie total de la Tierra o a un promedio de 0,6 hectáreas per cápita”. Uno de los mensajes de dicha evaluación fue la tasa de deforestación y pérdida de bosque por causas naturales, aunque ésta sigue siendo alarmante se estaba reduciendo. A nivel mundial, disminuyó de unos 16 millones de hectáreas al año en la década de 1990 a aproximadamente 13 millones de hectáreas al año en el último decenio. Sin embargo, las cifras de deforestación por intervención humana son alarmantes, según estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), cada año desaparecen más de 13 millones de hectáreas de bosque en todo el mundo, entre las principales causas se encuentra la sobreexplotación y la tala ilegal, el cambio de uso de los suelos (conversión a tierras agrícolas y ganaderas), la recolección insostenible de la madera, la gestión inadecuada de la tierra, la creación de

asentamientos humanos, las explotaciones mineras y petrolíferas, la construcción de proyectos hidroeléctricos e infraestructura vial, las especies invasoras, los incendios forestales, los cultivos para agrocombustibles, la fragmentación y transformación de los ecosistemas y la contaminación atmosférica.

“La mitad del territorio colombiano está cubierto por bosques” (Baena, 2015). El acelerado incremento de la deforestación, el cambio de usos de los suelos, la transformación de ecosistemas naturales evidencian la necesidad de actualizar y fortalecer las políticas que rigen el manejo de las áreas boscosas y la provisión de servicios ecosistémicos. Esta situación ha llevado a instituciones ambientalistas, naturalistas y ecologistas a trabajar en la elaboración de medidas que permitan comprender el problema y proponer soluciones efectivas, situación bastante favorable para el bosque seco tropical; ya que, “se considera que dicho ecosistema es el más amenazado del país y el que presenta una menor representatividad en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) con tan solo el 0,4%” (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

Por otra parte, según (UNCCD, 2012):

Las zonas secas del planeta (incluyendo el bosque seco tropical) cubren aproximadamente 6.100 millones de hectáreas lo que corresponde alrededor del 41% de la tierra emergida del globo; donde, se encuentra el 44% de la tierra cultivada y el 50% de la agricultura mundial haciendo de estas zonas las de mayor importancia para la humanidad.

Para (Batista et al, 2016):

La desertificación es un proceso que avanza significativamente, pues se pierden alrededor de 12 millones de hectáreas por la deforestación y el cambio en el uso del suelo y es en las zonas secas del mundo donde este tipo de degradación se presenta con mayor magnitud.

En Colombia, en el año 2004 el Gobierno Nacional formuló el Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía. De acuerdo con dicho plan, el 78,9% de las zonas secas presentan desertificación derivada principalmente de fenómenos como la erosión, salinización, compactación y contaminación (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2004).

Según la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE) realizada por el (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012):

En el país el 42% de las zonas con procesos de desertificación se localizan en la región Caribe, el 32% en la Orinoquía (sabanas de Meta, Arauca y Vichada), el 24% en la zona Andina (valles interandinos de los ríos Magdalena y Cauca, Santander y Norte de Santander y los altiplanos Cundiboyacense y nariñense) y el 1% en la Amazonía. El mismo autor radica en que “la gravedad del problema se presenta en las principales zonas agrícolas y pecuarias del país y en los suelos con mayor oferta de nutrientes”.

“La degradación de las zonas secas, trae como consecuencia la alteración de las funciones ecológicas como la de los ciclos biogeoquímicos que están asociados a la prestación de servicios ecosistémicos” (Batista et al, 2016). Del mismo modo una buena parte de la región del Alto Magdalena (donde se encuentra ubicada el área de estudio) ha sufrido una gran transformación en sus coberturas vegetales y dicha transformación se encuentra directamente asociada a la pérdida de biodiversidad y de la provisión de servicios ecosistémicos derivados de los ecosistemas naturales, donde el ecosistema que se ha visto más afectado por este fenómeno (la degradación del suelo) ha sido el bosque seco tropical.

En el país hay diversas comunidades humanas asociadas a las zonas secas. Aunque no se sabe con certeza la extensión de la cobertura original del bosque seco tropical en Colombia “se estima que cubría cerca de 8.146.597 ha,

distribuidas entre la región Caribe (incluyendo islas), la Orinoquia, los valles interandinos de los ríos Magdalena y Cauca y en algunos enclaves andinos y alto andinos” (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014).

El largo período de ocupación humana ha sido determinante en la degradación del territorio, la eliminación de la cobertura vegetal y la desecación de las fuentes de agua han propiciado una mayor afectación y explotación de recursos en la búsqueda de los medios de subsistencia. Debido a la reducción de la cubierta vegetal de este ecosistema, se han generado pérdidas en la funcionalidad ecosistémica y en la biodiversidad natural (especies endémicas) donde la pérdida de la vegetación afecta directamente la provisión del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies”.

6.1 Pregunta Problema

¿Cómo ha sido la transformación del bosque seco tropical y del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica el Quimbo durante los años 2000 y 2016?

7 HIPÓTESIS

La identificación multitemporal del bosque seco tropical durante los años 2000 y 2016 en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo y el análisis multitemporal del cambio en área de dicho ecosistema en los municipios objeto de estudio en la temporalidad mencionada anteriormente, se realizará por medio de la elaboración de catorce (14) mapas; los cuales, permitirán evidenciar la transformación del bosque seco tropical (el cual se ha visto altamente degradado y transformado por los cambios en el uso del suelo y el incremento acelerado del desarrollo de actividades antropogénicas; tales como, agricultura, ganadería, desarrollo urbanístico, turismo y la construcción de proyectos hidroeléctricos).

Finalmente para el desarrollo del tercer objetivo específico, se realizarán seis (6) mapas referentes al área de estudio detallando los componentes ambientales (atmosférico, hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico), seguido de la elaboración de dos (2) mapas; los cuales, permitirán analizar el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” por medio del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés “Normalized Difference Vegetation Index”; ya que, dicho índice es utilizado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación por medio de sensores remotos.

8 OBJETIVOS

8.1 Objetivo General

- ❖ Analizar la transformación del bosque seco tropical y del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo durante los años 2000 y 2016.

8.2 Objetivos Específicos

- ❖ Identificar multitemporalmente el bosque seco tropical durante los años 2000 y 2016 en el área de estudio mediante el procesamiento de imágenes satelitales.
- ❖ Analizar multitemporalmente el cambio en área del bosque seco tropical durante los años 2000 y 2016 en el área de estudio.
- ❖ Analizar el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” debido a la transformación del bosque seco en el área de estudio durante los años 2000 y 2016.

9 JUSTIFICACIÓN

Colombia cuenta con una extensión de 2.022.124 Km y es considerado uno de los 12 países más biodiversos del mundo, condición que se ve reflejada en la gran variedad de ecosistemas que se encuentran en su territorio; tales como, páramos, valles andinos, selvas húmedas tropicales, bosques secos, humedales, llanuras, desiertos, entre otros. Sin embargo, la mayoría de dichos ecosistemas han sido transformados y degradados en gran medida por el incremento de actividades antrópicas que no miden el impacto ambiental que generan y han aumentado la disminución de la biodiversidad y la reducción o pérdida total de la capacidad de los ecosistemas de proveer servicios ecosistémicos generando graves consecuencias para la supervivencia. (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2011)

“El bosque seco tropical, tiene una biodiversidad única de plantas y animales que se han adaptado a condiciones de estrés hídrico, por lo que este ecosistema presenta altos niveles de especies endémicas” (García & Pizarro, 2014), las cuales, se han visto altamente amenazadas y en peligro de extinción por el alto grado de transformación, fragmentación y degradación de este ecosistema.

Adicionalmente, dicho ecosistema es una prioridad en las metas de conservación del planeta, pues son sistemas subrepresentados en los Sistemas de Áreas Protegidas de varios países del mundo, además de ser sistemas que aportan servicios ecosistémicos que determinan los modos de vida de las comunidades que los usan.

Los ecosistemas suministran a la población toda una serie de beneficios, conocidos como bienes y servicios ecosistémicos, que resultan vitales para el bienestar y el desarrollo económico, social y cultural; tanto en el presente como el futuro. En definitiva son servicios que la naturaleza provee a la comunidad y son los responsables de sustentar todas las actividades y la vida de los seres humanos (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014).

En este orden de ideas, si se desea mantener la integridad ecológica y asegurar la prestación de los servicios ecosistémicos prestados por el bosque seco tropical, la mejor opción es llevar a cabo investigaciones relacionadas con la estructura y dinámica de éstos (servicios ecosistémicos), teniendo en cuenta el contexto al que se encuentran expuestos por el incremento acelerado del desarrollo de las actividades antrópicas.

Por tal razón, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo general analizar la transformación del bosque seco tropical y del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo durante los años 2000 y 2016.

A partir de la teledetección, se puede identificar y obtener información de los objetos terrestres sin tener contacto con ellos; es por ello, que por medio de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se identificará multitemporalmente el ecosistema mencionado con anterioridad en el área de estudio, mediante el procesamiento de imágenes satelitales. Una vez identificado multitemporalmente el bosque seco tropical, se analizará multitemporalmente el cambio en área de dicho ecosistema por medio de la interpretación de imágenes de satélite Landsat 5, 7 y 8 y una clasificación supervisada, obteniendo a su vez las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio, según lo estipula la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.

Finalmente y mediante la implementación del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), se procederá a analizar el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” debido a la transformación del bosque seco tropical durante la ventana de tiempo seleccionada en el área de estudio.

Este trabajo de investigación se realizará mediante la investigación de información secundaria.

10 IMPACTO

El impacto del presente trabajo de investigación se encuentra en la metodología empleada y en los resultados obtenidos; ya que, genera nueva información y conocimiento respecto a la transformación del bosque seco tropical y del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo en el departamento del Huila durante los años 2000 y 2016.

Teniendo en cuenta que el bosque seco tropical ha sido uno de los ecosistemas más amenazados y transformados por el incremento de las actividades antrópicas, donde a su vez se afecta directamente la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados a ésta; el presente trabajo de investigación, reconoce el trabajo estratégico de la biodiversidad como fuente principal, base y garantía del suministro de servicios ecosistémicos, indispensables para el desarrollo como base de la competitividad y parte fundamental del bienestar humano a corto, mediano y largo plazo.

La investigación detallada sobre el área de estudio (descripción de los componentes ambientales, el perfil de amenazas, ecosistemas, modelados y paisajes presentes en el área de estudio) expuesta a lo largo del trabajo, permitirá darle a la investigación un enfoque sistémico, donde no solo es centro de investigación los patrones de transformación del bosque seco tropical y del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies”; sino, en la necesidad de comprender los procesos detrás de éstos. Asimismo la evaluación y el mapeo del servicio ecosistémico mencionado anteriormente por medio de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) presenta ventajas comparativas; ya que, permite incidir efectivamente en la creación de estrategias de manejo para la toma de decisiones referentes a la conservación del bosque seco tropical, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que ésta (la biodiversidad) provee.

CAPÍTULO III – FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

11 ANTECEDENTES

El conocimiento del bosque seco tropical (Bs-T) en Colombia es escaso dado que son pocos los inventarios existentes sobre la historia natural y la dinámica de dicho bosque. A continuación, se describen algunos artículos, informes, investigaciones, libros, proyectos, programas y/o revistas realizados por autores, entidades públicas y privadas encargadas del estudio de este ecosistema y del mapeo y valoración de los servicios ecosistémicos en el país.

11.1 Programa de inventarios de biodiversidad del Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt

Según el (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 1998), el programa de inventarios de biodiversidad del instituto, ha contribuido con el conocimiento de la diversidad biológica de Colombia y ha jugado un importante papel en el desarrollo científico y académico del país. Su objetivo de caracterizar los componentes de la biodiversidad se enmarca dentro de las necesidades nacionales y globales para la conservación y el uso sostenible de los recursos biológicos, siendo consecuente con políticas y acuerdos como el Convenio sobre Diversidad Biológica, la Política Nacional de Biodiversidad, la propuesta del Plan de Acción Nacional en Biodiversidad y la Agenda de Investigación en Sistemática para el Siglo XXI. Debido a esto, el Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental (GEMA, 1995); inició en ese año, la caracterización del bosque seco tropical, utilizando los Sistemas de Información Geográfica, con el propósito de evaluar aspectos de la composición y estructura de este ecosistema. El estudio estuvo enfocado hacia grupos de organismos seleccionados (plantas, aves e insectos) utilizando técnicas de muestreo estandarizadas

para permitir la comparación entre sitios. En total se evaluaron siete localidades, cubriendo las regiones Caribe y el valle seco del río Magdalena (departamentos de Bolívar, Huila, Magdalena y Tolima).

11.2 Creación de un área protegida de orden regional de conservación del bosque seco y el Tití Cabeciblanco (*Saguinus oedipus*) en el norte del departamento de Bolívar

El proyecto “Creación de un área protegida de orden regional cuyo objetivo de conservación es principalmente el bosque seco y el Tití Cabeciblanco (*Saguinus oedipus*) en el norte del departamento de Bolívar” fue ejecutado por The Nature Conservancy y la Fundación Ecosistemas Secos de Colombia fue la encargada de la coordinación técnica y de campo del proyecto; el proyecto estuvo financiado mediante una compensación forestal de Interconexión Eléctrica S.A E.S.P (ISA) a la Corporación Autónoma Regional Del Canal Del Dique (CARDIQUE). El objetivo principal de dicho proyecto fue hacer el Plan de Manejo que sustente la declaratoria de un área protegida de orden regional de bosque seco, hábitat del tití cabeciblanco (*Saguinus oedipus*) especie endémica de Colombia y que actualmente se encuentra en peligro de extinción. El área protegida a declarar estuvo ubicada en la Hacienda El Ceibal en el municipio de Santa Catalina y corresponde a uno de los hábitat más conservados del tití cabeciblanco; además, es un área aledaña a una nueva área protegida que se generó en el departamento del Atlántico y que juntas son una propuesta de conectividad para garantizar la conservación efectiva de al menos 20.000 ha. nuevas de bosque seco y de 4 lagunas costeras/agua dulce en los departamentos de Atlántico y Bolívar en los próximos 10 años; las cuales, formarán parte del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) para el Caribe colombiano. Con la creación de estas nuevas áreas protegidas se pretende asegurar la ampliación y conservación del hábitat del tití cabeciblanco en el Caribe colombiano (Fundación Ecosistemas Secos de Colombia, 2008).

11.3 Propuesta de monitoreo y diagnóstico del estado de conocimiento y conservación del bosque seco tropical en Colombia

La Fundación Ecosistemas Secos de Colombia y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, deciden aunar esfuerzos técnicos, administrativos y logísticos para formular una propuesta de monitoreo ecológico de bosque seco a nivel nacional que contenga un diagnóstico sobre el estado del arte del conocimiento y conservación de este ecosistema, una propuesta metodológica para su implementación e instrumentos de soporte a la toma de decisiones, titulada “Propuesta de monitoreo y diagnóstico del estado de conocimiento y conservación del bosque seco tropical en Colombia”. Dicha propuesta es la compilación y análisis de los diferentes estudios realizados sobre conocimiento y conservación del bosque seco, describiendo tiempos, actores y resultados de las acciones desarrolladas sobre el ecosistema, teniendo en cuenta las escalas de paisaje, comunidades y poblaciones. Esta compilación evaluó la información del monitoreo en bosque seco incluyendo a instituciones como universidades, Corporaciones Autónomas Regionales, jardines botánicos, organizaciones no gubernamentales, entre otras. Como parte de los resultados del proyecto se elaboró el diagnóstico a nivel nacional del estado de conocimiento y conservación del bosque seco colombiano manteniendo la escala de análisis de paisaje, comunidades y poblaciones; teniendo en cuenta, análisis por Corporaciones Autónomas Regionales. Así como también se formuló una propuesta para la creación y consolidación de una red de monitoreo ecológico del bosque seco en Colombia que integra investigadores e instituciones, como un mecanismo de apoyo a la toma de decisiones para el manejo de los servicios ecosistémicos que el bosque seco provee, donde se espera que esta red sea una ventana para los distintos tipos de proyectos, publicaciones y experiencias relacionados con el monitoreo ecológico del bosque seco tropical y un soporte para la toma de decisiones (Fundación Ecosistemas Secos de Colombia; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2010).

11.4 Creación de corredores de conectividad que aporten a la conservación del bosque seco tropical en el corregimiento de Hibácharo en el área de influencia de la Reserva Florestal Protectora (El Palomar) municipio de Piojó, Atlántico

El proyecto financiado por Patrimonio Natural, Programa Paisajes de Conservación por medio de un convenio de donación específica, titulado “Creación de corredores de conectividad que aporten a la conservación del bosque seco tropical en el corregimiento de Hibácharo en el área de influencia de la Reserva Florestal Protectora (El Palomar) municipio de Piojó, Atlántico” pretende establecer corredores que aporten a la conectividad del paisaje, entre los fragmentos de bosque seco ubicados en los predios de 16 familias de parceladores que se encuentran en la zona de influencia de la Reserva Forestal Protectoral (El Palomar), corregimiento de Hibácharo municipio de Piojó (Atlántico) en los sectores Guaybana y Macondal y proteger las fuentes de agua presentes en la zona mediante actividades de restauración de arroyos y reforestación. Dichas acciones están enfocadas y buscan ser un aporte a los problemas ambientales identificados por la comunidad en el taller de autodiagnóstico participativo realizado por Patrimonio Natural. Dentro de los principales problemas, la escasez de agua tiene consecuencias sobre el establecimiento de cultivos y la cría de animales. Sus causas están directamente relacionadas con la tala de árboles para la producción de carbón de leña y el establecimiento de potreros para ganadería. A su vez estas prácticas insostenibles implementadas en la zona, han generado fragmentación del paisaje y aislamiento de pequeños parches de bosque seco tropical. Durante el proceso de formulación del Plan de Manejo para la zona del Palomar realizado por la Fundación Ecosistemas Secos en el año 2011 con la comunidad, se identificaron las prioridades de conservación del área, se valoraron las amenazas críticas y se plantearon las estrategias de manejo y sostenibilidad de la zona como área protegida. Dentro de este contexto, este proyecto pretendía contribuir con la conservación del bosque seco tropical a través de la implementación de acciones como el establecimiento de conectividades entre los fragmentos de bosque seco y siembra de árboles maderables y

frutales en puntos estratégicos para la conectividad del ecosistema y de la formulación de acuerdos de conservación con la comunidad en la zona de influencia de la reserva El Palomar (Fundación Ecosistemas Secos de Colombia, 2011).

11.5 Flora nativa promisorio del bosque seco tropical en Sincelejo, Lórica y Montería, apta para la alimentación humana

La investigación “Flora nativa promisorio del bosque seco tropical en Sincelejo, Lórica y Montería, apta para la alimentación humana” realizada por (Niño, 2011), tuvo como objetivo clasificar las especies (animales y vegetales) promisorias nativas poco conocidas del bosque seco tropical consideradas aptas y de potencial para el uso alimenticio humano, donde a través de observación participativa en campo y entrevistas a la comunidad se elaboraron protocolos de uso de los diversos productos generados por dichas especies; las cuales, ayudan al sustento diario de varias familias de los municipios objeto de estudio. La investigación concluyó que la diversidad de especies para uso alimenticio en el área de estudio es un tema que posee vacíos de información por parte de la comunidad y de las entidades locales de investigación; por tal razón, es que dicha investigación registró principalmente a las especies animales y vegetales que generan mayor beneficio económico a la comunidad.

11.6 Red de información florística de bosque secos en Latinoamérica “DryFlor”

(Banda, 2012), en conjunto con el Jardín Botánico de Edimburgo, la Fundación Ecosistemas Secos de Colombia y la Universidad de Edimburgo en Escocia (Reino Unido) supervisado por (Pennington et al, 2012) y con el apoyo de Colciencias, desde el año 2012 coordinan la red de información florística de bosque secos de Latinoamérica cuyo nombre es “DryFlor”. La red está conformada por socios de seis países latinoamericanos: Argentina, Brasil, Colombia, México, Perú y Venezuela, donde uno de los propósitos de la red es favorecer la comunicación y el intercambio de información relacionada con los bosques tropicales estacionalmente secos de América Latina. Durante ese tiempo se ha construido la

base de datos florísticos de las plantas leñosas del bosque seco de las localidades del Neotrópico (incluyendo el Caribe) de acceso libre para llevar a cabo análisis biogeográficos a escala continental. Profundizar en el conocimiento de los bosques secos de Colombia permitirá establecer la base para sugerir áreas prioritarias para la conservación, y evaluar su viabilidad en los escenarios climáticos futuros, basados en criterios importantes, como la especificidad en la composición florística, endemismo, riqueza y las variables ambientales que direccionan el arreglo de las comunidades, las cuales incluyen clima, suelos, uso de la tierra y amenazas (Fundación Ecosistemas Secos de Colombia, 2012).

11.7 Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales

El artículo titulado “Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales” realizado por (Balvanera, 2012) analizó los principales servicios de suministro, regulación y culturales; además, se discutió la relación entre los componentes y procesos ofrecidos por los bosques tropicales, su capacidad de proveer servicios ecosistémicos, los efectos del manejo sobre la provisión de éstos, los factores sociales que subyacen la provisión de dichos servicios y las intervenciones que permiten mantener o recuperar los servicios prestados por este tipo de ecosistemas. Donde se concluye que este tipo de ecosistemas contribuyen al bienestar de la sociedad.

11.8 Revista biota colombiana

La revista científica “Biota Colombiana” incluye artículos originales, comentarios, ensayos y reseñas sobre la biodiversidad de la región neotropical en Colombia. Teniendo en cuenta la amplia diversidad ecosistémica del país y el actual escenario de transformación de los sistemas naturales; ésta revista, amplía la base del conocimiento científico de los ecosistemas que se encuentran en mayor situación de amenaza como es el caso del bosque seco tropical. Este ecosistema plantea una situación especial; ya que, se encuentra muy fragmentado debido a que ha perdido la mayor parte de su distribución original en el territorio, sumado a la escasa representatividad en el Sistema Nacional de Áreas

Protegidas (SINAP). Esta situación crea la necesidad de aumentar las actividades de preservación y restauración en las porciones remanentes de bosque seco; por tal razón, el Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt ha considerado dentro de su agenda de investigación estos bosques y junto con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, han trabajado en el desarrollo de un portafolio de restauración para los bosques secos del país con lineamientos básicos que faciliten la toma de decisiones, principalmente a una escala regional. Sin embargo, aún existen vacíos de información científica. Es por ello, que la revista *Biota Colombiana* es un número especial dedicado a los bosques secos, con información que aporte a la gestión integral de este ecosistema (Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Universidad Nacional de Colombia; Missouri Botanical Garden, 2012).

11.9 El bosque seco tropical en Colombia

El libro titulado “El Bosque Seco Tropical en Colombia” editado por (García & Pizano, 2013) en colaboración con el (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013) representa el conocimiento y entendimiento de la distribución, biodiversidad, cambio, restauración y servicios ecosistémicos del bosque seco tropical de Colombia.

11.10 Análisis funcional de bosques secos tropicales secundarios en una región del Caribe colombiano

El “Análisis funcional de bosques secos tropicales secundarios en una región del Caribe colombiano” realizado por (Castellanos, 2013) en colaboración con la (Fundación Ecosistemas Secos de Colombia, 2013) tuvo como objetivo general, determinar el efecto de las variables ambientales y el disturbio antropogénico en la diversidad funcional y de especies de plantas de bosque seco tropical secundarios y su potencial relación con la provisión de servicios ecosistémicos. Los resultados de este proyecto fueron un aporte importante al conocimiento de la ecología de los

bosques secos tropicales y la descripción de cambios en la comunidad florística y la composición funcional usando un diseño estratificado considerando diferentes etapas sucesionales a lo largo de un gradiente ambiental en una región de la costa Caribe del país y un enfoque de múltiples rasgos para estudiar la variación funcional de plantas en tres escalas: especies, comunidades y paisaje. Los resultados de dicha investigación permitieron responder los siguientes interrogantes: *¿Influyen los factores ambientales en la composición de especies a lo largo de las trayectorias sucesionales en un paisaje de bosque seco tropical? ¿Cómo varía la composición funcional de plantas en bosques secos tropicales secundarios en relación a características ambientales y estado sucesional?* En la actualidad se están preparando cuatro artículos científicos para difundir los resultados de dicho proyecto.

11.11 Análisis de conectividad de bosque seco tropical en cuatro ventanas del Caribe colombiano analizadas a una escala más detallada que 1:250.000

El proyecto “Análisis de conectividad de bosque seco tropical en cuatro ventanas del Caribe colombiano analizadas a una escala más detallada que 1:250.000” realizado por la Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (FCDS), identificó las zonas con potencial para el establecimiento de corredores de conectividad entre los parches de bosque seco tropical en la región Caribe. La escala de análisis y de resultados es de 1:250.000 con insumos cartográficos de 1:100.000 y 1:250.000. Dicho estudio concluyó que los remanentes de bosque seco tropical en el Caribe colombiano no superan las 430.000 hectáreas; además, se encontraron más de 2.190 hectáreas que pueden hacer parte de corredores. Adicionalmente, la Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible analizó la presión de actividades sectoriales sobre los bosques secos tropicales según su estado de conservación con el fin de priorizar corredores de conectividad (Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible, 2013).

11.12 Biodiversidad Caribe y servicios ecosistémicos

El libro titulado “Biodiversidad Caribe y Servicios Ecosistémicos” realizado (Dominguez, 2014), contiene 14 resúmenes de ponencias de distintos investigadores de prestigiosas instituciones tales como el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Fundación Proyecto Tití, Fundación Ecosistemas Secos de Colombia, Fundación Botánica y Zoológica de Barranquilla, con el apoyo del Instituto para Desarrollo Sostenible de la Universidad del Norte y el programa UniNorte en Verano. Dicho libro; es una recopilación de ponencias donde los expositores, indagan acerca de cuáles son las oportunidades para la conservación de los bosques secos tropicales a la luz de los servicios ecosistémicos que estos prestan a la sociedad.

11.13 Efecto de la transformación del paisaje sobre la prestación del servicio ecosistémico de provisión de hábitat del humedal El Tunjo (Bogotá-Colombia) de 1940 a 2014

La investigación realizada por (Mateus & Caicedo, 2014) titulada “Efecto de la transformación del paisaje sobre la prestación del servicio ecosistémico de provisión de hábitat del humedal El Tunjo (Bogotá-Colombia) de 1940 a 2014” propone como objetivo evaluar el efecto de la transformación del paisaje sobre la prestación del servicio ecosistémico de provisión de hábitat del Parque Ecológico Distrital Humeda El Tunjo en un periodo de tiempo de 74 años mediante el uso de la modelación de la calidad de hábitat del paquete InVEST. Para analizar la transformación del paisaje se inició con la clasificación de coberturas y uso del suelo con base en la clasificación Corine Land Cover por medio de fotografías aéreas e imágenes satelitales de los años objeto de estudio, donde posteriormente por medio de la herramienta Patch Analyst se calcularon los índices de área, superficie, densidad y tamaño, donde se obtuvo que para el año de 1940 existía un paisaje de tipo rural, predominando las zonas pantanosas (humedales) en más del 70% del área total, para los años 1992 y 2014 se observan procesos acelerados de urbanización pasando de un paisaje rural a un paisaje antropizado. A partir de los

resultados de transformación del paisaje, las autoras realizaron una valorización biofísica del servicio ecosistémico de provisión de hábitat por medio del modelo de calidad de hábitat desarrollado por InVEST (herramienta de Natural Capital Project), para conocer la variabilidad de la prestación del servicio en la ventana de tiempo estudiada.

11.14 Alianza estratégica de conservación del bosque seco tropical en el departamento del Huila

La Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en Colombia (PNUD), realizan un proyecto de alianza estratégica que permite continuar con la conservación del bosque seco tropical en el Departamento del Huila. Este proyecto hace parte del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, dicha iniciativa tiene como lapso de tiempo un periodo de cinco años; donde se establece como propósito trabajar en el uso sostenible y la conservación de los ecosistemas secos del país especialmente del bosque seco tropical en este departamento (Rodríguez, 2015).

11.15 Evaluación estructural del bosque seco tropical en el municipio de Carmen de Bolívar (Bolívar) y la determinación de sus beneficios ecosistémicos

(Zuluaga, 2016) en la investigación titulada “Evaluación estructural del ecosistema bosque seco tropical en el municipio de Carmen de Bolívar (Bolívar) y determinación de sus beneficios ecosistémicos” desarrolla un análisis estructural de dicho ecosistema por medio de la caracterización de relictos de bosque seco tropical definidos en el área de estudio y cuantifica el potencial de almacenamiento de Dióxido de Carbono (CO₂). Dicho análisis permite estimar información del ecosistema en datos económicos como una herramienta decisoria para incentivar la restauración, conservación y uso sostenible de los recursos naturales asociados al bosque seco tropical en el municipio de Carmen de Bolívar. Para avanzar con los procesos de valoración ambiental el investigador dispuso de información de bases de datos construidas a partir de las mediciones en campo de pequeños relictos de bosque seco tropical en los cuales se determinaron especies,

densidad, altura comercial y diámetro a la altura del pecho; de esta manera, se calcularon existencias de biomasa aérea por medio de tres modelos de estimación alométrica. Esta investigación permitió hacer una aproximación de la importancia de los bosques secos tropicales y los servicios ecosistémicos poco conocidos que provee tal ecosistema, los cuales permiten mantener los ecosistemas en equilibrio.

11.16 Diversidad y servicios ecosistémicos del bosque seco tropical del Alto Magdalena (Huila, Colombia)

El proyecto titulado “Diversidad y servicios ecosistémicos del bosque seco tropical del Alto Magdalena (Huila, Colombia) realizado por (Romero et al, 2016) estudiantes y docente de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A) en convenio con el Centro de Investigaciones en Ecosistemas (CIEco) de la Universidad Autónoma de México, presentaron a la III Convocatoria Nacional a la Biodiversidad dicho proyecto, cuyo objetivo general fue evaluar los cambios de la cobertura, el estado de conservación y funciones ecosistémicas asociadas a los servicios ecosistémicos de soporte y regulación en el Alto Magdalena que sirvan como base para orientar el diseño de estrategias de conservación y manejo de este ecosistema y la provisión de servicios ecosistémicos en la región. Para determinar la distribución potencial y actual, el proceso de deforestación y la valoración espacial de la diversidad de los servicios ecosistémicos del bosque seco tropical, se emplearon los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y una caracterización previa de la diversidad vegetal leñosa de los servicios ecosistémicos de regulación climática (almacenes de Carbono), retención de agua y prevención de la erosión. El proyecto generó conocimiento necesario para la toma de decisiones para la conservación, recuperación y gestión sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos de este ecosistema.

11.17 Plan piloto de restauración ecológica de bosque seco tropical

Desde el mes de abril del año 2014, la Fundación Natura contratada por EMGESA S.A E.S.P (empresa licitadora del proyecto hidroeléctrico El Quimbo) inicio el “Plan piloto de restauración ecológica de bosque seco tropical” en el área de

compensación del mencionado proyecto hidroeléctrico. Dicho plan tiene una duración de cuatro años, tiempo durante el cual se realizarán ensayos, estudios ecológicos y caracterización biótica en 7 unidades de manejo que han sido seleccionadas sobre 140 hectáreas de las 11.079 hectáreas que comprenden la zona de compensación ambiental de la hidroeléctrica. El objetivo principal planteado, es identificar las estrategias de restauración ecológica más efectivas del bosque seco tropical que puedan ser replicadas en toda el área de compensación mediante la implementación de ensayos pilotos de restauración (Fundación Natura, 2016).

CAPÍTULO IV – MARCO CONCEPTUAL

12 ECOSISTEMA BOSQUE SECO TROPICAL

Se define como ecosistema al “complejo dinámico de comunidades animales, vegetales y microbianas y su medio no viviente; los cuales, interactúan como una unidad funcional” (Naciones Unidas, 1992). Teniendo en cuenta lo anterior, el bosque seco tropical es definido como la “formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y que se distribuye entre altitudes que van desde los 0 hasta los 1000 m.s.n.m; presenta temperaturas superiores a los 24°C y precipitaciones entre los 800 y 2000 mm anuales, con uno o dos periodos marcados de sequía al año” (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014).

12.1 Origen del bosque seco tropical

En la era Cenozoica (hace unos 40 millones de años), se generaron climas más fríos y secos que permitieron el desarrollo de otros tipos de vegetación en áreas extensas. Al reducirse las temperaturas también se disminuyó la tasa de evaporación de los cuerpos de agua, la formación de nubes y por ende se redujo la frecuencia de las precipitaciones, como consecuencia todo el ciclo hidrológico del planeta Tierra se desarrolló de una manera más lenta y las selvas húmedas tropicales (tipo de vegetación más antigua) las cuales dependían de altas temperaturas y abundantes lluvias, se fueron desplazando en su distribución hacia los territorios ecuatoriales (Murphy & Lugo, 1995). “En latitudes intermedias de ambos hemisferios se desarrollaron simultáneamente franjas de baja presión atmosférica, que propiciaron la formación de áreas áridas y semidesérticas en el interior de los continentes” (Merlano, 2006).

Del mismo modo

En las regiones situadas entre la franja ecuatorial húmeda y los desiertos, se configuraron zonas climáticas donde la cantidad adecuada de lluvia para el desarrollo exuberante de la vegetación se presentaba solamente durante una parte del año; en estas áreas, a partir de la vegetación original del bosque húmedo, evolucionaron nuevas especies de plantas que adaptadas a la sequía estacional dieron origen a los bosques caducifolios conocidos también como bosques secos tropicales. En lugares un poco más secos se desarrollaron las sabanas y la vegetación xeromórfica de zonas desérticas. (Caetano & Naciri, 2011)

Durante la misma era, ocurrieron oscilaciones y cambios climáticos globales; los cuales, generaron transformaciones en los diversos tipos de vegetación. En las fases cálidas y húmedas, las selvas ecuatoriales se expandieron hacia los territorios de los bosques secos y las sabanas, tanto así que durante las fases frías y secas estas últimas tomaron ventaja (Cabrera & Willink, 1980). “Durante los periodos de condiciones más extremos (los mayores niveles de frío y de sequía) los bosques húmedos se contrajeron y en contraste los bosques secos tropicales (caducifolios) se fueron expandiendo hasta la zona ecuatorial” (Merlano & Veira, 2006).

12.2 Distribución del bosque seco tropical

El bosque seco tropical constituye el ecosistema tropical más distribuido y extenso del planeta. Aproximadamente el 42% de la totalidad de la zona intertropical pertenece a dicho ecosistema y el 49% de la vegetación de América Central y el Caribe es considerada de bosque seco tropical (Murphy & Lugo, 1995).

Según (Merlano, 2006):

En el continente americano, el bosque seco tropical se localiza al norte de la línea ecuatorial, distribuyéndose desde el occidente de México y las costas del Golfo mexicano hasta Costa Rica y varias islas del Mar Caribe. En el hemisferio sur, dicho ecosistema se distribuye en Colombia, las costas del sur de Ecuador, Venezuela, el norte de Perú, el extremo nororiental de Brasil hasta el norte de Argentina, el suroccidente de Paraguay y el sur de Bolivia.

Asimismo, “el bosque seco tropical presenta una gran biodiversidad y un alto nivel de endemismo de especies animales, vegetales y microbianas; prestando una gran variedad de bienes y servicios ecosistémicos al ser humano y a las especies asociadas a este” (Balvanera et al, 2011). Sin embargo; el mismo autor radica en que es considerado uno de los ecosistemas más amenazados del mundo y al mismo tiempo es también uno de los menos estudiados.

Colombia es un país privilegiado para estudiar el bosque seco tropical; ya que, se encuentra distribuido en seis regiones biogeográficas diferentes. “En la region Caribe el bosque seco tropical está presente en la franja costera que incluye los bosques insulares de Tierra Bomba, Islas del Rosario, San Bernardo, San Andrés, Providencia y Santa Catalina” (Rodríguez et al, 2012), “en la region NorAndida está en la zona norte de la cordillera oriental en las inmediaciones de Cúcuta, los valles de Conversión y Ocaña y el valle medio del río Chicamocha” (Valencia-Duarte et al, 2012). Mientras tanto, “el bosque seco tropical de la región del río Magdalena abarca las llanuras de la franja adyacente a este río en los departamentos de Cundinamarca, Huila y Tolima” (Figueroa & Galeano, 2007); asimismo, “en el valle geográfico del río Cauca este ecosistema está representado por los valles interandinos de este río; los cuales, se extienden desde el departamento del Valle del Cauca hasta el norte de Antioquia” (Vargas, 2012). Más al sur del país, se encuentra en el valle del río Patía en los departamentos de Cauca y Nariño. Finalmente “en los Llanos hay presencia de bosques caducifolios que han sido clasificados como bosques secos en piedemonte llanero en los departamentos de Arauca y

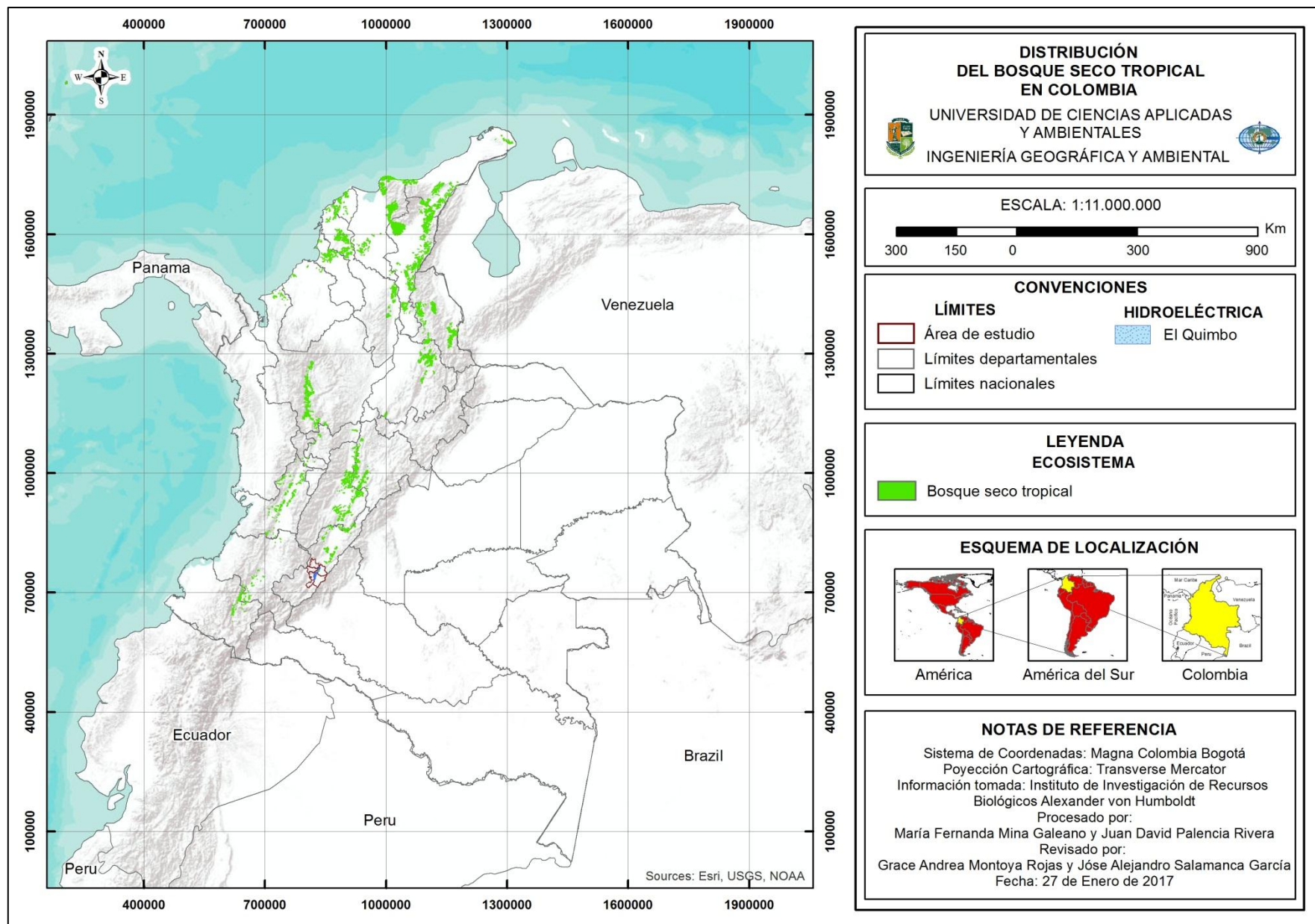
Meta” (Mera et al, 2006). En esta última ubicación, estos bosques ocurren bajo condiciones de precipitaciones mucho más altas (alrededor de los 2500 mm al año) comparadas con las otras regiones donde se presenta el bosque seco tropical; sin embargo, presentan condiciones de estrés hídrico debido a que se localizan sobre suelos arenosos que no retienen la humedad (Castro, 2003).

La mayoría del área de distribución del bosque seco tropical, coincide con las principales regiones del país donde se presenta clima apto y suelos fértiles para el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas y donde además se realizan actividades mineras, madereras, urbanísticas e hidroenergéticas (Daily et al, 2005). Esto ha provocado una fuerte presión antrópica sobre este ecosistema conllevando a la transformación de su cobertura natural y el aumento de fuertes procesos erosivos, convirtiendo al bosque seco tropical en uno de los ecosistemas más amenazados por la actividad antrópica a nivel mundial (Hoekstra et al, 2005; Miles et al, 2006). (Thapa & Weber, 1990) estiman que “el 97% del área actual de bosque seco tropical se encuentra en riesgo por el desarrollo de actividades humanas y aproximadamente el 48,5% de dicho ecosistema ha sido convertido a otros usos”.

De acuerdo con el análisis del mapa de distribución espacial del bosque seco tropical en el país a escala 1:100.000 realizado por (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014) indica que:

El 65% de las tierras que han sido deforestadas y pertenecían a este ecosistema presentan desertificación. Lo más preocupante es que tan sólo el 5% de lo que queda en la actualidad; es decir, el 0,4% de lo que había inicialmente está presente en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014).

A continuación (Mapa 1), se evidencia la distribución actual del bosque seco tropical en Colombia.



Mapa 1. Distribución del bosque seco tropical en Colombia. Elaboración grupo de trabajo.

12.3 Características del bosque seco tropical

El bosque seco tropical corresponde a una formación vegetal compuesta por árboles, arbustos, plantas trepadoras, epifitas y hierbas; las cuales, se desarrollan en regiones tropicales de piso térmico cálido, donde anualmente las lluvias se concentran en uno o dos periodos cortos mientras que durante el resto del año prevalecen las condiciones de sequía. (Chaves & Santamaria, 2006)

La pérdida del follaje es una de las principales características y adaptaciones fisiológicas de las plantas del bosque seco tropical al déficit de humedad. Existen también adaptaciones estructurales generalizadas entre las plantas como lo son la presencia de hojas compuestas y foliolos pequeños, corteza de los troncos lisa y presencia de aguijones o espinas (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 1998). “Es precisamente la pérdida estacional de follaje al que hace alusión el nombre mediante el cual investigadores identifican este tipo de formación vegetal como bosque seco tropical, bosque tropical caducifolio o bosque tropical de hojas caducas” (Caetano & Naciri, 2011).

“A pesar de que el bosque seco tropical puede resultar de cierto modo impreciso” (Montes, 2014).

Las primeras aproximaciones para predecir la distribución de este ecosistema en Sudamérica se centraron principalmente en el Sistema de Clasificación Ecológica de las Zonas de Vida propuesto por el científico norteamericano Holdridge; quien basado en la combinación de evapotranspiración, precipitación y temperatura promedio anual, generó una zonificación climática. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2010)

De esta manera en el diagrama de las zonas de vida de Holdridge, (Murphy & Lugo, 1995) afirman que:

El bosque seco tropical ocupa un ámbito enmarcado por promedios de temperatura superior a los 24°C correspondiente al piso térmico cálido en altitudes que van desde el nivel del mar (0) hasta los 1000 m.s.n.m, una precipitación total anual entre los 800 y 2000 mm y una evapotranspiración potencial entre 0,2 y 0,8.

Por otra parte; “una manera más precisa para designar al ecosistema de bosque seco tropical es mediante la asignación de atributos climáticos de la región donde se presentan” (Merlano, 2006).

Colombia es el país más húmedo de América del Sur con un promedio de precipitación cerca a los 3.000 mm anuales (Marín, 1992), circunstancia poco favorable para el desarrollo del bosque seco tropical. Sin embargo; “específicamente para el país se identifican tres grandes biomas: el gran bioma del desierto tropical, el gran bioma del bosque seco tropical y el gran bioma del bosque húmedo tropical” (Instituto SINCHI, 2015). Dentro de estos grandes biomas los distintos macroclimas se han clasificado en nueve zonas climáticas conocidas como zonobiomas, donde corresponde al bosque seco tropical el zonobioma tropical alternohigróico o tropical con lluvias de verano haciendo alusión a la marcada temporalidad de sequía, durante la cual existe deficiencia de la cantidad de agua almacenada en el suelo; así como, una estacionalidad de lluvias de gran intensidad cuyo periodo de duración es menor (Camacho, 1985; Parra, 2005).

12.4 Factores formadores del bosque seco tropical

Por clima se entiende el estado del tiempo atmosférico; es decir, “de las condiciones meteorológicas (precipitación, humedad, temperatura, viento, nubosidad, brillo solar) en un determinado lugar y durante un lapso de tiempo” (Merlano & Veira, 2006). El clima de cada región depende de una serie de factores como la latitud, los vientos dominantes (que pueden ser calientes o fríos, húmedos o secos), la altura sobre el nivel del mar, la orientación de las laderas, la cercanía del mar, las corrientes marinas frías o cálidas, la vegetación, entre otros. Estos factores se relacionan entre sí y

determinan la temperatura, la humedad y las posibilidades de vida. Las variaciones ambientales como la estacionalidad climática que ocurre en algunos lugares del trópico, son las que determinan la fisonomía de los suelos característicos del bosque seco tropical (FAO, 2011).

“El suelo constituye una delgada capa que cubre la superficie no sumergida del planeta Tierra, sobre la cual se han desarrollado todas las comunidades biológicas terrestres” (Merlano, 2006). El término costra biológica del suelo (CBS) fue empleado por primera vez por el geólogo ruso y padre de la edafología Vasili Vasílievich Dokucháyev en el año de 1898 y dicho término hace referencia al conjunto de especies vegetales (líquenes, musgos, hepáticas) y microorganismos unicelulares (cianobacterias libres, hongos y algas) que habitan en el suelo y a la estrecha relación que mantienen con la capa más superficial del mismo (Eldridge, 2000; Castillo-Monroy & Maestre, 2011). La costra biológica del suelo en los ecosistemas áridos y semiáridos (como es el caso del bosque seco tropical) tiene un mayor desarrollo y contribuye notablemente tanto en la cobertura vegetal como en la participación de los servicios ecosistémicos (Eldridge & Greene, 1994; Belnap, 2006).

Debido a la estructura morfológica que presentan los distintos organismos de la CBS y a la actividad fisiológica que desarrollan; éstos (los organismos), participan considerablemente en procesos clave para el funcionamiento de los ecosistemas; tales como, la estabilización y protección del suelo frente a procesos erosivos (por la acción del agua y del viento) y la interacción de los ciclos biogeoquímicos presentes en el ambiente (Agua, Azufre, Carbono, Fósforo, Nitrógeno y Oxígeno) (Montoya-Rojas, 2016). Finalmente “la Costra Biológica del Suelo interacciona con otros microorganismos y microfauna del suelo; proporcionando recursos y hábitats potenciales a las especies animales y vegetales” (Castillo-Monroy & Maestre, 2011). Es por ello que, “la costra biológica del suelo ha sido considerada como un <ingeniero

ecosistémico> y <elemento clave> en los ecosistemas áridos y semiáridos del planeta” (Eldridge et al, 2010; Miller et al, 2011).

A través del clima; especialmente la precipitación y la temperatura las que actúan permanentemente sobre las rocas superficiales de la corteza terrestre para producir los constituyentes primarios del suelo, intervienen una serie de organismos (bacterias, protozoos, hongos, plantas) que contribuyen en la formación del suelo al aportar oxígeno y suministrar materia orgánica y minerales. (Merlano & Veira, 2006)

“Marcando patrones regionales de distribución y abundancia de especies de la Costra Biológica del Suelo” (Belnap, 2006).

El tiempo es otro factor formador importante en la formación del suelo, por lo que es esencial para que actúen los efectos acumulativos en la labor de los organismos para generar suelos con sus características propias, una estructura, un perfil y una composición física, química y biológica bien definida (Montoya-Rojas, 2016). “La composición de los materiales minerales y organismos que forman los suelos, le dan las características que determinan su fertilidad, capacidad de retención de nutrientes, permeabilidad de agua y aire” (Vargas, 2012).

“Las proporciones de arena, limo y arcilla en los suelos determinan su textura; las cuales, tienen una gran influencia sobre la productividad y condicionan en buena parte el tipo de vegetación que puede desarrollarse en estos” (Utrera, 2004).
Igualmente

La composición química, biológica y la estructura física del suelo están determinadas por el tipo de material geológico del que se originan, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo durante el cual han interactuado los factores climáticos con la roca, por la topografía y por los cambios superficiales que resultan de las actividades humanas. (Merlano, 2006)

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, los suelos zonales son aquellos en los que el clima y la vegetación son los factores más importantes para su desarrollo. En el zonobioma correspondiente al bosque seco tropical, dichos suelos son en principio similares a los de los bosques húmedos; sin embargo, en los primeros los suelos tienden a ser más fértiles debido a que por la estacionalidad de las lluvias hay un menor lavado, lo que permite la persistencia de capas en las que se acumulan los nutrientes; no obstante, los bosques secos tropicales no se desarrollan siempre en suelos zonales, a veces lo hacen en suelos arcillosos con alto contenido de materia orgánica como es el caso de los (Alfisoles) y ocasionalmente en suelos de zonas pantanosas (Entisoles) (FAO, 2006). “Cabe resaltar que la vegetación de bosque seco tropical se desarrolla siempre que las condiciones del suelo (muy secas o muy húmedas) sean demasiado extremas” (Merlano, 2006).

12.5 Adaptación del bosque seco tropical al cambio estacional

(Chaves & Santamaria, 2006) afirman que:

Todas las formas de vida (bacterias, plantas y animales) están sometidas en mayor o menor medida a presiones por parte del medio ambiente que según su agresividad e intensidad sacan a los organismos de su estado fisiológico ideal u óptimo y si estos no reaccionan o no están dotados de habilidades para adaptarse a las nuevas condiciones, su supervivencia y quizá la de la especie a la que pertenecen estarán seriamente comprometidas.

Además,

Los mecanismos de control para contrarrestar estas agresiones que pueden actuar a nivel de las células, de los tejidos o del organismo completo y en algunos casos de su comportamiento y de la capacidad de hacer los ajustes necesarios para retornar a un estado fisiológico óptimo, definen en cada ser vivo los límites de supervivencia y determinan su distribución para vivir en el planeta dentro de la amplia gama de hábitats disponibles; sin embargo, algunos de éstos (los hábitats) resultan

más agresivos que otros teniendo en cuenta la variación de factores como temperatura, humedad, precipitación, entre otros y la rapidez con que ocurren estos cambios. (Merlano, 2006)

Los organismos consumen agua y tienen que reabastecerse constantemente; pero en el bosque seco tropical debido a la ausencia de lluvias durante una o dos estaciones climáticas secas en las cuales la escasez puede ocasionar desequilibrios fisiológicos severos, los seres vivos deben buscar mecanismos para mantener un grado aceptable y óptimo de hidratación de sus células y tejidos para cumplir su ciclo de vida. Según (Balvanera et al, 2011) afirman que en los bosques secos tropicales, la vegetación debe mantener las funciones vitales consumiendo cantidades mínimas o nulas de agua durante las épocas de sequía y por tratarse de un ecosistema complejo en el que todos los organismos que lo conforman están relacionados de una u otra manera, el solo hecho de que los productores primarios (las plantas) tengan que adoptar estrategias para garantizar su equilibrio fisiológico y su sobrevivencia durante el período seco, desencadena para la comunidad de animales del bosque, la necesidad de inventar tácticas que les garanticen su existencia.

La pérdida y renovación del follaje es el factor más crítico para las plantas del bosque seco tropical; cuanto más marcada es la estacionalidad de las lluvias, es más alta la proporción de árboles caducifolios. La característica más sobresaliente de estos bosques, es el contraste que exhibe la vegetación entre el exuberante verdor durante la época lluviosa y la apariencia marchita durante la sequía (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014). La pérdida de follaje de la vegetación arbórea constituye una de las adaptaciones más evidentes en el bosque seco tropical pero ¿Cuáles son las estrategias de la fauna de estos bosques para sobrevivir sin agua y en el caso de muchos herbívoros sin alimento?, este problema concierne principalmente a aquellos organismos de escasa movilidad, residentes permanentes de este ecosistema; puesto que, no buscan alternativas migrando local o regionalmente a zonas más favorables. Para lograr la subsistencia de una especie en estas condiciones, es necesario que los ritmos de los ciclos de

vida de sus individuos estén sincronizados. Para el caso de las especies vegetales como las flores presentes en el bosque seco tropical, han evolucionado hacia una diversidad sorprendente de formas, colores y esencias; con el propósito, de atraer a los polinizadores. Durante la estación seca algunas plantas caducifolias gastan gran parte de su energía en florecer para atraer a las aves, los murciélagos e insectos nectarívoros (Parra, 2005).

“Algunas especies arbóreas tienen un patrón de floración explosivo y su polinización depende generalmente de insectos que abandonan su fuente de alimentación habitual para aprovechar esta oferta de néctar” (Vargas, 2012).

Algunos insectos para los cuales el néctar de las flores de verano no significa una fuente atractiva de alimento; sino que dependen de las hojas verdes, suspenden su desarrollo temporalmente ante la aparición de estímulos ambientales combinados con sus ritmos endógenos, en un fenómeno conocido como diapausa. (Merlano, 2006)

“Por otra parte los anfibios y algunos reptiles reducen al mínimo su metabolismo y se entierran durante casi todo el periodo seco produciendo varias capas de epidermis que al secarse forman una cubierta que evita la transpiración” (Chaves & Santamaria, 2006). “La mayoría de las especies de mamíferos pequeños cuentan con adaptaciones metabólicas que les permiten permanecer en la zona seca durante las épocas de sequía” (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013).

Para evitar la transpiración excesiva cuando están en busca de alimento, muchos mamíferos del bosque seco tropical adquieren hábitos nocturnos y así aprovechan la temperatura más baja. Las especies de murciélagos ante la escasa productividad de frutos, cambian su dieta para alimentarse de insectos. Las aves y los mamíferos grandes tienen una mayor capacidad de movimiento, lo que les permite desplazarse a zonas más favorables cuando no hay recursos disponibles. (Merlano, 2006)

Sin embargo, con la aparición de las primeras lluvias se desata una impresionante explosión de vida.

Las hierbas y retoños afloran del suelo y crecen rápidamente, los sedientos árboles y arbustos aprovechan al máximo el agua por medio de las raíces que se extienden entre las capas más superficiales del suelo y al absorber la mayor cantidad de agua posible, captan los nutrientes que provienen de la rápida descomposición de las hojas secas. (Castro, 2003)

La actividad de los animales se sincroniza con la abundancia de los servicios ecosistémicos prestados por el bosque seco tropical durante la época húmeda. “Enormes cantidades de insectos inician su ciclo de vida y cesan de la diapausa; reanudando su desarrollo, tan pronto como el ambiente se torna más húmedo” (Merlano & Veira, 2006). “Los anfibios y reptiles que habían permanecido enterrados durante la sequía, pierden las capas de epidermis que fabricaron durante ese periodo y en cambio excavan la tierra para salir a la superficie para hidratar su nueva piel con las primeras lluvias “ (Figeroa & Galeano, 2007).

Debido a que la disponibilidad de alimento y agua en el bosque seco tropical tiene un comportamiento estacional, muchos animales deben anticipar los cambios de ambiente y procurar que la descendencia de su especie nazca en el momento donde las condiciones del ambiente son más favorables (Castro, 2003). Es por tal razón; que las crías de la mayoría de las especies, nacen casi todas sincronizadas al inicio de la época húmeda, cuando aparecen las hojas tiernas del follaje y el agua es abundante. Muchas aves y mamíferos que viven en otro tipo de ecosistemas cercanos, aprovechan la época de abundancia en el bosque para encontrar alimento fácilmente (Burgos & Maass, 2004). Al cabo de los meses, la temporada seca comienza a manifestarse paulatinamente el escenario de bosque verde que alardea de actividad, vuelve a transformarse poco a poco en ramas y bejucos espinosos marchitos, donde la vida animal parece apagarse; sin embargo, la actividad volverá a despertar con las próximas lluvias (Merlano, 2006).

Por tal razón; es que el bosque seco tropical, es considerado como uno de los ecosistemas con una biodiversidad única de plantas y animales que se adaptan a las condiciones extremas de clima y presentan altos niveles de endemismo proporcionando de esta manera una gran cantidad de hábitats para las especies que en es este ecosistema habitan.

Según el Convenio sobre la Diversidad Biológica, realizado por las (Naciones Unidas, 1992), el término biodiversidad o diversidad biológica hace referencia a “la variedad de organismos vivos de cualquier tipo (esta variedad puede expresarse en términos de diferentes especies, variabilidad dentro de una sola especie o de la existencia de distintos ecosistemas) que se encuentran en una determinada área del planeta”. Es por tal razón, que altos niveles de biodiversidad permiten un buen funcionamiento de los ecosistemas, una elevada capacidad de reacción a presiones externas (incendios, enfermedades, plagas, entre otras) y una óptima adaptación a un medio ambiente cambiante (cambio climático, usos del suelo por parte del ser humano).

Los bosques secos tropicales se caracterizan tanto por los altos niveles de endemismo, como por las adaptaciones de las especies para vivir en condiciones de recursos hídricos limitados (Dirzo et al, 2011). Según el libro “Biodiversidad 2015” presentado por (Cadena-Vargas et al, 2015) en conjunto con el (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2015). Este ecosistema en Colombia, presenta los siguientes registros de biodiversidad:

- ❖ 2.569 especies registradas de plantas (el 10% de la diversidad de plantas del país); de las cuales, 83 especies son endémicas, 6 especies se encuentran en peligro crítico (CR), 18 especies están en peligro (EN) y 12 especies son vulnerables (VU).
- ❖ 230 especies registradas de aves; de las cuales 33 son endémicas.
- ❖ 60 especies registradas de mamíferos; de las cuales 3 especies son endémicas.
- ❖ 68 especies registradas de escarabajos coprófagos (el 24% de la diversidad de escarabajos coprófagos del país).

- ❖ 49 especies registradas de anfibios (el 6% de la diversidad de anfibios del país); de las cuales, 7 especies son endémicas, 2 especies se encuentran vulnerables (VU) y 40 especies son de preocupación menor (LC).

13 IMPORTANCIA DE LA BIODIVERSIDAD Y DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

De acuerdo con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, la biodiversidad se define como:

La variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas. (Naciones Unidas, 1992)

La importancia de ésta definición radica en que:

Se permite entender la biodiversidad como un sistema territorialmente explícito, caracterizado por tener estructura, composición y funcionamiento entre los niveles de organización de la biodiversidad (genes, especies y poblaciones, comunidades, ecosistemas) y un funcionamiento entre estos niveles, existiendo una relación estrecha e interdependiente con los sistemas humanos a través de un conjunto de procesos ecológicos que son percibidos como beneficios (servicios ecosistémicos) para el desarrollo de los diferentes sistemas culturales humanos en todas sus dimensiones (político, social, económico, tecnológico, simbólico, mítico y religioso). Este sistema interactúa y se mantiene en funcionamiento por la existencia de la energía del sol, el ciclo global del agua y los ciclos biogeoquímicos; los cuales, interactúan con la vida, produciendo la complejidad de relaciones y expresiones que constituyen la biodiversidad. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

En las últimas décadas, ha sido creciente el reconocimiento que ha ganado la biodiversidad, no sólo como expresión de las diferentes formas de vida presentes en el planeta; sino también, como la base del bienestar y calidad de vida de las especies y de los seres humano. En este último aspecto, la sociedad ha llegado a comprender mejor la relación directa

de la biodiversidad con el desarrollo humano, estos beneficios que se derivan de la biodiversidad son conocidos como servicios ecosistémicos (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2007). “La prestación y el mantenimiento de estos servicios es indispensable para la supervivencia de la vida humana en el planeta, algo sólo posible si se garantiza la estructura y el funcionamiento de la biodiversidad” (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

13.1 La biodiversidad como sustento de servicios ecosistémicos y del bienestar humano

Los bosque secos tropicales al igual que todos los ecosistemas del planeta brindan beneficios a las poblaciones humanas y a las especies, beneficios los cuales han sido denominados servicios ecosistémicos y que según Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES), son definidos como todos los beneficios directos e indirectos que proveen los ecosistemas mediante sus componentes (biodiversidad) y procesos (funciones ecosistémicas) contribuyendo con el bienestar humano.

Los servicios ecosistémicos han sido reconocidos como el puente de unión entre la biodiversidad y el ser humano. Esto significa que las acciones que históricamente se han realizado para la conservación de la biodiversidad (áreas protegidas, preservación de especies focales, corredores biológicos, entre otros) no son actividades ajenas al desarrollo; sino que por el contrario, han contribuido significativamente a la provisión de servicios ecosistémicos de los cuales depende directa e indirectamente el desarrollo de todas las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo, así como el bienestar de las sociedades. (IPBES, 2013)

En términos generales (IPBES, 2013), identifica cuatro (4) tipos de servicios ecosistémico los cuales se describen a continuación:

13.1.1 Servicios de Aprovisionamiento.

“Son los servicios de los ecosistemas que describen el material o los productos energéticos de estos” (IPBES, 2013); donde se incluyen:

- ❖ **Alimentos:** los ecosistemas proporcionan las condiciones para el cultivo de alimentos. Los alimentos provienen principalmente de los agroecosistemas administrados, pero los ecosistemas marinos y de agua dulce o los bosques también proporcionan alimentos para el consumo humano. Los alimentos silvestres de los bosques son a menudo subestimados.
- ❖ **Materias primas:** los ecosistemas proporcionan una gran diversidad de materiales para la construcción y el combustible, incluyendo madera, biocombustibles y aceites vegetales que se derivan directamente de las especies de plantas silvestres y cultivadas.
- ❖ **Agua dulce:** los ecosistemas juegan un papel vital en el ciclo hidrológico global; ya que, regulan el flujo y la purificación del agua. La vegetación y los bosques influyen en la cantidad de agua disponible localmente.
- ❖ **Recursos medicinales:** los ecosistemas y la biodiversidad proporcionan muchas plantas utilizadas como medicamentos tradicionales; así como, proporcionar las materias primas para la industria farmacéutica. Todos los ecosistemas son una fuente potencial de recursos medicinales.

13.1.2 Servicios de Regulación.

“Son los beneficios resultantes de la regulación de los procesos ecosistémicos” (IPBES, 2013); donde se incluyen:

- ❖ **Clima local y calidad del aire:** los árboles proporcionan sombra, mientras que los bosques influyen en la precipitación y la disponibilidad de agua tanto a nivel local como regional. Los árboles u otras plantas también juegan un papel importante en la regulación de la calidad del aire eliminando los contaminantes de la atmósfera.
- ❖ **Secuestro y almacenamiento de Carbono:** los ecosistemas regulan el clima global almacenando y secuestrando los gases de efecto invernadero. A medida que los árboles y las plantas crecen, eliminan el Dióxido de Carbono (CO₂) de la atmósfera y lo bloquean eficazmente en sus tejidos, de esta manera los ecosistemas forestales son reservas de Carbono. La biodiversidad también juega un papel importante al mejorar la capacidad de los ecosistemas para adaptarse a los efectos del cambio climático.
- ❖ **Moderación de eventos extremos:** los eventos climáticos extremos o peligros naturales incluyen inundaciones, tormentas, tsunamis, avalanchas y deslizamientos de tierra. Los ecosistemas y los organismos vivos crean reservas contra los desastres naturales, evitando así posibles daños. Por ejemplo, los humedales pueden absorber el agua de inundación mientras que los árboles pueden estabilizar pendientes, por otra parte los arrecifes de coral y los manglares ayudan a proteger las costas de los daños causados por las tormentas.
- ❖ **Tratamiento de aguas residuales:** los ecosistemas como los humedales, filtran los desechos humanos y animales y actúan como un amortiguador natural para el medio ambiente circundante. A través de la actividad biológica de los microorganismos en el suelo, la mayoría de los residuos se descompone. De este modo se eliminan los patógenos (microbios causantes de enfermedades) y se reduce el nivel la contaminación.

- ❖ **Prevención de la erosión y mantenimiento de la fertilidad del suelo:** la erosión del suelo es un factor clave en el proceso de degradación de la tierra y desertificación. La cubierta de la vegetación proporciona un servicio de regulación vital evitando la erosión del suelo. La fertilidad del suelo es esencial para el crecimiento de las plantas, la agricultura y el buen funcionamiento de los ecosistemas suministran al suelo los nutrientes necesarios para apoyar el crecimiento de las plantas.
- ❖ **Polinización:** los insectos y el viento polinizan plantas y árboles que es esencial para el desarrollo de frutas, verduras y semillas. La polinización animal es un servicio de ecosistemas principalmente proporcionado por insectos pero también por algunos pájaros y murciélagos.
- ❖ **Control biológico:** los ecosistemas son importantes para la regulación de plagas y enfermedades transmitidas por vectores que atacan plantas, animales y seres humanos. Los ecosistemas regulan las plagas y las enfermedades a través de las actividades de depredadores y parásitos. Aves, murciélagos, moscas, avispas, ranas y hongos actúan como controles naturales.

13.1.3 Servicios de Hábitat o de Apoyo.

“Proporcionan espacios vitales para la conservación de la biodiversidad (especies animales, vegetales y microbianas), siendo ésta (la biodiversidad) la base de todos los ecosistemas y de la provisión de servicios” (IPBES, 2013); donde se incluyen:

- ❖ **Hábitat para especies:** los hábitats proporcionan todo lo que una planta o un animal necesita para sobrevivir como alimentos, agua y refugio. Cada ecosistema ofrece diferentes hábitats que pueden ser esenciales para el ciclo de vida de una especie. Las especies migratorias incluidas aves, peces, mamíferos e insectos dependen de diferentes ecosistemas durante sus movimientos.

- ❖ **Mantenimiento de la diversidad genética:** la diversidad genética es la variedad de genes entre y dentro de las poblaciones de especies. La diversidad genética distingue diferentes razas entre sí, proporcionando así la base para cultivares localmente bien adaptados y un fondo genético para el desarrollo posterior de cultivos comerciales y ganado. Algunos hábitats tienen un número excepcionalmente elevado de especies que los hace más genéticamente diversos que otros y se conocen como "puntos calientes de la biodiversidad".

13.1.4 Servicios Culturales.

“Son los beneficios no materiales que los seres humanos obtienen de los ecosistemas; a través, del enriquecimiento espiritual, belleza estética, belleza escénica, inspiración artística e intelectual, el desarrollo cognitivo, la reflexión, la recreación y las experiencias estéticas” (IPBES, 2013); donde se incluyen:

- ❖ **Recreación, salud mental y física:** caminar y practicar deportes en el espacio verde no sólo es una buena forma de ejercicio físico, sino que también permite que la gente se relaje. El papel que juega el espacio verde en el mantenimiento de la salud mental y física es cada vez más reconocido.
- ❖ **Turismo:** los ecosistemas y la biodiversidad juegan un papel importante para muchos tipos de turismo lo que a su vez proporciona considerables beneficios económicos y es una fuente vital de ingresos para muchos países.
- ❖ **Apreciación estética e inspiración para la cultura, el arte y el diseño:** el lenguaje, el conocimiento y el entorno natural han estado íntimamente relacionados a lo largo de la historia humana. La biodiversidad, los ecosistemas y los paisajes naturales han sido fuente de inspiración para gran parte del arte, la cultura y cada vez más para la ciencia.
- ❖ **Experiencia espiritual y sentido del lugar:** en muchas partes del mundo los rasgos naturales; tales como. los bosques específicos, cuevas o montañas se consideran sagrados o tienen un significado religioso. La naturaleza es

un elemento común de todas las principales religiones, los conocimientos tradicionales y las costumbres asociadas son importantes para crear un sentido de pertenencia.

14 LA GESTIÓN INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS (GIBSE)

La Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (GIBSE), según él (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012) se define como:

El proceso por el cual se planifican, ejecutan y monitorean las acciones para la conservación de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos, en un escenario social y territorial definido y en diferentes estados de conservación; con el fin de maximizar el bienestar humano, a través del mantenimiento de la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos a escalas nacional, regional, local y transfronteriza.

De este modo el (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012) dentro de la Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE), propone un marco de acción; el cual, permite generar un balance entre los diferentes intereses que tiene la sociedad frente a la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos derivados de ésta; los cuales, son clave para el bienestar humano siguiendo los principios definidos por el enfoque ecosistémico, propuesto por el Convenio de Diversidad Biológica (Naciones Unidas, 1992). De esta manera, se deja atrás la idea de la biodiversidad como objeto de gestión exclusivamente del sector ambiental y con jurisdicción exclusiva a las ciencias naturales, para pasar a una gestión que promueva la corresponsabilidad social y sectorial; donde, se fomente la participación social y el reconocimiento de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos como un valor público y se reconozcan e incorporen los aspectos relacionados con ésta, en la planificación de las acciones a corto, mediano y largo plazo para aumentar de manera sostenible la productividad y la competitividad nacional, al tiempo que se protejan y mantengan las riquezas naturales y culturales de Colombia.

La biodiversidad tiene una expresión territorial concreta (ecosistemas, especies e individuos) en cualquier región o municipio del país. Esta riqueza ha sido el soporte y el marco de contexto en el que las diferentes culturas se han venido desarrollando, originando manifestaciones culturales diversas en todo el territorio nacional. Dicha relación manifestada a diferentes escalas, según (Nassauer, 1995) “se expresa y entiende como la relación existente entre los sistemas ecológicos y los sistemas sociales; en donde, la biodiversidad le da cuerpo a la cultura y ésta a su vez transforma y estructura el arreglo espacial de la biodiversidad”.

Por tal razón, adelantar la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (GIBSE) en un territorio:

Se debe partir por entender y analizar el territorio como un socioecosistema de modo que se reconoce al ser humano y su cultura como partes integrales de la biodiversidad. La relación entre los sistemas ecológico y social, se establece por el continuo suministro de servicios ecosistémicos (los cuales son prestados a diferentes escalas y claves para el mantenimiento del bienestar humano) y por las diferentes acciones adelantadas por el ser humano para garantizar la conservación de la biodiversidad (de la cual se derivan dichos servicios ecosistémicos) y mitigar las presiones que las actividades antrópicas generan en ésta (la biodiversidad). (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante precisar que “la conservación de la biodiversidad es un concepto que trasciende la visión asociada exclusivamente a la preservación de la naturaleza” (Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2004).

Asimismo, para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos,

La conservación debe ser entendida y gestionada como una propiedad emergente generada a partir del balance entre acciones de preservación, uso sostenible, generación de conocimiento y restauración de la biodiversidad de manera que se mantenga o incremente la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos y con ella el suministro de servicios ecosistémicos fundamentales para el bienestar humano. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)



Ilustración 1. La conservación de la biodiversidad como elemento emergente de la preservación, uso sostenible, restauración y generación de conocimientos.

Fuente: (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

Vale la pena aclarar que según sea la situación de cada territorio, las acciones necesarias para la conservación de la biodiversidad podrán variar, desde casos donde las cuatro acciones antes mencionadas sean necesarias, hasta otros donde sólo sea necesaria una o dos de ellas.

Por otra parte, adelantar la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos para lograr la conservación de los ecosistemas y con ella la sostenibilidad territorial, debe encontrar su expresión más concreta en el ordenamiento territorial; ya que, mediante este proceso se ordena el uso, manejo y ocupación del territorio de acuerdo

con las estrategias de desarrollo socioeconómico en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales (adoptado de la Ley 388 de 1997) (Posada, 2016).

Así,

Todas las acciones adelantadas para asegurar la conservación de la biodiversidad, deben ser contextualizadas en el marco de un proceso de ordenación ambiental del territorio (Ley 99 de 1993), donde la biodiversidad cobra relevancia de ser el principal elemento estructurador de los procesos de ordenamiento territorial, al ser fuente y garantía del suministro de servicios ecosistémicos claves para el desarrollo y la sostenibilidad de las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012).

15 TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE

El estudio de las causas y procesos de cambio en el territorio han sido tema de gran importancia dentro de la ecología del paisaje; donde, también tiene relevancia entender y comprender la dinámica de éste (el territorio) para un adecuado ordenamiento territorial (Turner, 2005; Wiens, 2009; Wu & Hobbs, 2002). En este sentido, los ecosistemas y los paisajes están en constante cambio debido a que son el producto de la interacción dinámica entre la sociedad y la naturaleza (Antrop, 2005; Arce-Nazario, 2005; Pedrolí et al, 2006) citado por (Gutiérrez, 2016).

El ordenamiento ambiental del territorio es materializado en la estructuración socio-ecológica del territorio, proceso que permite no solamente definir una estructura ecológica principal (determinantes ambientales y otros suelos de protección) que constituya el suministro territorial básico para garantizar la conservación de la biodiversidad (Decreto 3600 de 2007); sino también definir unos lineamientos de manejo ambiental para todos los demás tipos de usos del suelo en un municipio (suelo rural, suburbano, urbano, de expansión urbana), así como definir lineamientos para el ordenamiento de las áreas marinas y

costeras del país, de manera que el suministro en buena cantidad y calidad de los servicios ecosistémicos sea asegurada por el manejo integral del territorio. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012)

15.1 Planeación del paisaje rural: un aporte metodológico para la conservación de la biodiversidad

En Colombia, “el reemplazo de miles de hectáreas de coberturas vegetales nativas por sistemas de producción e infraestructura, ha originado mosaicos donde convergen procesos ecológicos y culturales para el mantenimiento de la biodiversidad” (Mendoza et al, 2006). Este proceso de transformación ha dado origen a los paisajes rurales. Dichos paisajes son porciones de la superficie terrestre donde la matriz del paisaje la constituye un tipo particular de cobertura antrópica o un mosaico de sistemas productivos con características socioeconómicas y biológicas propias.

La transformación de los paisajes naturales en paisajes rurales ha causado que muchos ecosistemas estratégicos (caso del bosque seco tropical) sólo pervivan como fragmentos aislados y dispersos con diferentes tamaños y formas, inmersos en matrices culturales y principalmente presentes en tierras privadas (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2009).

Asimismo y según (Arango et al, 2003)

En Colombia una buena proporción de la superficie nacional se encuentra actualmente en áreas de paisajes rurales dominadas como agroecosistemas; sin embargo, el grado de transformación de regiones como el Caribe (82,3%), los Andes (61,8%) y la Orinoquia (59,9%) revelan cifras dramáticas según las cuales, los procesos antrópicos han convertido extensas zonas en paisajes rurales.

Del mismo modo uno de los temas más preocupantes frente a estas cifras de transformación, es que “muchos ecosistemas y especies no se encuentran representados en ningún tipo de área protegida a pesar de que muchas de ellas son endémicas y están bajo categorías de amenaza” (Mendoza et al. 2006).

Para estas especies y ecosistemas según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), su conservación sólo será posible en paisajes rurales; por esto, el diseño y la aplicación de estrategias para la conservación, restauración y manejo en paisajes transformados o rurales debe ser una prioridad nacional. La conservación en paisajes rurales requiere entonces de procesos de planeación como una forma de ordenamiento territorial, de manera que se pueda generar un conjunto de acciones coordinadas y concertadas que orienten la recuperación y conservación de los bienes y servicios ambientales que hacen parte y se generan en los diferentes territorios rurales. Esto sólo se logrará en la medida en que se actúe bajo prácticas interdisciplinarias e interinstitucionales, con base en una estrategia lógica, sencilla y aplicable para un desarrollo regional equilibrado.

15.2 Transformación del paisaje natural en paisaje cultural

El geógrafo estadounidense Carl Ortwin Sauer (1889-1975), profundiza en el análisis de la transformación de los paisajes naturales en paisajes culturales debido a la acción del ser humano (agente transformador), estudiando la cambiante relación entre hábitat y hábitos; donde, el paisaje natural y el paisaje cultural conforman el paisaje transformado. En este sentido Carl O. Sauer, plantea que el paisaje natural resulta del área anterior a la introducción de la actividad humana representada por un cuerpo de hechos morfológicos, mientras que las formas introducidas por el ser humano constituyen otro conjunto denominado paisaje cultural; es decir, que puede haber una sucesión de paisajes culturales correspondiente a una sucesión de culturas que se derivan del paisaje natural; ya que, el ser humano resulta agente

distintivo de modificación en la naturaleza (Sabaté, 2002). “El paisaje es una asociación de formas naturales y culturales existentes en la superficie terrestre” (Sauer, 1925) citado por (Gutiérrez, 2016).

Sin embargo, (Sabaté, 2002) retoma las investigaciones de Sauer y define el paisaje cultural como “el ámbito geográfico asociado a un evento, a una actividad o a un personaje histórico que contiene valores estéticos y culturales; es decir, es el registro del ser humano sobre el territorio” en pocas palabras (la huella de la construcción del trabajo humano sobre el territorio) citado por (Gutiérrez, 2016).

15.3 Enfoque sistémico de la geografía física, el paisaje y los servicios ecosistémicos

Debido a que la actividad humana ha hecho presencia en la mayor parte de la superficie terrestre, se puede hablar de espacios donde el medio ambiente ha sido gradualmente modificado en sus condiciones naturales; pero que aun así, su dinámica está influenciada en gran medida por procesos ecológicos. (Mancera, 2014)

Para contextualizar los servicios ecosistémicos, se inicia por identificar la relación existente entre la geografía física y éstos como lo propone (Carvajal, 2010). Según este mismo autor,

El estudio de los bienes y servicios prestados por los ecosistemas, se convierte en un campo de acción para la geografía física como una forma de identificar los beneficios que obtiene el ser humano y las mismas especies (animales, vegetales y microbianas) a partir de los diferentes procesos ecológicos desarrollados al interior de los ecosistemas, evidenciando de una u otra manera la relación existente entre la sociedad y la naturaleza.

Es así, que el estudio del paisaje de manera sistemática se convierte en una herramienta teórico-metodológica para la geografía física; ya que, estudia los elementos del ambiente territorializado y debe ser entendida como el estudio del ambiente con proyección social en cuanto a la ocupación y al uso de los recursos naturales (Mancera, 2014).

Adicionalmente, el abordaje de la geografía física de las condiciones naturales y su transformación por las dinámicas humanas, se introduce con la Teoría General de Sistemas (TGS) propuesta por Bertalanffy en 1937. Autores como (Bolós, 1992; Flórez, 2009; Mancera, 2014) afirman:

Esta teoría, desde su concepción naturalista (ciencia investigadora) es integrada a la geografía como una oportunidad de estudiar el ambiente de una manera integral y no sectorialmente, introduciendo el concepto de geosistema como el objetivo de la geografía física y como modelo teórico del paisaje.

Por consiguiente, “el geosistema se deriva conceptual y metodológicamente de la TGS para entender la apropiación que hace la sociedad sobre el ambiente territorializado” (Mancera, 2014).

“La teoría del geosistema originalmente fue desarrollada por V.B. Sochava, donde se estableció a partir de la combinación de la Teoría General de Sistemas y la geofísica del paisaje, un modelo integral y dinámico del medio ambiente” (Flórez, 2009). Autores como (Andrade, 1994; Bocco et al, 2005) coinciden en entender el geosistema como un modelo conceptual sistémico del paisaje (estudio de las relaciones), que se define como una interacción espacial entre distintos componentes.

Para el caso de la caracterización general del área de estudio del presente trabajo de investigación y como insumo para analizar el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” debido a la transformación del bosque seco tropical en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo, se tendrá en cuenta la metodología empleada por (Montoya-Rojas et al, 2016) denominada “análisis integral del paisaje”; donde se estudiarán los componentes ambientales principales y funcionales dentro de un geosistema; los cuales son, el componente atmosférico (factor climático), el componente hidrosférico (factor hidrogeológico y factor hidrográfico), el componente

geosférico (factor geológico, factor geomorfológico y factor edafológico), el componente biosférico (factor ecosistémico), el componente antroposférico se analizará desde las dimensiones social y económica.

Los componentes funcionales del geosistema tienen una organización sistemática que configuran la estructura espacial, sosteniendo la capacidad de funcionamiento del paisaje; por tal razón según (Montoya-Rojas et al, 2016):

La gestión integral del paisaje, permite un mejor manejo de los diferentes recursos naturales a emplear; ya que, con el estudio y análisis exhaustivo, éste (el análisis) apoyado de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) concede de forma más consciente y real la factibilidad y sostenibilidad de un proyecto.

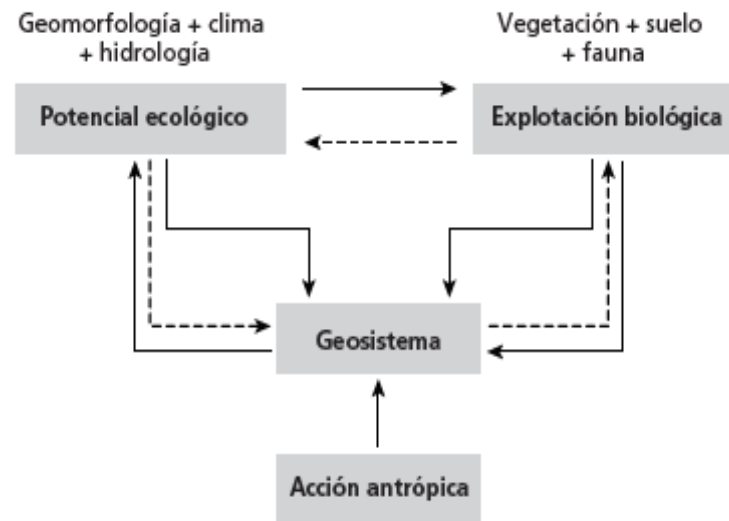


Ilustración 2. Modelo del paisaje-geosistema.

Fuente: (Bertrand, 1972). Citado por (Mancera, 2014).

Según (Groot et al, 2002) el servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies”, contribuye a la conservación *in situ* de la biodiversidad biológica y de los procesos evolutivos; ya que, cuenta con la capacidad de proveer hábitat con las condiciones adecuadas para que las especies animales, vegetales y microbianas puedan desarrollarse y subsistir. El servicio ecosistémico mencionado anteriormente será analizado durante la presente investigación; debido a que por el alto nivel de biodiversidad y endemismo que ofrece el bosque seco tropical, el suministro de hábitats para las especies permite el mantenimiento constante y estable de la biodiversidad. Adicionalmente (Millenium Ecosystem Assessment, 2005) proyecta que la pérdida de hábitats en los ecosistemas terrestres y acuáticos, propicia la disminución en la biodiversidad local de las especies nativas y la prestación de servicios ecosistémicos, citado por (Mateus & Caicedo, 2014).

Del mismo modo, “se entiende como hábitat al lugar o tipo de ambiente en el que existe naturalmente un organismo o una población” (Naciones Unidas, 1992), asimismo (Utrera, 2004) considera como hábitat, “al espacio físico que brinda a las especies alimento, agua y componentes imprescindibles para el mantenimiento, reproducción y supervivencia de las especies que integran a las comunidades animales y vegetales”.

Los servicios ecosistémicos brindados por el bosque seco tropical, según autores como (Daily et al, 2005; Díaz, 2006; Carvajal, 2010; Balvanera et al, 2011; Pizano & García, 2013; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013) coinciden en que los cambios de usos del suelo traen como consecuencias ecológicas, la alteración, el deterioro y degradación de hábitats, siendo éstas las principales causas del patrón de disminución de las poblaciones de especies pertenecientes a un hábitat. Por consiguiente, “el surgimiento de nuevos hábitats que no son naturales y que luego son colonizados por especies invasoras (altamente destructivas), reducirán la provisión de los servicios ecosistémicos que proporcionaban los hábitats originales” (Mateus & Caicedo, 2014).

Según (López & González, 2007) “la capacidad de los ecosistemas al proveer servicios ecosistémicos, viene determinada por los componentes ecológicos; ya que, éstos permiten el mantenimiento y funcionamiento de los ecosistemas, lo cual se vincula directamente a la valoración biofísica”. De lo anterior se deduce, que para realizar un análisis que permita evidenciar el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” es necesario evaluar la transformación del ecosistema (para este caso el bosque seco tropical) en términos biofísicos; debido a que, los beneficios que proveen los ecosistemas son en su mayoría indirectos y proceden de procesos ecológicos complejos.

Para analizar un ecosistema desde una visión biofísica; es decir, por medio de una caracterización del área de estudio, se debe tener una amplia información de ésta (el área específica de estudio) sobre los componentes ambientales (atmosférico, hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico) y el funcionamiento general del servicio ecosistémico a trabajar. El servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” se analizará mediante el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada, también conocido como NDVI por sus siglas en inglés “Normalized Difference Vegetation Index”; ya que, según (ArcGIS, 2016):

Dicho índice, es usado para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición por medio de sensores remotos instalados desde una plataforma espacial, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

16 DEFORESTACIÓN

Se entiende por deforestación “el cambio en el uso del suelo que comprende la reducción de la cubierta vegetal” (FAO, 2005) y es vista como “la primera causa directa de la pérdida de biodiversidad en el país” (Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 1998).

Según (Gutiérrez, 2016):

La pérdida de biodiversidad a causa de la deforestación, es un fenómeno que se produce desde lo local y cuyos efectos se proyectan hacia lo global; por otra parte, la deforestación masiva ha producido un cambio notorio en los paisajes regionales y en la estructura ecológica del país.

16.1 Cambios en el uso del territorio, su ocupación y la fragmentación de sus ecosistemas

De acuerdo con (Etter et al, 2008):

La tendencia de cambio de los ecosistemas continentales colombianos desde 1500 hasta el año 2000, muestra que la ganadería ha sido el principal motor de cambio en el uso del suelo del territorio colombiano, impulsando el decrecimiento en la extensión de los ecosistemas nativos del país, especialmente en los bosques secos (principalmente después de 1900), los bosques andinos y húmedos tropicales (con disminución moderada entre 1800 y 1950 y un rápido decrecimiento desde 1950).

Asimismo, autores como (Villareal, 2006) y (Romero et al, 2008) reportan que el Caribe y los Andes colombianos (incluidos los valles interandinos Cauca y Magdalena), presentan los niveles de mayor intervención (72%, 59% y 67% de transformación respectivamente) siendo para el Caribe el caso más impactante de transformación el de los ecosistemas secos (bosques y otras formaciones), pues sólo persisten unos pocos remanentes aislados en medio de una matriz intensamente transformada.

Para la región Andina, los ecosistemas más afectados corresponden a los bosques de niebla (bosques húmedos andinos y altoandinos). Adicionalmente, las tendencias más recientes y dramáticas de cambio muestran una preocupante deforestación de los bosques húmedos de selva baja, especialmente en el Amazonas y en el Pacífico (Etter et al, 2008).

Las últimas estimaciones de deforestación realizadas por el (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015) en conjunto con el (Departamento Nacional de Planeación, 2015):

Muestran para los periodos 1990-2000, 2000-2005, 2005-2010 y 2010-2015, tasas de deforestación en el país de 279.757 ha/año, 314.991 ha/año, 238.273 ha/año y 295.492 ha/año respectivamente. Para este último periodo las regiones que presentaron mayor tasa de deforestación fueron los Andes y la Amazonía.

Adicionalmente,

Las principales causas de la deforestación en Colombia son la expansión de la frontera agropecuaria (73.3% de la deforestación), la extracción maderera (11.7%), el consumo de leña (11%) y los incendios forestales (2%) sumados a la construcción de obras de infraestructura, los cultivos ilícitos y la tala ilegal. (Departamento Nacional de Planeación, 2015)

Respecto a los cambios de los bosques por deforestación, el periodo 2005-2010 muestra una alta degradación de los ecosistemas boscoso (paso de bosques a vegetación secundaria con un total de 521.559 ha, equivalentes al 38.2%) seguido de la deforestación con fines para el establecimiento de actividades productivas como pastizales (495.040 ha, equivalentes al 36,2%) y áreas agrícolas heterogéneas (201.294 ha, equivalentes al 1,5%) (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015).

Adicionalmente y ligado a la transformación, la fragmentación de los ecosistemas producto de las actividades humanas, es otro de los mayores impactos sobre la biodiversidad colombiana, pues genera profundos cambios en la estructura de los paisajes, especialmente continentales y costeros. Así, detrás del frente de deforestación quedan mosaicos transformados compuestos no sólo por áreas productivas, sino también por fragmentos de bosque maduro y parches de vegetación secundaria (Etter et al, 2006).

“En Colombia este proceso ha ocasionado que los únicos representantes de muchos ecosistemas estratégicos, especies amenazadas y endémicas (caso del bosque seco tropical) pervivan casi exclusivamente inmersas en matrices culturales y en predios privados” (Mendoza et al. 2006), “debido a que en su mayoría no se encuentran representados en ningún tipo de categoría dentro de áreas protegidas del país” (Franco et al, 2006). Adicionalmente, “los análisis de fragmentación en la Cordillera Oriental muestran que los ecosistemas más fragmentados son los bosques subandinos y secos andinos, mientras que los ecosistemas con los fragmentos de mayor tamaño son los bosques alto andinos y los páramos” (Armenteras et al, 2003).

Por otra parte,

La degradación de los ecosistemas, es otro factor importante de cambio, relacionado con procesos de uso o transformación de los ecosistemas naturales o semi naturales, que no producen su cambio total, sino que modifican sus regímenes normales de funcionamiento. En algunos casos, sus consecuencias son transitorias y constituyen una causa indirecta de la transformación total del ecosistema. En Colombia, se calcula que cerca de 16.136.983 ha, se encuentran degradadas, siendo las coberturas de cultivos, pastos y la vegetación secundaria las que representan el mayor grado de perturbación (45,6%). Por otra parte, las coberturas naturales presentan una degradación del 12,2%, correspondiente a 9.615.845 ha. Entre estas, los bosques naturales representan el mayor número de hectáreas afectadas con 6.498.855 ha. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015)

17 IMPORTANCIA DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA EN EL MAPEO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

(Crossman et al, 2013) reiteran que:

Uno de los desafíos más relevantes en la evaluación de servicios ecosistémicos se relaciona con determinar la distribución espacial que estos poseen en el territorio. El *stock* de servicios ecosistémicos requiere una representación espacial explícita para que la toma de decisiones en el manejo de recursos naturales puedan ser ejecutadas de manera informada y eficiente.

Por ende, la identificación de servicios ecosistémicos requiere de técnicas que permitan abstraer la complejidad del territorio y que contribuyan a identificar los límites de su distribución espacial. En este sentido, “los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y las técnicas de análisis espacial, son herramientas que contribuyen a simplificar la lectura de información territorial, permitiendo generar bases de datos respecto a los atributos que componen el espacio geográfico” (De Groot et al, 2002).

“Dado el creciente interés científico respecto a las técnicas de análisis espacial, estas herramientas han consolidado su posición en la gestión pública de recursos naturales y en la generación de políticas y normativas de regulación ambiental” (Brown et al, 2012) citado por (Esse et al, 2014).

Según (Maes et al, 2012):

Existen múltiples métodos en el modelamiento y mapeo de servicios ecosistémicos, cuyas aproximaciones varían de acuerdo al tipo de servicio, la disponibilidad de datos, la escala espacial de análisis y el objetivo del estudio. Herramientas ligadas a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el mapeo y valoración de los servicios ecosistémicos.

Dentro de las principales herramientas empleadas en el mapeo y valoración de los beneficios directos e indirectos que proveen los ecosistemas al bienestar humano se encuentran:

❖ **ECOSER:** esta herramienta ha sido desarrollada tanto para el soporte de la toma de decisiones sobre usos de la tierra como para la investigación e integración disciplinaria y de la colaboración científica en torno a los flujos de funciones y servicios ecosistémicos. Básicamente consiste en un protocolo o conjunto de procedimientos que permiten evaluar y mapear los servicios ecosistémicos; además de, estimar la vulnerabilidad socio-ecológica frente a la pérdida de los mismos, consistentes en:

- * La cuantificación y representación espacial del flujo de servicios ecosistémicos.
- * El grado de exposición del flujo de servicios ecosistémicos ante escenarios de cambio (tomando en consideración el tipo de presión y su magnitud).
- * La sensibilidad de los beneficios derivados de servicios ecosistémicos a la sociedad.

Para emplear esta herramienta, se debe poseer un nivel básico en teledetección y Sistemas de Información Geográfica (SIG). Todos los modelos que propone ECOSER para la evaluación y mapeo de funciones y servicios ecosistémicos se ejecutan entorno al ArcGIS y están disponibles como ArcScripts para ejecutar en ArcToolboxes (ECO-SER, 2017).

❖ **Natural Capital Project:** es una asociación de universidades y ONG, tiene por objetivo transformar decisiones que alteren negativamente al ambiente; además de facilitar conceptos sobre los servicios ecosistémicos y busca desarrollar herramientas como:

- * **InVEST** (Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs): es un conjunto de modelos utilizados para mapear los bienes y servicios de la naturaleza que sustentan la vida humana. Ayuda a explorar cómo los cambios en los ecosistemas pueden conducir a cambios en los flujos de muchos beneficios diferentes para la sociedad.

- * **RIOS** (Resource Investment Optimization System): proporciona un enfoque estandarizado para el manejo de cuencas hidrográficas. Combina datos biofísicos, sociales y económicos para la elección de los mejores lugares para actividades de protección y restauración.
- * **OPAL**: es una herramienta para cuantificar los impactos del desarrollo y el valor de las actividades potenciales de protección o restauración de la biodiversidad y los servicios de los ecosistemas.

El mapeo de los servicios ecosistémicos es importante puesto que proporciona información acerca de los beneficios de la conservación de la biodiversidad y permite generar estrategias de manejo. Además de ser útiles en la toma de decisiones sobre la gestión del territorio (Natural Capital Project, 2017)

CAPÍTULO V – MARCO JURÍDICO NACIONAL Y CONTEXTO INTERNACIONAL

18 MARCO JURÍDICO NACIONAL

18.1 Marco jurídico Nacional vigente referente a la gestión de la biodiversidad

Con la Constitución Política de Colombia de 1991, el país elevó el manejo y protección de los recursos naturales y el medio ambiente (la biodiversidad) a la categoría de norma constitucional, mediante el reconocimiento de la obligación del Estado y de las personas de proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación (Artículo 8), del derecho de los colombianos a tener un ambiente sano (Artículo 79) y del desarrollo sostenible como el modelo que orienta el crecimiento económico, el mejoramiento de la calidad de vida y del bienestar social de la Nación, sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades (Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C, 1991).

Según el (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015):

La Constitución Política de Colombia, es clara en destacar el deber del Estado en torno a la necesidad de proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica, planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, dentro de la gestión que el país ha hecho de su biodiversidad se destacan algunas normas generales que de manera directa o indirecta; las cuales, han contribuido al desarrollo de actividades para la protección, uso, manejo y sostenibilidad de la biodiversidad.

Dichas normas son las que se describen a continuación (Tabla 1).

Tabla 1. Principales normas vigentes que reglamentan aspectos claves de la gestión de la biodiversidad y la Institucionalidad Ambiental Nacional.

NORMA	TEMA
Decreto-Ley 2811 de 1974	Código Nacional de los recursos naturales renovables y no renovables y de protección al medio ambiente. El ambiente es patrimonio común, el estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo que son de utilidad pública e interés social. Regula el manejo de los recursos naturales renovables, la defensa del ambiente y sus elementos.
	Título III: “De los Bosques” regula el manejo de los suelos de los bosques, áreas de reserva, aprovechamiento y protección forestal.
Decreto 1715 de 1978	Reglamenta parcialmente el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 23 de 1973 y el Decreto-Ley 154 de 1976, en cuanto a protección del paisaje.
	Artículo 1: Designa al entonces INDERENA (Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente) determinar los paisajes que merezcan protección.
Ley 99 de 1993	Se crea el Ministerio del Medio Ambiente y Organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA), se reforma el sector público encargado de la gestión ambiental. Organiza el Sistema Nacional Ambiental y exige la planificación de la gestión ambiental de proyectos.
	Artículo 1: Incluye dentro de los principios generales de la política ambiental colombiana al paisaje como patrimonio que deberá ser protegido y le asigna al Ministerio de Ambiente dictar regulaciones de carácter general, tendientes a controlar y reducir las contaminaciones geosférica, hídrica, sonora y atmosférica del paisaje, en todo el territorio nacional.
Decreto 2370 de 2009	Por el cual se determinan los instrumentos de planificación para institutos de investigación vinculados y adscritos al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
Decreto 2372 de 2010	Por el cual se reglamenta el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones.

Ley 1444 de 2011	Por medio de la cual se dividen algunos Ministerios (entre ellos el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, para crear el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).
Decreto 3570 de 2011	Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
Decreto 3572 de 2011	Por el cual se crea una Unidad Administrativa Especial, se determinan sus objetivos, estructura y funciones (Unidad Administrativa Especial Parques Nacionales Naturales de Colombia).
Ley 1753 de 2015	Capítulo VI: “Crecimiento verde”. Artículo 171: La prevención de la deforestación de bosques la cual tiene como propósito elaborar una política contra la deforestación y un plan de acción para evitar la pérdida de los bosques.

Fuente: Tomado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

18.2 Instrumentos Nacionales de gestión de la biodiversidad y de los bosques

Los principales instrumentos de planificación (programas, planes y políticas) que se han desarrollado en Colombia para orientar la protección, manejo y uso de la biodiversidad en sus diferentes niveles de organización o que a través de su implementación contribuyen a las acciones de conservación, se resumen a continuación (Tabla 2).

Tabla 2. Principales Instrumentos Nacionales para la gestión de la biodiversidad y bosques.

TIPO DE INSTRUMENTO	NIVEL DE ORGANIZACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ATENDIDO	TÍTULO	OBJETIVO GENERAL	AÑO
Política	Ecosistemas	Política de Bosques (Documento CONPES 2834 de 2010)	Lograr un uso sostenible de los bosques con el fin de conservarlos, consolidar la incorporación del sector forestal en la economía nacional y mejorar la calidad de vida de la población.	1996
Política	Poblaciones y especies	Política para la Gestión Ambiental de la Fauna Silvestre en Colombia	Generar las condiciones necesarias para el uso y aprovechamiento sostenible de la fauna silvestre como estrategia de conservación de la biodiversidad y alternativa socioeconómica para el desarrollo del país, garantizando la permanencia y funcionalidad de las poblaciones naturales y de los ecosistemas de los cuales hacen parte.	1997
Propuesta técnica	Todos los niveles	Biodiversidad Siglo XXI: propuesta técnica de plan de acción Nacional en Biodiversidad	Estrategias y líneas de acción para conocer, conocer y utilizar la biodiversidad colombiana.	1998

Plan	Ecosistemas	Plan Nacional de Desarrollo Forestal	Establecer un marco estratégico que incorpore activamente el sector forestal al desarrollo nacional, optimizando las ventajas comparativas y promoviendo la competitividad de productos forestal maderables y no maderables en el mercado nacional e internacional, a partir del manejo sostenible de los bosques naturales y plantados.	2000
Plan	Ecosistemas	Plan De Acción Nacional De Lucha Contra La Desertificación Y La Sequía En Colombia	Adelantar acciones contra la degradación de tierras, desertificación y mitigación de los efectos de la sequía, así como para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas, a partir de la aplicación de medidas prácticas que permitan prevenir, detener y revertir dichos procesos degradativos y contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas.	2004
Plan	Todos los niveles	Planes regionales de acción en biodiversidad	Promover la conservación, el conocimiento y el uso sostenible de la biodiversidad, así como una distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de ésta.	2005

Política	Todos los niveles	Política Nacional de Fomento a la Investigación y la Innovación (Colombia construye y siembra futuro) (Documento CONPES 3582 de 09)	Crear las condiciones para que el conocimiento sea un instrumento del desarrollo. Principalmente a través de acelerar el crecimiento económico, y disminuir la inequidad. En esta política considera la biodiversidad como un área estratégica y reconoce la necesidad de avanzar en el conocimiento y uso sostenible de ésta.	2009
Política	Ecosistemas	Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico	Garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico, mediante una gestión y un uso eficiente y eficaz, articulados al ordenamiento y uso del territorio y a la conservación de los ecosistemas que regulan la oferta hídrica, considerando el agua como factor de desarrollo económico y de bienestar social, e implementando procesos de participación equitativa e incluyente.	2009
Política	Todos los niveles	CONPES 3680 SINAP "Lineamientos para la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas"	Establecer las pautas y orientaciones para avanzar en la consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Colombia como un sistema completo, ecológicamente representativo y eficazmente	2010

			gestionado, de forma que se contribuya al ordenamiento territorial, al cumplimiento de los objetivos nacionales de conservación y al desarrollo sostenible en el que está comprometido el país.	
Política	Todos los niveles	Política de Producción y Consumo Sostenibles	Orientar el cambio de los patrones de producción y consumo de la sociedad colombiana hacia la sostenibilidad ambiental, contribuyendo a la competitividad de las empresas y al bienestar de la población.	2010
Estrategia	Poblaciones y especies	Estrategia Nacional de Prevención, Control, Seguimiento y Vigilancia Forestal	Establecer e implementar un conjunto integrado de lineamientos, procedimientos y acciones que articulen de manera armónica los componentes preventivo, jurídico, administrativo- financiero y operativo de los procesos de prevención, seguimiento, control y vigilancia del manejo y aprovechamiento, movilización, transformación y comercialización de los recursos forestales, maderables y no maderables, con base en la gestión coordinada de las autoridades ambientales y demás organismos	2010

			competentes del Estado y la participación activa de los diversos actores de la cadena productiva forestal, de otros sectores productivos relacionados y de la sociedad civil en general.	
Política	Todos los niveles	Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)	Promover la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (GIBSE), de manera que se mantenga y mejore la resiliencia de los sistemas socioecológicos a escalas nacional, regional, local y transfronteriza; considerando escenarios de cambio a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado.	2012

Fuente: Tomado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

Finalmente, el bosque seco tropical fue declarado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible como ecosistema estratégico para la conservación. Según el (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014) y teniendo en cuenta el Decreto 2372 de 2010, “los ecosistemas estratégicos son áreas de especial importancia ecológica, gozan de protección especial por lo que se deben adelantar acciones de conservación y manejo”.

19 CONTEXTO INTERNACIONAL

Entre los principales convenios, comisiones y tratados relacionados con la conservación de la biodiversidad y de los bosques que Colombia ha firmado y ratificado se presentan a continuación (Tabla 3).

Tabla 3. Principales convenios, comisiones y tratados relacionados con la conservación de la biodiversidad y de los bosques

INSTRUMENTO	LUGAR Y AÑO DE FIRMA	PRINCIPAL NIVEL DE ORGANIZACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ATENDIDO	LEY DE RATIFICACIÓN EN COLOMBIA	OBJETIVO
Convenio para la protección del patrimonio mundial, cultural y natural UNESCO	París, 1972	Ecosistemas	Ley 45 de 1983	Establecer un sistema eficaz de protección colectiva al patrimonio cultural y natural organizado de una manera permanente y según los métodos científicos y modernos.
Tratado sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Silvestres en Peligro de Extinción (CITES)	Washington D.C, 1973	Poblaciones y especies	Ley 17 de 1981	Proteger las especies en peligro y amenazadas frente a una explotación excesiva reglamentando o prohibiendo el comercio internacional de tales especies o de sus especímenes.

Convenio Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV 91)	Ginebra, 1991	Poblaciones y especies	Ley 243 de 1995	Reconocer y garantizar un derecho al obtentor de una variedad vegetal nueva o a su causahabiente, mediante la creación de la Unión para la Protección de las Obtenciones Vegetales.
Convenio de Diversidad Biológica (CDB)	Río de Janeiro, 1992	Todos los niveles	Ley 165 de 1994	La conservación de la diversidad biológica La utilización sostenible de sus componentes La participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.
Convención Marco de las Naciones Unidas contra el Cambio Climático (UNFCCC)	Nueva York, 1992	Ecosistemas	Ley 164 de 1994	Establecer las concentraciones atmosféricas de gases efecto invernadero (GEI), a niveles que impidan que las actividades humanas afecten peligrosamente al sistema climático mundial.
Convención para la lucha contra la desertificación y la sequía (UNCCD)	París, 1994	Ecosistemas	Ley 461 de 1998	Luchar contra la desertificación y mitigar los efectos de la sequía grave o desertificación, en particular

				en África, mediante la adopción de medidas eficaces en todos los niveles apoyadas por acuerdos de cooperación y asociación internacionales. Aplicación en las zonas afectadas de estrategias integradas a largo plazo que se centren en el aumento de la productividad de las tierras, la rehabilitación, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos, con miras a mejorar las condiciones de vida.
--	--	--	--	---

Fuente: Tomado de (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

CAPÍTULO VI – MATERIALES Y METODOLOGÍA

20 METODOLOGÍA

Para el cumplimiento de los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación, se emplea una metodología mixta; en la cual, se implementan métodos de las metodologías cuantitativa y cualitativa.

La metodología cuantitativa se basa en el positivismo. Dicha metodología, parte de los cuerpos teóricos; es decir, del conocimiento especulativo donde se inicia con la formulación de la hipótesis, seguido del estudio de las variables, continuado por la recolección, el procesamiento, la interpretación y el análisis de los datos, para llegar de ésta manera a los resultados esperados, además se establece la objetividad cuya finalidad es obtener un conocimiento que concuerde con la realidad del objeto estudiado y la descripción del mismo (Álvarez, 2011).

Por otra parte la metodología cualitativa se enfoca en profundizar y comprender los fenómenos, teniendo en cuenta la relación existente entre el contexto y el ambiente; es decir, la percepción que tiene el sujeto (el investigador) de su propio contexto. En ésta investigación el investigador comienza examinando el mundo real, de esta manera desarrolla una teoría coherente de acuerdo a lo que observa (teoría fundamentada) donde va desde lo particular a lo general; asimismo, el planteamiento del problema, se va reformulando a medida que la investigación avanza. La metodología cualitativa establece la subjetividad; es decir, el punto de vista del sujeto (el investigador), donde los datos se van recogiendo durante el proceso de investigación y éstos no son sometidos a análisis estadístico. El análisis de los datos es mayormente síntesis de la información obtenida, donde se propondrá un análisis descriptivo y coherente, el cual pretende lograr la interpretación detallada del problema de investigación (enfoque holístico) (Rodríguez et al, 1996).

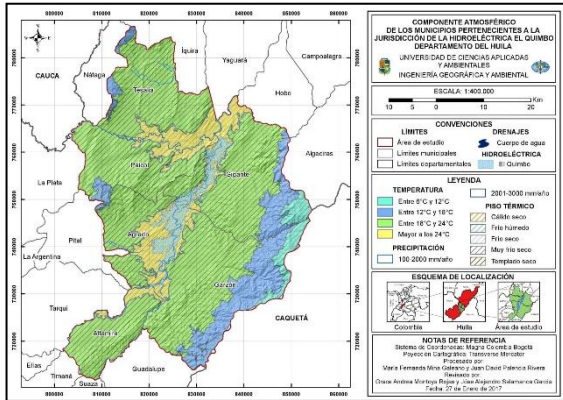
Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, la metodología mixta utiliza métodos de las metodologías cuantitativa y cualitativa y es sustentada filosóficamente y metodológicamente en el pragmatismo, donde solo es verdadero aquello que funciona y se comprueba. Por otra parte, la metodología mixta incluye el planteamiento del problema, revisión de literatura, formulación de hipótesis e implica la recolección, análisis e interpretación de los datos obtenidos, con el propósito de tener un análisis completo del objeto a estudiar.

20.1 FASE 1: Caracterización general del área de estudio

Inicialmente, para la ejecución del presente trabajo de investigación, se realiza la revisión de información secundaria para la interpretación y análisis de resultados relacionados con identificar y analizar multitemporalmente el bosque seco tropical y el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo durante los años 2000 y 2016.

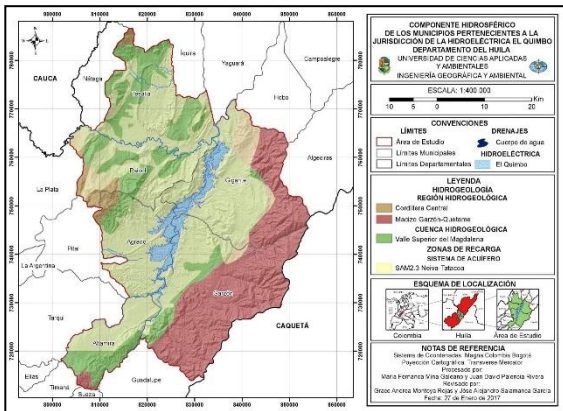
Adicionalmente para la caracterización general del área de estudio, se tendrá en cuenta la metodología del análisis integral del paisaje empleada por (Montoya-Rojas et al, 2016); donde se estudiarán los componentes ambientales principales y funcionales dentro de un geosistema; los cuales son, el componente atmosférico (factor climático), el componente hidrosférico (factor hidrogeológico y factor hidrográfico), el componente geosférico (factor geológico, factor geomorfológico y factor edafológico), el componente biosférico (factor ecosistémico), el componente antroposférico se analizará desde las dimensiones social y económica.

20.1.1 Componente atmosférico



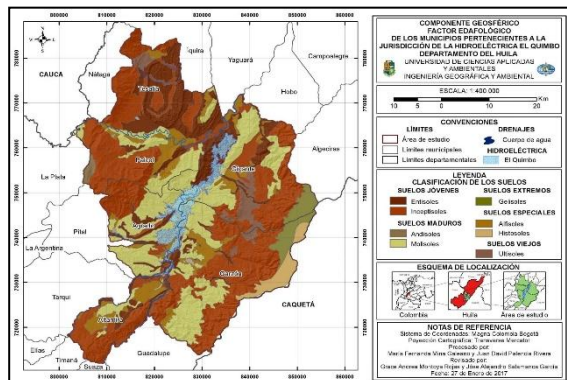
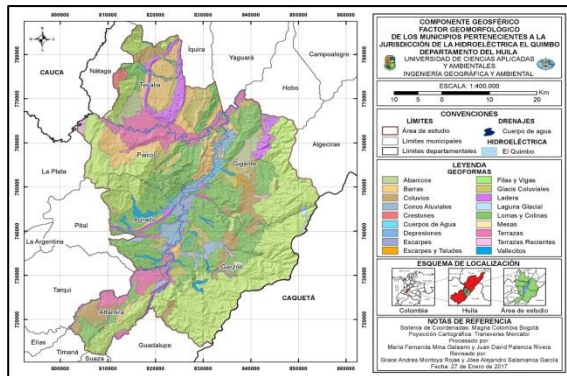
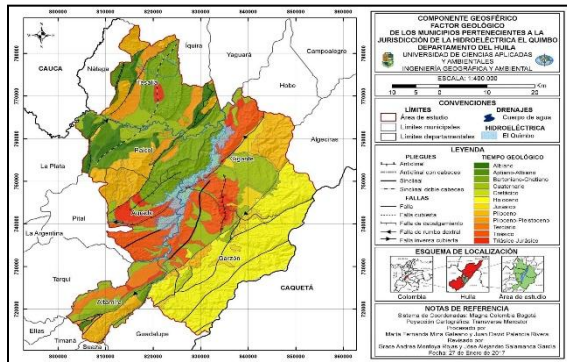
Se realiza revisión de información secundaria obtenida del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM); con el propósito de caracterizar climáticamente el área de estudio, además de corroborar las características de adaptación del bosque seco tropical.

20.1.2 Componente hidrosférico



Por medio de la revisión de información secundaria obtenida del Servicio Geológico Colombiano (SGC), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), se procede a subdividir dicha información en dos factores. El primero denominado factor hidrogeológico, el cual permite caracterizar las propiedades y estructuras geológicas del almacenamiento de aguas subterráneas presentes en el área de estudio y el factor hidrográfico, donde se caracterizan los principales afluentes hídricos de los municipios objeto de estudio.

20.1.3 Componente geosférico



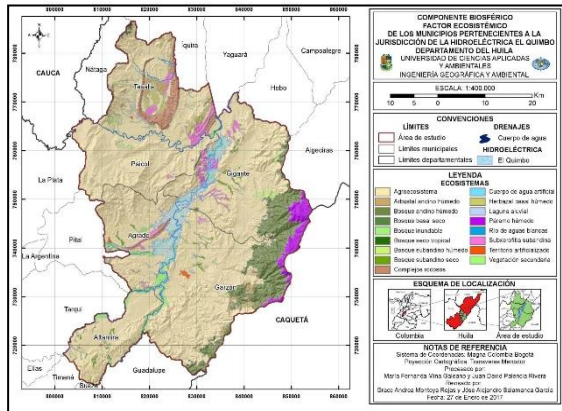
Se realiza revisión de información secundaria obtenida de diferentes documentos e instituciones; tales como, el Servicio Geológico Colombiano (SGC), el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), con el propósito de caracterizar tres diferentes factores (factor geológico, factor geomorfológico y factor edafológico).

En el caso del factor geológico, se realiza la identificación y caracterización de los plegamientos, fallas y tipos de rocas presentes en el área de estudio. Cabe mencionar que la mayoría de información empleada en éste factor se obtuvo a partir del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto hidroeléctrico El Quimbo realizado por INGETEC S.A.

Para el factor geomorfológico, se identifican los procesos morfogenéticos (responsables del relieve y sus respectivas geformas en el área de estudio); donde, se obtiene la caracterización de los modelados del paisaje presentes en los municipios objeto de estudio.

Para finalizar, en el factor edafológico se realiza una caracterización de los suelos presentes en el área de estudio.

20.1.4 Componente biosférico



Por medio de revisión de información secundaria, se procede a identificar el bosque seco tropical y las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio. Se consultan diferentes fuentes de información de carácter técnico, académico e institucional. Adicionalmente, se consulta información espacial del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM).

20.1.5 Componente antroposférico

La caracterización de este componente ambiental, se realiza desde la descripción de las dimensiones social y económica, denominados en el presente trabajo de investigación como factor social y factor económico.

Factor social: se caracteriza por el proceso de poblamiento desde un ámbito regional, haciendo énfasis en un ámbito local. Por otro lado, se describen las dinámicas sociales ligadas al conflicto armado.

Factor económico: se describen las principales actividades económicas que se desarrollan en cada uno de los municipios pertenecientes al área de estudio.

20.2 FASE 2: Amenazas naturales, ecosistemas, modelados y paisajes

Una vez obtenida la caracterización general del área de estudio y teniendo en cuenta la metodología de identificación de dinámicas ecológicas por modelados del paisaje y componentes ambientales realizada por (Montoya-Rojas, 2011) y empleada en su tesis doctoral “La zonificación ambiental en la cuenca hidrográfica media del río Negro, un modelo de aplicación en Útica (Cundinamarca, Colombia)” se procede a realizar el perfil de amenazas naturales identificadas en cada uno de los municipios objeto de estudio; las cuales, se presentan por componente ambiental (atmosférico, hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico) y por modelado del paisaje (aluvial, antrópico, denudativo, disección, eólico, estructural, gravitacional, lacustre, periglacial y postglacial).

20.3 FASE 3: Procesamiento de imágenes satelitales

La metodología empleada en el procesamiento de las imágenes satelitales utilizadas en el presente trabajo de investigación, se resumen en el esquema presentado en la (Ilustración 3); donde, se parte de un eje estructural cuyos elementos y procesos permiten analizar la transformación del bosque seco tropical. Los insumos disponibles para realizar el análisis multitemporal del ecosistema mencionado con anterioridad en la ventana de tiempo seleccionada son:

- ❖ Imagen Landsat 7 para el año 2000.
- ❖ Imagen Landsat 5 para el año 2007.
- ❖ Imagen Landsat 8 para el año 2016.

20.3.1 Características de las imágenes satelitales del programa Landsat

La constelación del satélite LANDSAT inicialmente se llamó ERTS “Earth Resources Technology Satellites” fue la primera misión de los Estados Unidos para el monitoreo de los recursos terrestres, actualmente se encuentran activos los

satélites Landsat 7 y Landsat 8. El mantenimiento y operación de éstos, está a cargo de la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA) mientras que la producción y comercialización de las imágenes está a cargo del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) (INEGI, 2013). Las imágenes satelitales Landsat están compuestas por 7 u 8 bandas espectrales que al combinarse producen una gama de imágenes de color incrementando notablemente sus aplicaciones. Dependiendo del satélite y el sensor se incluye un canal pancromático y/o uno térmico; asimismo, las resoluciones espaciales varían entre los 15m, 30m, 60m y 120m.

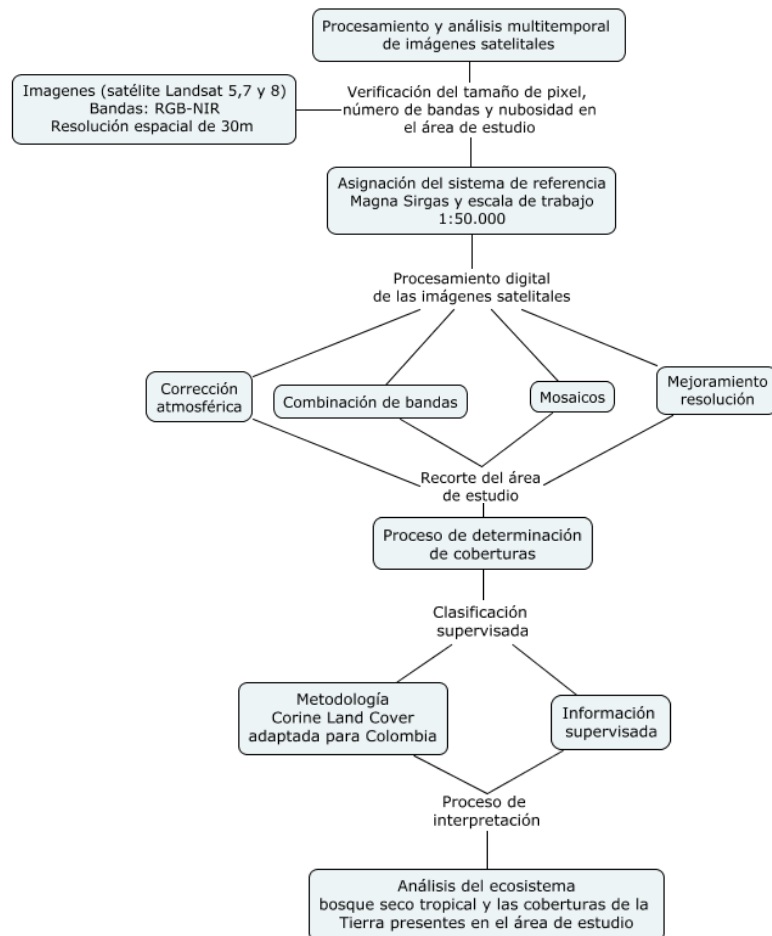


Ilustración 3. Estructura de la metodología empleada en del procesamiento de las imágenes satelitales.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.

20.3.1.1 Imágenes del satélite Landsat 5

El sensor TM, es un avanzado sensor de barrido multiespectral empleado para proporcionar una mayor resolución espacial, una mejor discriminación espectral entre los objetos de la superficie terrestre y una mayor precisión radiométrica en relación con el sensor MSS. Operan simultáneamente 7 bandas siendo tres en el espectral visible, una en el infrarrojo cercano, dos en el infrarrojo medio y una en el infrarrojo termal. Además, cuenta con una resolución espacial de 30 metros en las bandas visibles e infrarrojo medio y de 120 metros en la banda del infrarrojo termal (INEGI, 2013).

Tabla 4. Características de las imágenes satelitales Landsat 5

MODO ESPECTRAL	ESPACIAL (METROS)	ESPECTRAL (MICRAS)		RADIOMÉTRICA	TEMPORAL
Multiespectral	30	Banda 1 (azul)	0,45 – 0,52	8 BITS	16 días
		Banda 2 (verde)	0,52 – 0,60		
		Banda 3 (roja)	0,63 – 0,69		
		Banda 4 (infrarrojo cercano 1)	0,76 – 0,90		
		Banda 5 (infrarrojo cercano 2)	1,55 – 1,75		
Banda 7 (infrarrojo medio)	2,08 – 2,35				
Termal	120	Banda 6 (infrarrojo térmico)	10,4 – 12,5		

Fuente: Tomado de (INEGI, 2013)

20.3.1.2 Imágenes del satélite Landsat 7

Fue el séptimo de un grupo de satélites lanzados por los Estados Unidos, con el objetivo de actualizar la base de datos de las imágenes satelitales del planeta Tierra sin nubosidad. Es un programa controlado por la NASA y comercializado por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Cuenta con características adicionales que lo convierten en un instrumento más versátil y eficiente para los estudios mundiales sobre el cambio, seguimiento y evaluación de la cobertura terrestre (Irons, 2017). Algunas de las características de este grupo de satélites son:

- ❖ Banda pancromática de resolución espacial de 15 metros.
- ❖ Canal IR térmico con 60 metros de resolución espacial.
- ❖ Abertura total de 5% de calibración radiométrica absoluta.

Tabla 5. Características de las imágenes satelitales Landsat 7

MODO ESPECTRAL	ESPACIAL (METROS)	ESPECTRAL (MICRAS)		RADIOMÉTRICA	TEMPORAL
Multiespectral	30	Banda 1 (azul)	0,45 – 0,52	8 BITS	16 días
		Banda 2 (verde)	0,52 – 0,60		
		Banda 3 (roja)	0,63 – 0,69		
		Banda 4 (infrarrojo cercano 1)	0,78 – 0,90		
		Banda 5 (infrarrojo cercano 2)	1,55 – 1,75		
		Banda 6 (infrarrojo térmico)	2,09 – 2,35		

Pancromática	15	Banda 8 (pancromática)	0,52 – 0,90		
--------------	----	---------------------------	-------------	--	--

Fuente: Tomado de (INEGI, 2013)

20.3.1.3 Imágenes del satélite Landsat 8

Se compone de dos instrumentos de ciencia Operational Land Imager (OLI) y el sensor infrarrojo térmico (SITR). Estos sensores proporcionar una cobertura temporal de la masa terrestre mundial con una resolución espacial de 30 metros (visible, NIR, SWIR), 100 metros (térmica) y 15 metros (pancromática) (Irons, 2017).

Las bandas espectrales del sensor de OLI, son similares a las del sensor ETM+ del Landsat 7; las cuales, mejoran la calidad de los instrumentos de los satélites Landsat anteriores adicionando dos nuevas bandas espectrales, un profundo canal visible azul (banda 1); la cual, fue diseñada para investigaciones referentes al recurso hídrico e investigaciones en zonas costeras y otro nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de la nubosidad (cirrus), además de dos bandas térmicas (TIRS) con una captura mínima de resolución de 100 metros (USGS, 2015).

Tabla 6. Características de las imágenes satelitales Landsat 8

MODO ESPECTRAL	ESPACIAL (METROS)	ESPECTRAL (MICRAS)		RADIOMÉTRICA	TEMPORAL
Multiespectral	30	Banda 1 (costera – aerosol)	0,435 – 0,451	8 Bits	16 días
		Banda 2 (azul)	0,452 – 0,512		
		Banda 3 (verde)	0,533 – 0,590		

		Banda 4 (rojo)	0,636 – 0,673		
		Banda 5 (infrarrojo cercano “NIR”)	0,851 – 0,879		
		Banda 6 (infrarrojo de onda corta 1 “SWIR1”)	1,566 – 1,651		
		Banda 7 (infrarrojo de onda corta 2 “SWIR2”)	2,107 – 2,294		
Pancromática	15	Banda 8	0,503 – 0,676		
Multiespectral	30	Banda 9 (cirrus)	1,363 – 1,384		
Termal	100	Banda 10 (TIR 1)	10,60 – 11,19		
		Banda 11 (TIR 2)	11,50 – 12,51		

Fuente: Tomado de (INEGI, 2013)

20.4 FASE 4: Procesamiento de análisis multitemporal

Para el desarrollo del análisis multitemporal del bosque seco tropical, fue necesario desarrollar una serie de procedimientos permitiendo llegar a los resultados esperados. En primer lugar, se realiza una investigación en el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) y en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) sobre las imágenes satélites necesarias para realizar el procesamiento e interpretación. Las imágenes satelitales, se eligieron teniendo en cuenta criterios como la temporalidad (donde se decide trabajar un tiempo seco correspondiente a los meses de agosto y septiembre) y cuya área de cubrimiento fuera mayor o igual al 70% del área de estudio. Para determinar la temporalidad de estudio mencionada con anterioridad, se tuvo en cuenta criterios climáticos y meteorológicos obtenidos del estudio

“Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual a través de análisis de componentes principales (ACP)” realizado por (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2014).

Teniendo en cuenta los criterios mencionados anteriormente respecto a las características de las imágenes del satélite Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8 y (Tabla 4, 5 y 6 respectivamente), se eligen dichas imágenes para realizar el análisis multitemporal; ya que, cuentan con una resolución espacial de 15 metros y 30 metros y con un área de recubrimiento entre el 70% y 88% del área de estudio. Los años escogidos para realizar el análisis multitemporal e identificar el bosque seco tropical son 2000, 2007 y 2016.

A continuación (Tabla 7) se evidencian los Path and Row de las imágenes satelitales utilizadas en el trabajo de investigación.

Tabla 7. Datos de las imágenes satelitales.

SATÉLITE	PATH	ROW	FECHA DE OBTENCIÓN	TEMPORALIDAD	FUENTE
Landsat 5	8/9	58/59	31 de agosto de 2007	Seco	USGS
Landsat 7	8/9	58/59	31 de agosto de 2000	Seco	USGS
Landsat 8	8/9	58/59	23 de agosto de 2016	Seco	USGS

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.

En seguida, se describen los procedimientos realizados en el software Erdas Imagine 14 (software usado principalmente para el tratamiento y procesamiento de las imágenes satelitales empleadas en este trabajo de investigación).

20.4.1 Combinación de bandas espectrales

En este proceso por medio del software Erdas Imagine 14, se combinan las bandas espectrales de las imágenes satelitales; es decir, las bandas RGB (Red, Green, Blue) junto con el infrarrojo cercano. Para ello, se utiliza la herramienta LayerStack; la cual, permite unir dos o más bandas guardando en formato .img

20.5 FASE 5: Elaboración del mosaico espacial

Una vez obtenidas las bandas multiespectrales de las imágenes satelitales, se procede a realizar la unión de cada una de las escenas que comprenden las imágenes Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8. Este procedimiento se realiza mediante la herramienta Mosaic Pro; la cual, une las imágenes que hacen parte de cada escena para obtener un área de cubrimiento total del área a trabajar. Además, se realiza un mosaico para las bandas pancromáticas de las imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8.

20.5.1 Mejoramiento de la resolución espacial

Obtenido el mosaico pancromático y el multiespectral, es necesario mejorar la resolución de las imágenes satelitales por medio de las bandas pancromáticas que conforman a cada una de estas. Las bandas pancromáticas, cuentan con una resolución de imagen de 15 metros * 15 metros; sin embargo, solo se encuentran en las imágenes de los satélites Landsat 7 y Landsat 8. Para realizar este proceso se emplea la herramienta de Pansharpen, donde se une la banda pancromática de cada imagen (ésta con una mejor resolución) junto con la imagen multiespectral mejorando de esta manera la resolución total de cada escena.

20.5.2 Corrección geométrica y atmosférica de las imágenes satelitales

Se procede a realizar una corrección geométrica de las imágenes satelitales, este proceso involucra incluir parámetros geográficos que permiten reducir los errores que presentan las imágenes descargadas (principalmente problemas de

nubosidad y los relacionados con las bandas multispectrales). Dicha corrección se realiza con la herramienta Draw Holes (incluida en la ventana Mosaic Pro); la cual, permite resolver en su totalidad las problemáticas de bandeo específicamente para las imágenes del satélite Landsat 5 y Landsat 7.

20.6 FASE 6: Recorte del área de estudio

Para delimitar el área de estudio, se procede a realizar la transformación de la información obtenida en los procesos anteriores a un formato compatible con el software a trabajar. Para este caso se manejó un formato .AOI y el recorte se llevó a cabo por medio de la herramienta Create Subset Imagen; esto, consiste en realizar el recorte del área de estudio utilizando el formato ya mencionado (.AOI).

Finalmente, para delimitar mejor el área de estudio se utiliza un shapefile del límite administrativo de los municipios Agrado, Altamira, Garzón, Gigante, Paicol y Tesalia pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo obtenido del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

20.6.1 Proceso de interpretación y determinación del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio

Delimitada el área de estudio y en relación con la metodología Corine Land Cover (CLC) adaptada para Colombia, aplicada en el mapa de coberturas de la Tierra en la cuenca Magdalena-Cauca a escala 1:100.000 realizada por el (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2008) y teniendo en cuenta el mapa de la distribución espacial del bosque seco tropical en Colombia a escala 1:100.000 realizado por el (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014), se procede a realizar una clasificación supervisada del área de estudio.

Para dicha clasificación, se realizó un muestreo detallado de los municipios objeto de estudio (Agrado, Altamira, Garzón, Gigante, Paicol y Tesalia) con el propósito de identificar las coberturas de la Tierra; sin embargo, para la identificación del bosque seco tropical se emplea la herramienta Supervised; la cual, permite diferenciar este ecosistema de otro tipo de coberturas vegetales. En la (Tabla 8) se presentan los puntos de muestreo tomados en la clasificación supervisada.

Tabla 8. Puntos de muestreo en la clasificación supervisada

COBERTURA DE LA TIERRA	NÚMERO DE MUESTRAS
Arbustal	200
Bosque denso	167
Bosque fragmentado	133
Bosque de galería	200
Cuerpo de agua	160
Herbazal	150
Mosaico de cultivos	600
Sin información	250
Zonas urbanizadas	120
ECOSISTEMA	
Bosque seco tropical	20

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.

20.6.1.1 Análisis de la transformación del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra

En el software ArcGIS 10.4 empleando la herramienta Diff (por medio de la cual se determinan que valores de la primera entrada son lógicamente diferentes de los valores de la segunda entrada en una base celda a celda) se procede a

identificar la transformación del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio durante los años 2000 y 2016. Dicha transformación se analizará más adelante.

20.7 FASE 7: Análisis del estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” por medio del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) por sus siglas en inglés “Normalized Difference Vegetation Index”, es usado en este trabajo de investigación con el propósito de analizar el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” mediante de la calidad y cantidad de la vegetación. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y mediante el insumo multiespectral de las imágenes satelitales obtenidas en los procesos explicados con anterioridad, se procede a identificar el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada; ya que, este permite caracterizar e identificar la vegetación saludable y los suelos desnudos del área específica de trabajo. Esta herramienta utiliza la banda visible (Roja) junto con el infrarrojo cercano (NIR) tal como se evidencia en la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{IR Cercano} - \text{ROJO})}{(\text{IR Cercano} + \text{ROJO})}$$

Al procesar la imagen multiespectral, se genera una imagen que cuenta con unas variables que varían de -1 a 1; es decir, son variables que van de suelos desnudos o cuerpos de agua a vegetación densa o vegetación muy saludable respectivamente.

CAPÍTULO VII - CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

21 DELIMITACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

Teniendo en cuenta que los objetivos del presente trabajo de investigación, se basan principalmente en identificar y analizar (multitemporalmente) la transformación del ecosistema bosque seco tropical y del estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo, se decide trabajar como área de estudio los seis municipios pertenecientes a dicha jurisdicción, los cuales son: Agrado, Altamira, Garzón, Gigante, Paicol y Tesalia principalmente por las razones expuestas a continuación:

- ❖ Por el incremento acelerado en el desarrollo de las actividades antrópicas, en los municipios objeto de estudio; los cuales, han generado la transformación del bosque seco tropical y la disminución en la prestación del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” en esta zona.
- ❖ Se cuenta con imágenes satelitales (Landsat 5, Landsat 7 y Landsat 8) con una visibilidad (sin nubosidad) y un área de cubrimiento entre un 70% y 88% de los municipios mencionados anteriormente.
- ❖ Si el área de estudio se delimitaba naturalmente; es decir, teniendo como referente las cuencas hidrográficas según la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), no se contaba con la totalidad de las imágenes satelitales necesarias para cubrir el área de estudio dejando gran parte de esta sin ser analizada multitemporalmente.

Por tales razones; se decide delimitar como área de estudio a los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo.

22 ÁREA DE ESTUDIO

Los municipios de Agrado, Altamira, Garzón, Gigante, Paicol y Tesalia pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo, se encuentran ubicados en la parte suroriental del departamento del Huila entre las cordilleras central y oriental. Dicha ubicación se evidencia en el (Mapa 2).

22.1 Límites de los municipios pertenecientes al área de estudio

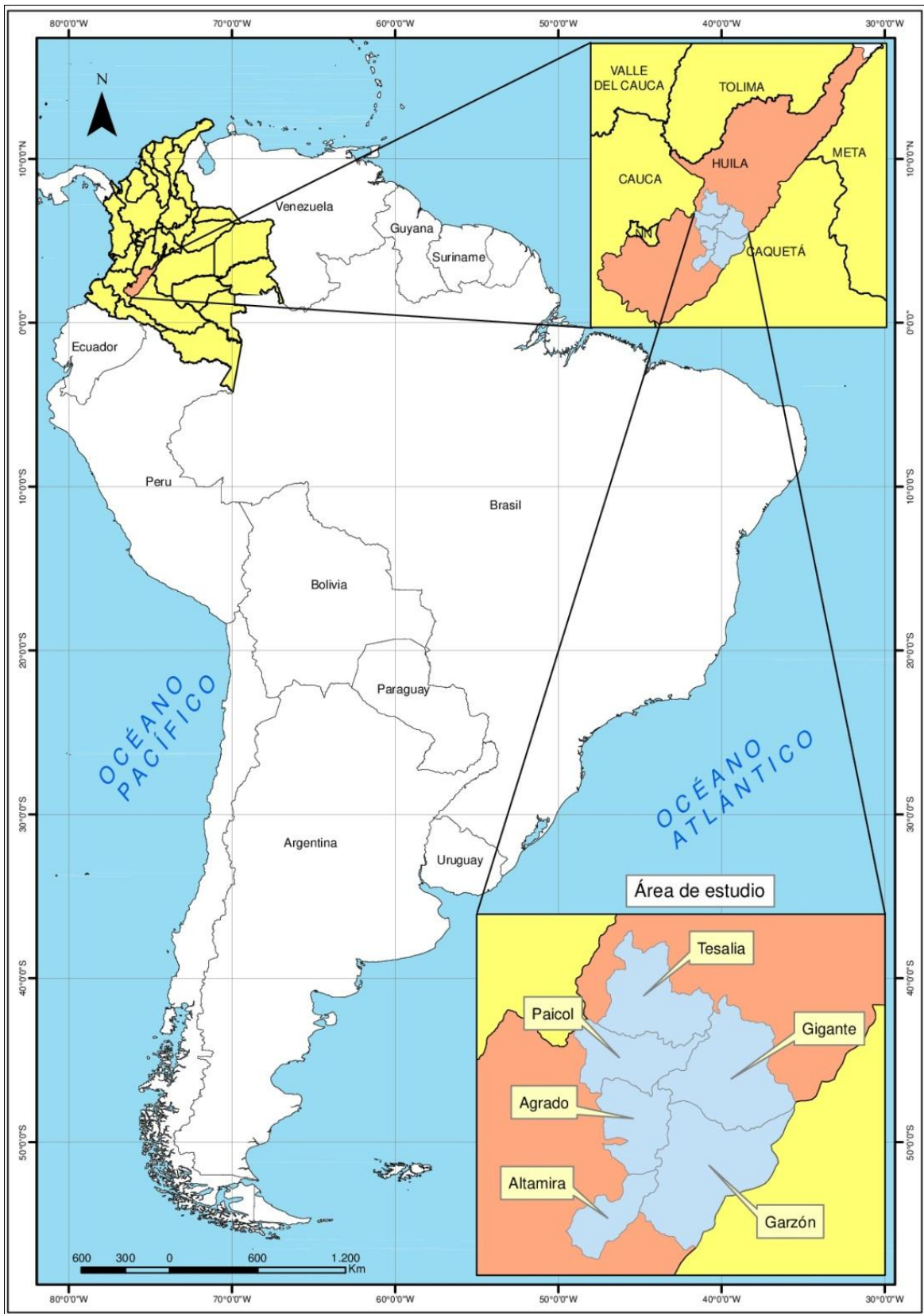
- ❖ **Municipio Agrado:** se encuentra localizado en la subregión centro del departamento del Huila, en la parte suroccidental con una altitud media de 907 m.s.n.m. El municipio está conformado por dos regiones naturales, una plana perteneciente el Valle Central del río Magdalena y una montañosa derivada de la Serranía de las Minas en las coordenadas geográficas 2°15'30"N y 75°46'21"O. Limita al norte con el municipio Paicol, al sur con el municipio Pital, al este con los municipios Garzón y Gigante y al oeste con el municipio Pital.
- ❖ **Municipio Altamira:** se encuentra localizado en la subregión centro del departamento del Huila, en la parte suroccidental con una altitud media de 1079 m.s.n.m. El municipio se encuentra en la margen derecha del río Magdalena sobre las estribaciones de la Serranía de la Ceja en la cordillera Oriental en las coordenadas geográficas 2°03'48"N y 75°47'16"O. Limita al norte con los municipios Agrado, Garzón y Pital, al sur con los municipios Suaza y Timaná, al este con los municipios Garzón y Guadalupe y al oeste con los municipios Elías y Tarqui.
- ❖ **Municipio Garzón:** se encuentra localizado en la subregión centro del departamento del Huila, con una altitud media de 828 m.s.n.m. El municipio está conformado por distintas regiones, la región del río Magdalena que la constituye por una estrecha franja influenciada por dicho río, la región árida del Llano de la Virgen (limitada por los ríos Magdalena y Suaza) y la región central que es comprendida por un relieve semimontañoso en las coordenadas geográficas

2°11'46"N y 75°37'45"O. Limita al norte con el municipio Gigante, al sur con el municipio Guadalupe, al este con el departamento del Caquetá y al oeste con el municipio Agrado.

- ❖ **Municipio Gigante:** se encuentra localizado en la subregión centro del departamento del Huila, ubicado entre la cordillera Central, el Cerro Matambo y a orillas del río Magdalena con una altitud media de 809 m.s.n.m. y en las coordenadas geográficas 2°23'12"N y 75°32'46"O. Limita al norte con los municipios Algeciras y Hobo, al sur con el municipio Garzón, al este con el municipio Algeciras y el departamento del Caquetá y al oeste con los municipios Agrado, Paicol, Tesalia y Yaguara.
- ❖ **Municipio Paicol:** se encuentra localizado en la subregión occidente del departamento del Huila con una altitud media de 865 m.s.n.m. y en las coordenadas geográficas 2°26'59"N y 75°46'26"O. Limita al norte con los municipios Tesalia y Nátaga y el departamento del Cauca, al sur con los municipios Agrado y El Pital, al este con el municipio Gigante y al oeste con el municipio La Plata.
- ❖ **Municipio Tesalia:** se encuentra localizado en la subregión occidente del departamento del Huila, con una altitud media de 830 m.s.n.m. y en las coordenadas geográficas 2°29'05"N y 75°43'48"O. Limita al norte con el municipio Iquira, al sur con el municipio Paicol, al este con los municipios Gigante y Yaguara y al oeste con el municipio Tesalia.

22.2 Límites del proyecto hidroeléctrico El Quimbo

El proyecto hidroeléctrico El Quimbo, se encuentra localizado al sur del departamento del Huila entre las cordilleras central y oriental (desde el Macizo Colombiano hasta la desembocadura del río Páez en el Magdalena) en las coordenadas geográficas 1°30' y 2°30'N y 76°35' y 75°35'O a 69 Km al sur de Neiva.



Mapa 2. Esquema de localización del área de estudio. Elaboración grupo de trabajo.

Con el propósito de analizar el bosque seco tropical y el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” desde una visión biofísica; es decir, por medio de una caracterización del área de estudio, se debe tener una amplia información de dicha área sobre los componentes ambientales (atmosférico, hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico), como lo propone (Montoya-Rojas et al, 2016) en la metodología del análisis integral del paisaje.

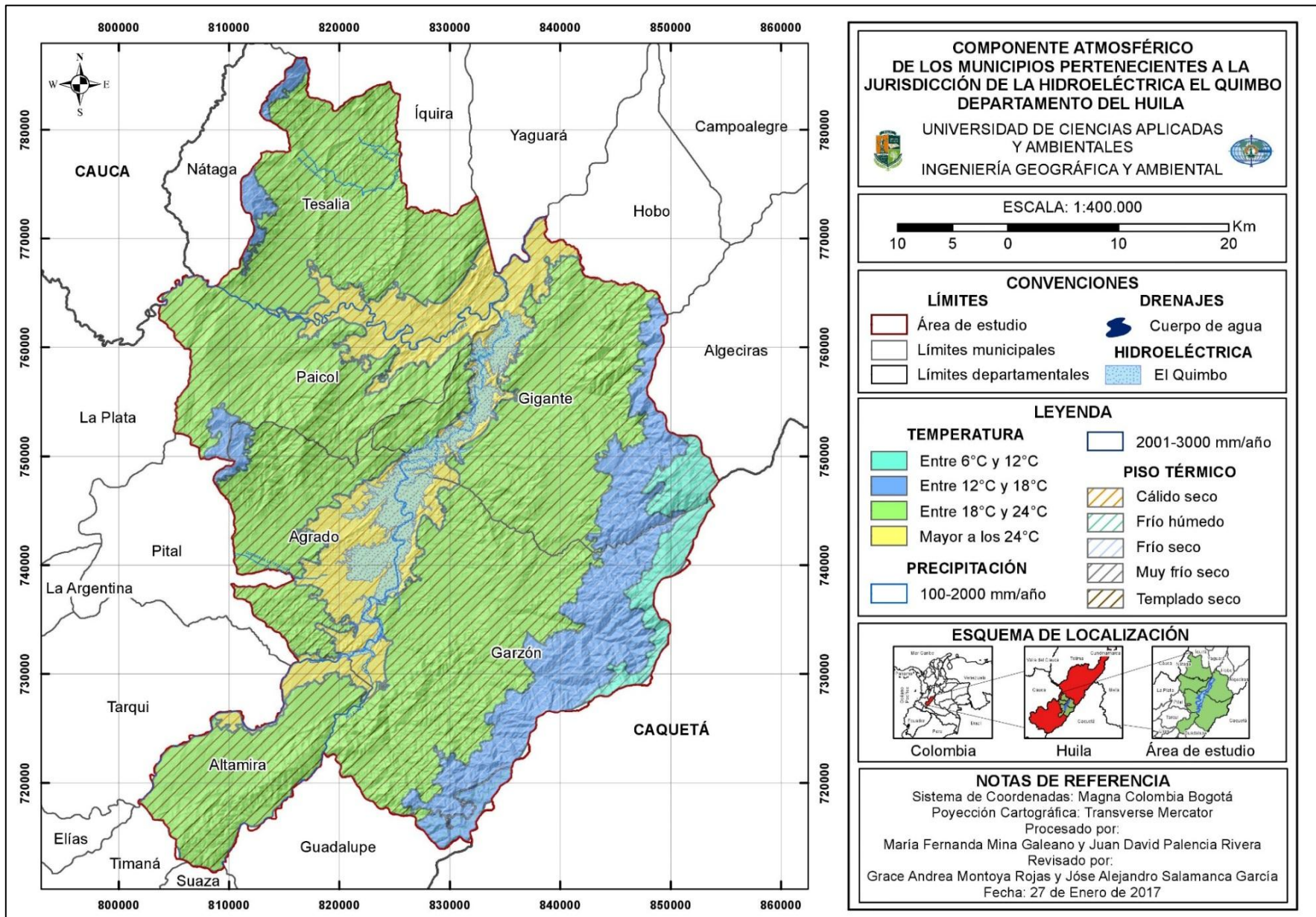
Por tal razón, se describen a continuación los cinco componentes que hacen parte de la caracterización general del área de estudio.

23 COMPONENTE ATMOSFÉRICO

23.1 Factor climático

Según registros del (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2001) el área de estudio presenta rangos de temperatura iguales a los 6°C y superiores a los 24°C; además, se identificaron dos rangos de precipitaciones anuales los cuales van de los 100 a los 2000 mm/año y de 2001 a 3000 mm/año.

A continuación, se muestra el mapa referente al componente atmosférico (factor climático). Ver (Mapa 3).



Mapa 3. Componente atmosférico del área de estudio. Elaboración grupo de trabajo.

24 COMPONENTE HIDROSFÉRICO

24.1 Factor hidrogeológico

“La geología es la información base para los estudios hidrogeológicos; ya que, define las propiedades de las rocas y las estructuras geológicas favorables para el almacenamiento y distribución de aguas subterráneas” (Servicio Geológico Colombiano, 2004).

El ambiente físico donde ocurren los procesos hidrogeológicos es netamente geológico, donde las aguas subterráneas se acumulan y se mueven en el interior de las formaciones geológicas (roca-sedimento). El tipo de roca, las estructuras geológicas y los depósitos no consolidados, condicionan el funcionamiento de los acuíferos. Asimismo, las condiciones hidrodinámicas y las propiedades geológicas de las rocas y sedimentos determinan la composición química del agua que contienen. (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2001)

24.1.1 Zonas hidrogeológicas

Teniendo en cuenta criterios geológicos e hidrológicos tomados del Grupo de Investigación de Hidrología perteneciente a (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2001) los cuales se presentan para la delimitación de zonas hidrogeológicas de acuerdo a la posibilidad que tienen las unidades roca-sedimento de permitir el almacenamiento y flujo de aguas subterráneas. Las zonas hidrogeológicas identificadas para la zona de estudio son las siguientes:

- ❖ **Zonas hidrogeológicas en ambientes ígneos metamórficos con recursos limitados y desconocidos en los cuales el agua se mueve a través de fracturas interconectadas.**

Estas zonas corresponden a las regiones hidrogeológicas, para este caso las regiones de la Cordillera Central y el Macizo de Garzón-Quetame que actúan como barreras impermeables que sirven de frontera a sistemas acuíferos con

flujo intergranular. En algunas de ellas es común la ocurrencia de aguas termales y alojan además acuíferos locales desarrollados en valles aluviales y unidades sedimentarias terciarias y cretácicas. (Servicio Geológico Colombiano, 2004)

En la (Tabla 9) se relacionan estas zonas hidrogeológicas.

Tabla 9. Distribución de las zonas hidrogeológicas del área de estudio

ZONAS HIDROGEOLÓGICAS EN AMBIENTES SEDIMENTARIOS Y VULCANOCLÁSTICOS CON BUENAS POSIBILIDADES HIDROGEOLÓGICAS (CUENCAS HIDROGEOLÓGICAS)	ZONAS HIDROGEOLÓGICAS EN AMBIENTES ÍGNEO METAMÓRFICOS CON RECURSOS LIMITADOS Y DESCONOCIDOS (REGIONES HIDROGEOLÓGICAS)
Valle Superior del Magdalena	Macizo Garzón-Quetame
	Cordillera Central

Fuente: Tomado de (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2001).

- ❖ **Zonas Hidrogeológicas con buenas posibilidades hidrogeológicas desde el punto de vista de su capacidad de transmitir y almacenar agua, desarrolladas en ambientes sedimentarios silisiclásticos y vulcanoclásticos (rocas y depósitos piroclásticos).**

Estas zonas corresponden a las cuencas hidrogeológicas, dichas cuencas almacenan y transmiten cantidades apreciables de agua subterránea y están separadas entre sí por regiones hidrogeológicas que actúan como barreras impermeables por su carácter ígneo-metamórfico. En estas cuencas las unidades hidroestratigráficas (derivadas de las unidades litoestratigráficas de acuerdo con la naturaleza de los intersticios del sistema roca-sedimento) se

comportan como acuíferos (rocas permeables que permiten el paso relativamente fácil de agua bajo condiciones naturales de campo). (Servicio Geológico Colombiano, 2004)

El área de estudio, pertenece a la cuenca hidrogeológica Valle Superior del Magdalena; dicha cuenca, corresponde a una depresión tectónica del Valle del Magdalena que se ha rellenado en el tiempo geológico y posterior al Mioceno se depositaron las secuencias más importantes por sus características litológicas y comportamiento hidráulico, tal como se evidencia en la (Tabla 10) (Ingeominas; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 1998).

Tabla 10. Características de la cuenca hidrogeológica Valle Superior del Magdalena

CUENCA HIDROGEOLÓGICA	LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN	LÍMITES GEOLÓGICOS	UNIDADES GEOLÓGICAS DE IMPORTANCIA HIDROGEOLÓGICA
Valle Superior del Magdalena	Valle aluvial situado entre las cordilleras Central y Oriental que abarca los Departamentos de Huila y Tolima	Falla de Ibagué al norte, Macizo Colombiano al sur, Sistema de Fallas al este y oeste del río Magdalena	Secuencias sedimentarias clásticas en depresión tectónica del terciario (areniscas y conglomerados) que forman acuíferos libres a confinados y depósitos de terrazas y abanicos aluviales y de lahar

Fuente: Tomado de (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2002).

24.1.2 Zonas de recarga

Según el (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2014), las principales zonas de recarga de los acuíferos en la región donde se localiza el área de estudio, constituyen a los bordes de la cuenca hidrogeológica Valle Superior del Magdalena, las zonas de falla que lo atraviesan, las zonas montañosas donde están presentes las crestas de anticlinales conformados por unidades litoestratigráficas permeables, los sectores donde hay cambios de pendiente entre las zonas montañosas y planas y las zonas planas o suavemente onduladas donde se encuentran depósitos cuaternarios; las cuales se evidencian a continuación (Tabla 11).

Tabla 11. Distribución del sistema de acuífero (zona de recarga) en el área de estudio por área y provincia hidrogeológica

ÁREA HIDROGRÁFICA	PROVINCIA HIDROGEOLÓGICA	SISTEMA DE ACUÍFERO	CÓDIGO	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	TIPO DE ACUÍFEROS
Magdalena Cauca	Valle alto del Magdalena	Neiva-Tatacoa	SAM2.3	Acuífero depósito aluvial Valle del río Magdalena (Qal2), Acuíferos depósitos aluviales de la Cordillera Oriental (Qal3), Acuífero Abanicos antiguos y recientes (Qc5), Acuífero Gigante (Ngp1) y Acuífero Gualanday (Pgc4)	Libres, semiconfinados a confinados

Fuente: Tomado de (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2014).

24.2 Factor hidrográfico

Teniendo en cuenta que el principal afluente hídrico del área de estudio (municipios de Agrado, Altamira, Garzón, Gigante, Paicol y Tesalia pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo) es el río Magdalena; según la “Zonificación y Codificación de las Cuencas Hidrográficas” realizado por el (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2013) “dicha área pertenece al Área Hidrográfica del río Magdalena y a la Zona Hidrográfica del Alto Magdalena, ésta última tiene una extensión de 6.796 Km², una longitud aproximada de 180 Km y está delimitada por las cordilleras central y oriental”.

Según el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto hidroeléctrico El Quimbo realizado por (INGETEC S.A, 2008)

El río Magdalena en el área de estudio en los primero 30 Km, presenta pendientes pronunciadas del 5% hasta la cota 1950 m.s.n.m; a partir de este punto y en los siguientes 40 Km, la pendiente se vuelve moderada hasta alcanzar valores cercanos al 1.75% hasta la cota 1250 m.s.n.m y a partir de este punto y hasta el sitio de presa de la hidroeléctrica El Quimbo, la pendiente del río Magdalena es del 0.43%.

En la (Ilustración 4) se presenta el perfil longitudinal del río Magdalena en el área de estudio y la relación con sus afluentes hídricos.

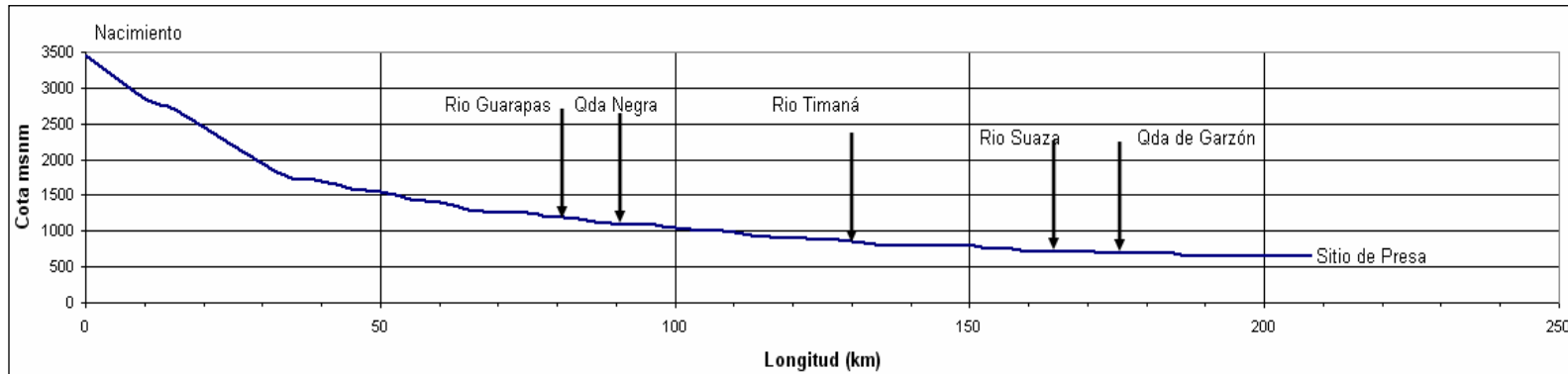


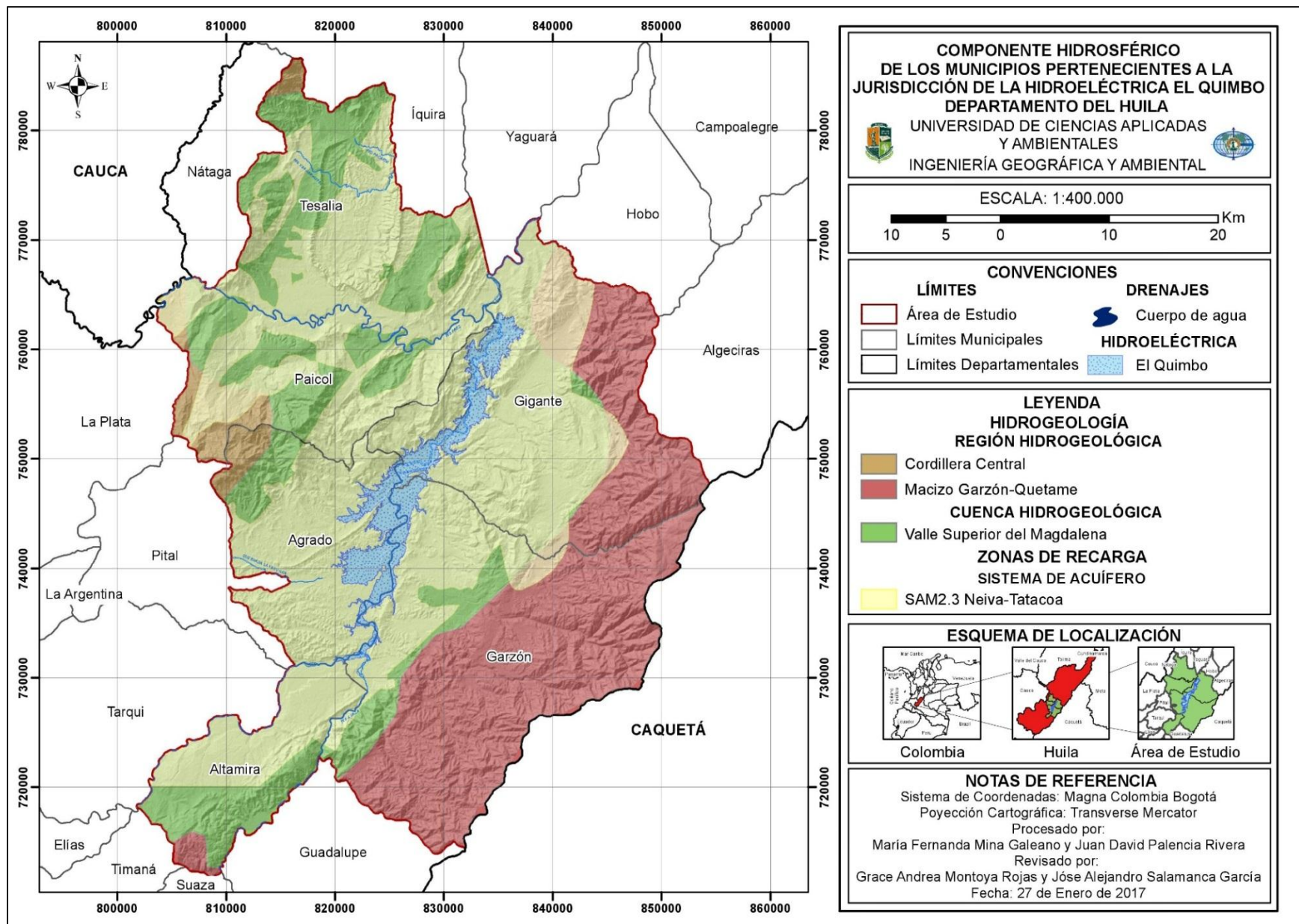
Ilustración 4. Perfil longitudinal del río Magdalena en el área de estudio.

Fuente: Tomado de (INGETEC S.A, 2008)

24.2.1 Cuenca Alta del río Magdalena (área de estudio).

El río Magdalena nace en la laguna de la Magdalena ubicada en el páramo de las Papas (Nudo de Paramillo) en el Macizo Colombiano a 3685 m.s.n.m y donde poco después en la cota 3500 m.s.n.m se dividen las cordilleras central y oriental, desciende de occidente a oriente hasta la confluencia del río Guarapas, luego discurre de sur a norte atravesando el departamento del Huila manteniendo esta dirección. (INGETEC S.A, 2008)

Dicha zona, corresponde a “la parte más seca de la cuenca y desde el punto de vista ecosistémico se extiende desde el páramo húmedo (en donde nace el río Magdalena) hasta el bosque seco tropical característico de los valles interandinos de la zona” (Gamarra & Nieto, 2013). A continuación, se muestra el mapa referente al componente hidrosférico (factor hidrogeológico y factor hidrográfico). Ver (Mapa 4).



Mapa 4. Componente hidrosférico del área de estudio. Elaboración grupo de trabajo.

25 COMPONENTE GEOSFÉRICO

25.1 Factor geológico

El área de estudio se ubica en la “subcuenca hidrogeológica de Neiva localizada en la cuenca hidrogeológica Valle Superior del Magdalena. Esta última, consiste en una depresión alargada en dirección 30°N - 40°E que separa las cordilleras central y oriental” (INGETEC S.A, 2008).

Según el (Servicio Geológico Colombiano, 2004):

El Valle Superior del Magdalena (VSM), está delimitado por grandes fallas de cabalgamiento con transporte tectónico hacia el oeste (en el borde oriental) y hacia el este (en el borde occidental). El fallamiento inverso también está presente en las partes centrales del VSM producto de las deformaciones de una tectónica compresiva ocurrida en el Cenozoico, especialmente a finales del Mioceno (Terciario superior) durante la fase terminal de la Orogenia Andina.

“El Valle Superior del Magdalena se extiende desde el vértice interno de la bifurcación de las cordilleras central y oriental en el sur del Huila hasta un poco al norte de Girardot sobre la línea Guataquí- Piedras” (INGETEC S.A, 2008). “En el Valle Superior del Magdalena, se pueden diferenciar las subcuencas de Neiva y Girardot debido a la existencia de una notable elevación compuesta por rocas precretácicas denominada Arco de Natagaima” (Mojica & Dorado, 1987).

(INGETEC S.A, 2008) reitera que:

Las rocas más antiguas constituyen un zócalo o basamento precámbrico, compuesto fundamentalmente por rocas metamórficas de alto grado (migmatitas, neises y granulitas) que afloran en ambos flancos del valle especialmente en el borde occidental del Macizo de Garzón-Quetame (piedemonte occidental de la cordillera oriental) y al occidente de Yaguará (piedemonte oriental de la cordillera central).

25.1.1 Estratigrafía

Según el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto hidroeléctrico El Quimbo realizado por (INGETEC S.A, 2008):

Durante el Triásico, la sedimentación de las capas de la Formación Luisa se restringió a la región occidental del actual Valle Superior del Magdalena. En el Triásico superior luego de una intensificación de los procesos tectónicos y de la subsidencia del área de sedimentación, el mar penetró en el Valle Superior del Magdalena y dio lugar a la deposición de calizas fosilíferas correspondientes a la formación Payandé retirándose luego de la acumulación de la parte basal de la formación Saldaña. Seguidamente se inicia una actividad volcánica explosiva y simultáneamente ocurre una ampliación del área receptora de materiales, tendencia que continúa hasta el fin de la sedimentación de la formación Saldaña. Cuando cesó la subsidencia, se colmató la cuenca hidrogeológica Valle Superior del Magdalena y se extinguió el vulcanismo; prosiguió un período erosivo que se prolongó hasta el Cretácico. La deposición de la formación Yaví señala el inicio de una nueva etapa de distensión con subsidencia y fallamiento longitudinal y transversal precursora de la ingresión del mar cretácico que cubre el Valle Superior del Magdalena y el ámbito de las actuales cordilleras central y oriental, permitiendo la acumulación de los sedimentos que constituyen las formaciones Caballos, Villeta y Guadalupe. El hecho de que el Cretácico basal (formación Caballos) repose discordantemente sobre la secuencia vulcano-sedimentaria del Triásico-Jurásico, señala la existencia de un período de fallamiento de tipo distensivo y un importante evento erosivo precretácico que significa que la formación Saldaña además de constituir el sustrato para la trasgresión marina acaecida en el Cretácico, jugó un papel temporal como región de aporte de sedimentos para la unidad más baja de dicha trasgresión.

A finales del Cretácico se inicia una fase de compresión ocasionando fallamiento de tipo inverso y el inicio del levantamiento desigual de las cordilleras central y oriental e incluso algunos sectores del mismo Valle Superior del Magdalena que conlleva al retroceso del mar. Durante este último evento y hasta principios del Terciario, en condiciones deltaicas (transicional entre marino y continental) se deposita la formación Guaduas.

Durante el Terciario prosigue la tectónica de tipo compresivo y el levantamiento de las cordilleras y la región del Valle Superior del Magdalena se convierte en una franja de cuencas intramontanas que se rellenan con sedimentos molásicos correspondientes al Grupo Gualanday y a la formación Honda.

En el Plioceno-Pleistoceno (Terciario superior) disminuye la actividad tectónica y se producen basculamientos en algunos tramos del borde oriental del Valle Superior del Magdalena, creando depresiones asimétricas donde se acumulan paulatinamente sedimentos vulcano-clásticos provenientes esencialmente de la cordillera central en forma de abanicos constituyendo la formación Gigante. Durante el Cuaternario, el ambiente continental y debido a procesos agradacionales por la dinámica fluvial y la acción de la gravedad, se conforman depósitos aluviales como los conos-aluviales y fluvio-lacustres.

25.2 Factor geomorfológico

Los procesos morfogenéticos responsables del relieve y sus respectivas geoformas son en general de carácter endógeno y exógeno.

Los procesos endógenos son los que se dan al interior de la Tierra y comprenden entre otros el fallamiento, plegamiento, plutonismo, metamorfismo, subducción y obducción; es decir, son los que hacen parte de los procesos tectónicos responsables de la formación de continentes, cordilleras y plataformas (altiplanicies); estos procesos son los responsables del relieve montañoso. Por otra parte; los procesos exógenos son los que se dan en la superficie de la Tierra, modificando y modelando el relieve y geoformas generadas por los procesos tectónicos; comprende los procesos denudacionales y agradacionales. Los procesos agradacionales, son los que tienden a nivelar por encima la superficie terrestre, mediante la deposición de los materiales sólidos resultantes de la denudación de relieves más elevados ocasionada por ellos mismos y dando lugar a terrenos de relieve plano a ondulado. (Servicio Geológico Colombiano, 2004)

Teniendo en cuenta información geomorfológica obtenida de la “Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000” realizada por el (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de

Colombia, 2013), las principales geoformas que se encuentran en el área de estudio, “permiten hacer un análisis de modelados del paisaje, los cuales permiten integrar las dinámicas exógenas y endógenas en la superficie de un territorio determinado” (Montoya-Rojas, 2016). Los modelados presentes en el área de estudio son:

- ❖ **Modelado aluvial:** está denominado por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre. Los ríos y cuerpos de agua se encargan de transportar sus cargas líquidas y sólidas, generando procesos erosivos. Dichos procesos conllevan a la formación de geoformas características de este modelado; tales como: conos aluviales, terrazas y valles.
- ❖ **Modelado antrópico:** se caracteriza por presentar geoformas generadas por la alteración significativa de la superficie terrestre por la acción del hombre. Dentro de este modelado se encuentran las zonas urbanas y las áreas de bosques naturales deforestadas.
- ❖ **Modelado denudativo:** se manifiesta la disección de los paisajes por procesos exógenos bajo las condiciones climáticas secas (como las que se presentan en los bosques secos tropicales); las formas erosivas relacionadas con disección y pérdida del suelo generan fenómenos de erosión. En cambio, las condiciones húmedas favorecen la meteorización del subsuelo y los movimientos gravitatorios con sus deslizamientos y flujos de suelos y escombros. Las geoformas identificadas en el área de estudio que pertenecen a este modelado son los glaciares coluviales, laderas, lomas y colinas.
- ❖ **Modelado de disección:** los cambios climáticos hacia las condiciones húmedas junto con la orogénesis andina, generaron en las montañas el potencial hidrogravitatorio que definió una aceleración en la disección y en el transporte de materiales, desde bloques levantados (Cordilleras) hacia las depresiones (llanuras aluviales y piedemontes). Por tal motivo las geoformas que se encuentran dentro de este modelado son las depresiones.

- ❖ **Modelado eólico:** corresponde al desgaste de las rocas o a la remoción del suelo debido a la acción del viento (el viento actúa agente modelador del relieve).
- ❖ **Modelado estructural:** corresponde a las zonas dominadas por los bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y los macizos ígneo-metamórficos. En este contexto, tanto la litología como la estructura de deformación de las rocas inciden para favorecer una disección distintiva de los bloques levantados y plegados. Corresponden a este modelado las geoformas de barras, crestones, escarpes, taludes, filas y vigas y mesas.
- ❖ **Modelado periglacial:** el Cuaternario ha sido periodo dominado por numerosos ciclos glaciales, periodos fríos que ha afectado la cordillera alta de los Andes con los procesos altamente erosivos y de acumulación asociados con la gelifracción.
- ❖ **Modelado gravitacional:** hace referencia a los procesos gravitacionales que actúan en todas las superficies en las que hay pendiente y constituyen el sistema de erosión. Dentro de este modelado se encuentra la geoforma de coluvios, estos se pueden generar principalmente por materiales transportados por la gravedad.
- ❖ **Modelado lacustre:** corresponde a los lagos/lagunas (depuración de aguas lenticas); estas formaciones se generan por la formación de cadenas montañosas. En este modelado, el área de estudio se caracteriza por la geoforma de lagunas glaciales.
- ❖ **Modelado postglacial:** se da gracias al desprendimiento de casquetes de hielo. Se caracterizan dentro de este modelado las geoformas de abanicos y conos.

25.3 Factor edafológico

Teniendo en cuenta información otorgada por (Montoya-Rojas, 2016) y del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) del proyecto hidroeléctrico El Quimbo realizado por (INGETEC S.A, 2008), el área de estudio; se caracteriza por presentar suelos poco evolucionados como los entisoles (suelos bien drenados; los cuales, no muestran ningún desarrollo definido de perfiles; ya que, básicamente presentan su material parental “regolito” inalterado pertenecientes en su mayoría a zonas inundables) y los inceptisoles (suelos con características poco definidas con un alto contenido de materia orgánica; sin embargo, poseen un mal drenaje). Estos dos tipos de suelo se encuentran mayormente presentes en las riberas de los cuerpos de agua en el área de estudio. Por otro lado; se encuentran suelos como los andisoles (suelos negros desarrollados en depósitos volcánicos, con un alto contenido de ceniza volcánica y/o materiales piroclásticos) los cuales, se presentan en regiones subhúmedas y húmedas; ya que, poseen buena acumulación de humus y los molisoles (suelos oscuros, con una buena descomposición y contenido de materia orgánica, debido a procesos de melanización).

Además se evidencia la presencia de suelos como los gelisoles (termafrost; estos suelos se caracterizan por permanecer permanentemente congelados, el grado de congelación depende de la temperatura a la que se encuentren). Posteriormente se encuentran en el área de estudio suelos como los alfisoles (suelos arcillosos que poseen alto contenido de materia orgánica); los cuales, se localizan principalmente en las regiones húmedas “los valles interandinos”, en este caso el Valle del Magdalena y de los histosoles (suelos caracterizados por ser altamente orgánicos, los cuales poseen una elevada fertilidad; la velocidad de sus aportes es mayor a la de su destrucción, por lo que actúan como sumideros de Carbono). En el área de estudio, éste último se encuentra principalmente en el Páramo de Miraflores entre los departamentos de Garzón y Gigante. Por último; con una presencia mínima se encuentran suelos como los ultisoles (suelos de color pardo rojizo oscuro, con un alto contenido de Aluminio (Al) y con un contenido menor de Hierro (Fe)).

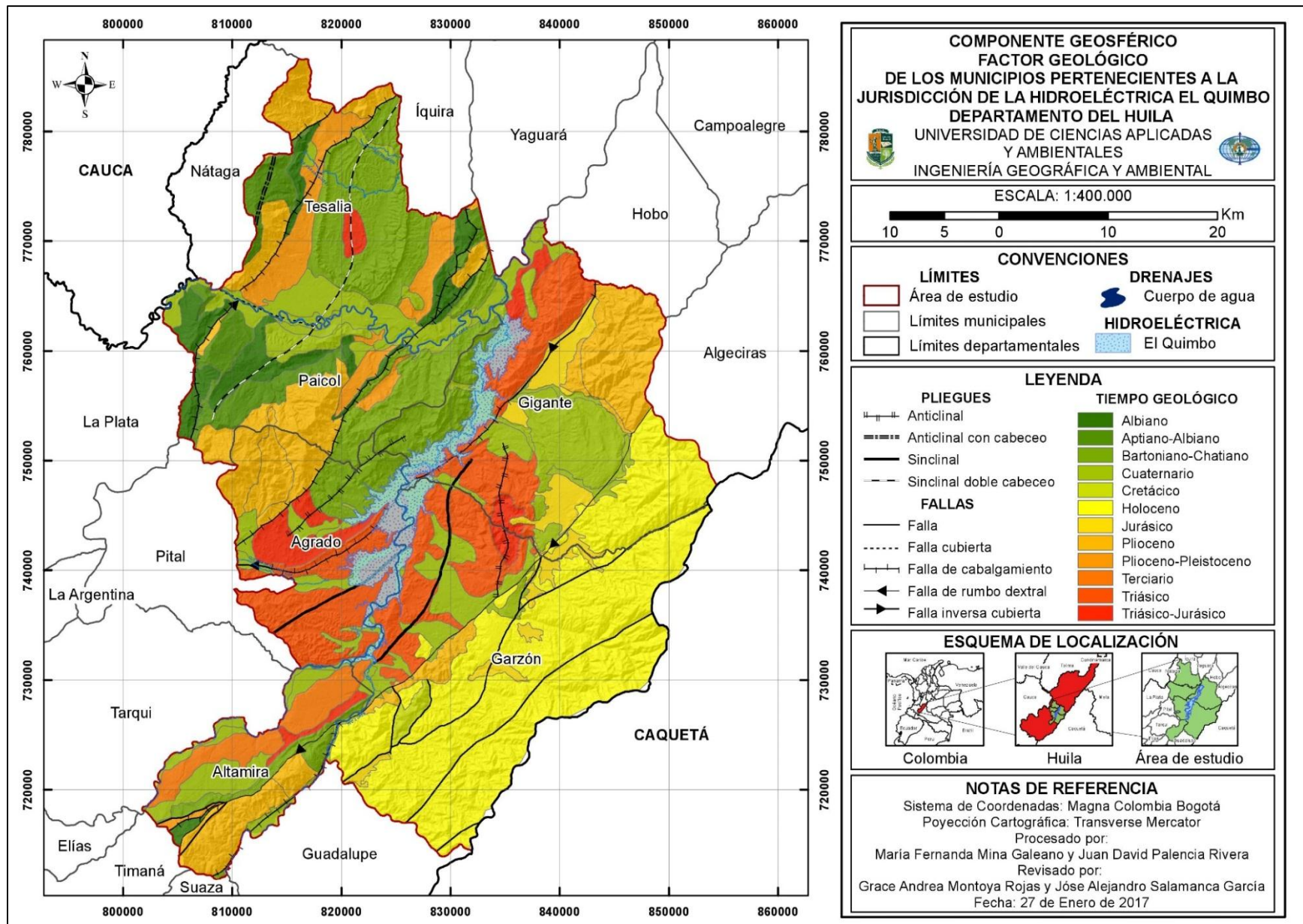
Por otra parte, teniendo en cuenta el informe “Claves para la Taxonomía de Suelos” realizado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 2014) e información obtenida del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Servicio Geológico Colombiano (SGC), los órdenes de los suelos mencionados anteriormente (entisoles, inceptisoles, andisoles, molisoles, gelisoles, alfisoles, histosoles y ultisoles) y los subgrupos pertenecientes a estos, que se encuentran en el área de estudio son los que se muestran a continuación (Tabla 12).

Tabla 12. Orden y subgrupos de los suelos presentes en el área de estudio.

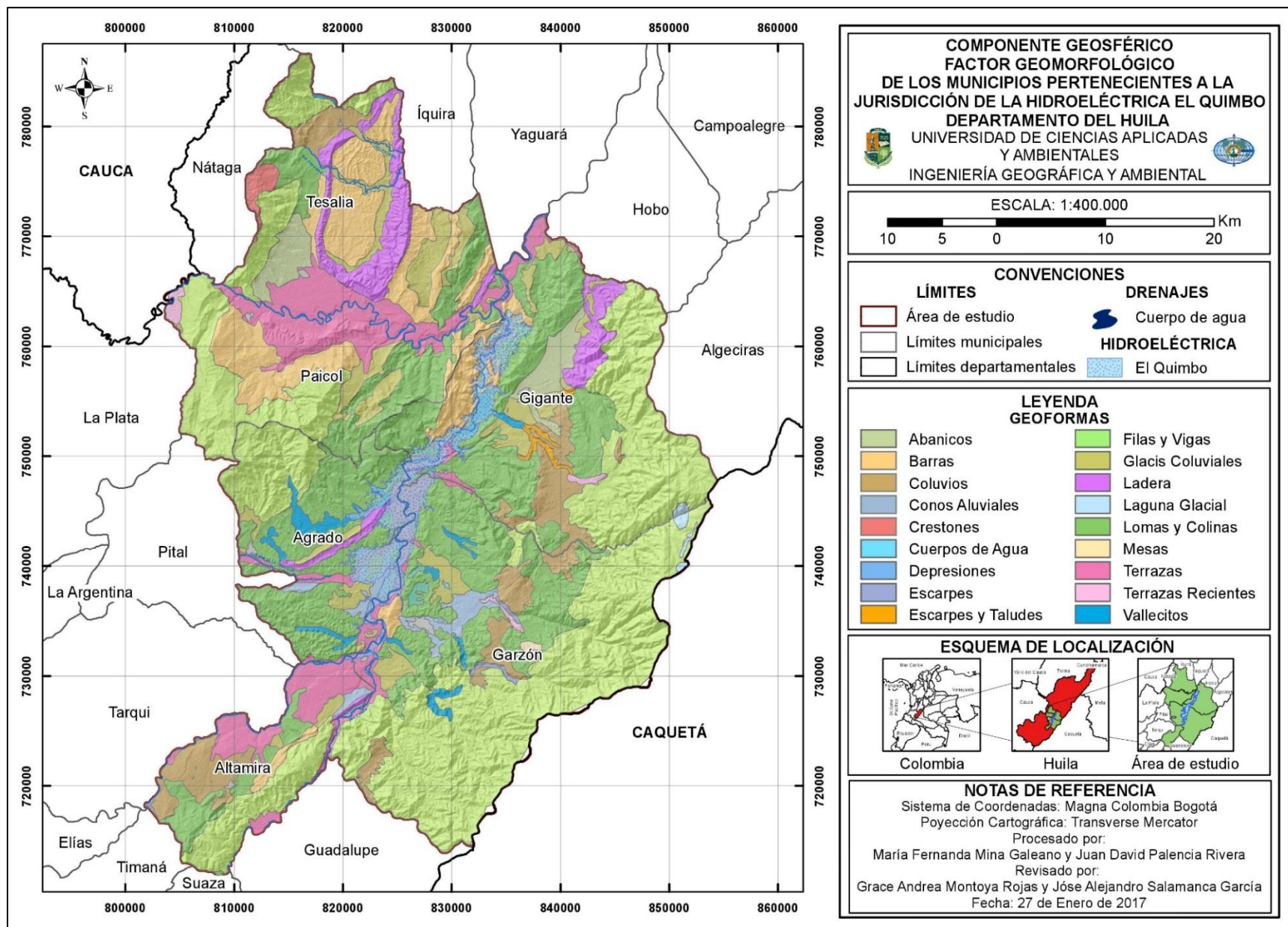
ORDEN	SUBGRUPOS	ORDEN	SUBGRUPOS
Entisol	Lithic Udorthents Lithic Ustorthents	Gelisol	Aquic Haploorthels Typic Aquorthels
Inceptisol	Aquic Humic Dystrudepts Oxic Dystrudepts Vertic Haplustepts	Alfisol	Aquic Haplustalfs Petrocalcic Natrustalfs
Andisol	Hydric Hapludands Lithic Fulvudand	Histosol	Hydric Haplofibrists
Molisol	Oxic Argiudolls Fluventic Haplustolls	Ultisol	Lithic Haplustults Lamellic Hapludults Arenic Rhodic Paleudults

Fuente: Tomado de (USDA, 2014).

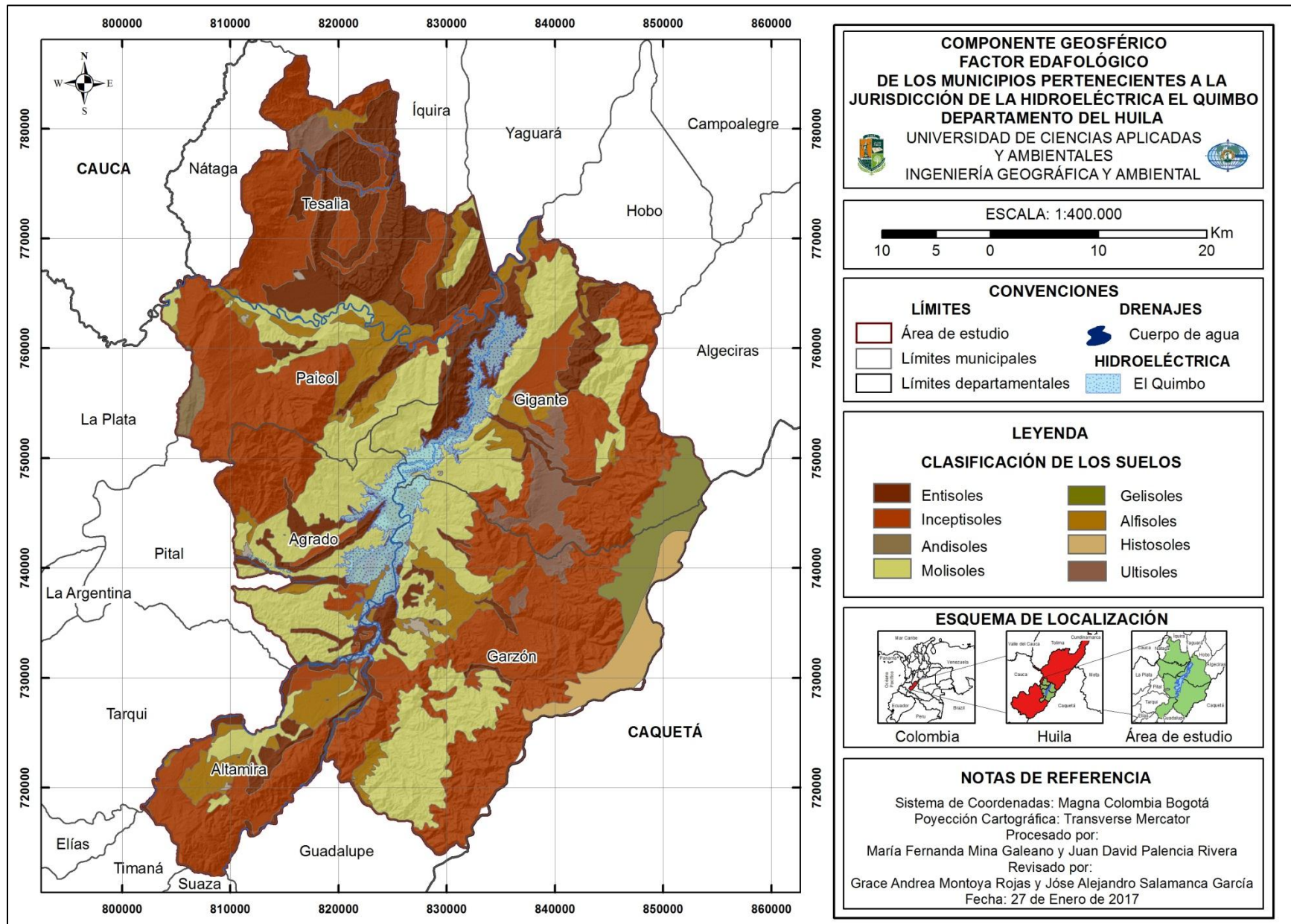
Asimismo, los (Mapas 5, 6 y 7) evidencian los factores que comprende el componente geosférico (factor geológico, factor geomorfológico y factor edafológico) respectivamente.



Mapa 5. Componente geosférico (factor geológico) del área de estudio. Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 6. Componente geosférico (factor geomorfológico) del área de estudio. Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 7. Componente geosférico (factor edafológico) del área de estudio. Elaboración grupo de trabajo.

26 COMPONENTE BIOSFÉRICO

26.1 Factor ecosistémico

Teniendo en cuenta información obtenida del “Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000” realizado por (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015), los ecosistemas identificados y presentes en el área de estudio, se describen a continuación:

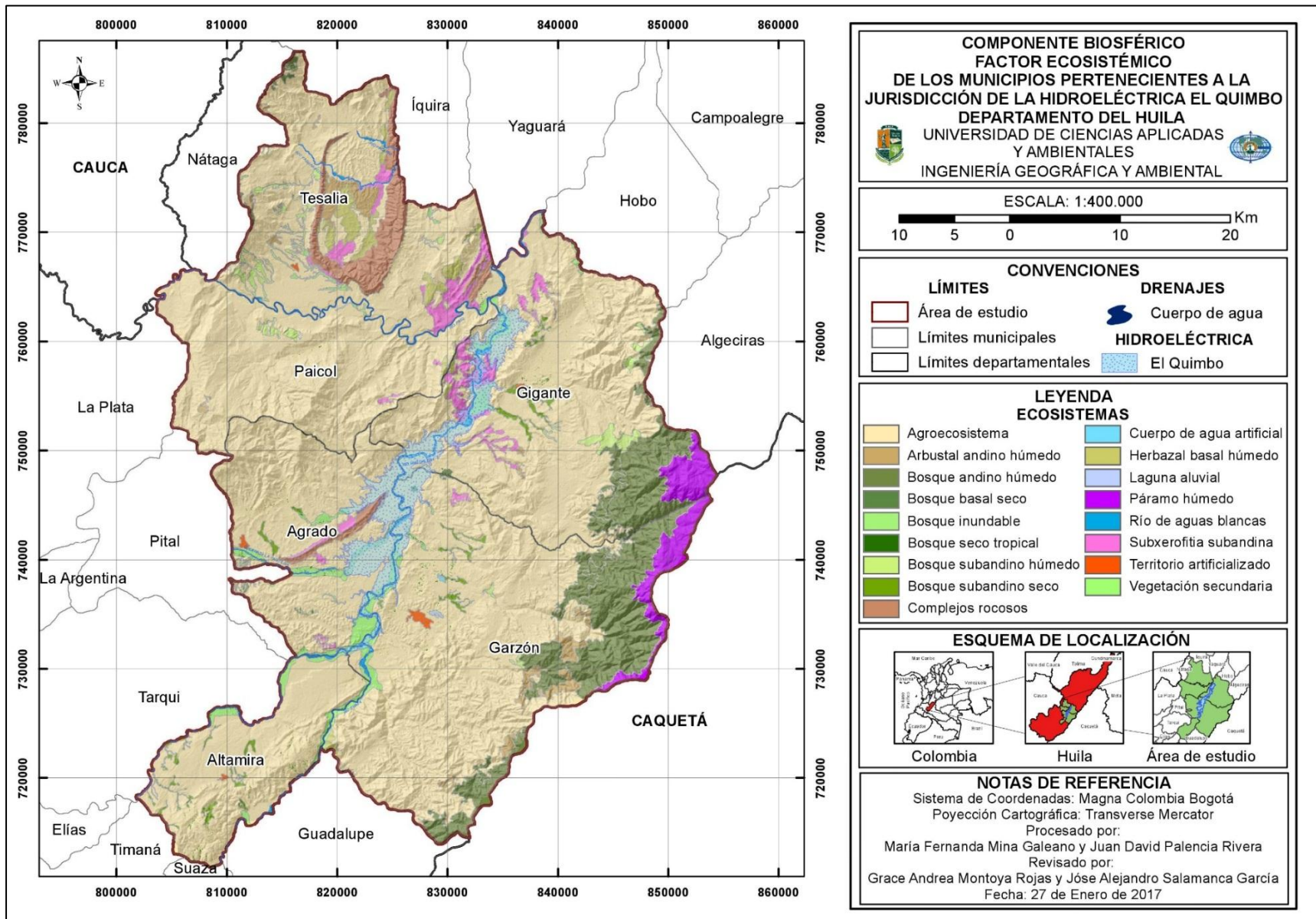
- ❖ **Agroecosistema:** “corresponde al área intervenida con el fin de desarrollar procesos de producción agrícola y pecuaria” (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 1996).
- ❖ **Arbustal andino húmedo:** el (Instituto SINCHI, 2015) hace referencia a dicho término como:
Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos arbustivos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, y cuya cubierta representa entre el 30% y el 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.
- ❖ **Bosque andino húmedo:** “corresponde a los bosques ubicados por encima de los 1000 m.s.n.m, hasta un límite que puede estar hacia los 4.000 m.s.n.m aproximadamente” (FAO, 2002).
- ❖ **Bosque seco tropical:** el (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014) hace referencia a dicho bosque como:
Formación vegetal que presenta una cobertura boscosa continua y que se distribuye entre altitudes que van desde los 0 hasta los 1000 m.s.n.m; presenta temperaturas superiores a los 24°C y precipitaciones entre los 800 y 2000 mm anuales, con uno o dos periodos marcados de sequía al año.

- ❖ **Bosque subandino húmedo:** “bosque de clima templado que se desarrolla entre la franja altitudinal comprendida entre los 1000 y 2900 m.s.n.m, son bosques pluriestratificados, donde el estrato arbustivo está poco desarrollado y el estrato herbáceo es denso” (INVEMAR, s.f).
- ❖ **Bosque subandino seco:** “su arbolado posee un estrato emergente discontinuo y disperso, el techo o dosel alcanza desde los 20 metros hasta los 35 o 40 metros. Son abundantes las trepadoras, las orquídeas, los musgos, los helechos, los líquenes y las epífitas” (Angulo, 2010).
- ❖ **Complejos rocosos:** “se caracterizan por tener suelos excesivamente compactos o rocosos y pueden tener a su vez suelos secos o muy superficiales” (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2015).
- ❖ **Cuerpo de agua artificial:** “corresponde a las masas o cuerpos de agua cuyas extensiones se encuentran ubicadas en la superficie terrestre y que son realizadas en su mayoría por proyectos hidroenergéticos (diques, hidroeléctricas, represas)” (Angulo, 2010).
- ❖ **Herbazal subandino húmedo:** “ecosistema donde predomina la vegetación herbácea. Estos ecosistemas pueden ser de origen natural constituyendo extensos biomas o ser producto de la intervención humana con fines para la crianza de ganado o recreación” (Altieri, 1983).
- ❖ **Páramo húmedo:** “ecosistema de alta montaña, relativamente abierto y caracterizado por la dominancia de pastos y plantas con hojas arrosetadas” (Rangel-Ch, 2000).
- ❖ **Río de aguas blancas:** “son corrientes turbias en donde abundan minerales; si la acidez del agua es neutra, la fauna y la flora que habita en esos ríos es variada pues se presentan buenas condiciones vitales” (Borsdorf et al, 2012).
- ❖ **Subxerofítica subandina:** el (Banco de la República de Colombia, 2015) reconoce dicho ecosistema como:
Ecosistemas áridos, con poca diversidad de especies. Debido a sus condiciones físicas extremas, presentan unas interesantes interacciones y adaptaciones, se presentan bajas precipitaciones y los organismos deben tolerar periodos en los

que la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración exceden a la precipitación, ocasionando un déficit de agua, se caracterizan por una baja humedad relativa, escasa precipitación, intensa radiación, altas temperaturas y vientos fuertes.

- ❖ **Territorio artificializado:** “comprende las áreas de las ciudades, las poblaciones y aquellas áreas periféricas que están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreación” (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2011).
- ❖ **Vegetación secundaria:** el (Instituto SINCHI, 2015) reconoce dicho ecosistema como:
Aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se origina luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original, se desarrollan en zonas desmontadas para diferentes usos y en áreas agrícolas abandonadas. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre.

A continuación, se muestra el mapa referente al componente biosférico (factor ecosistémico). Ver (Mapa 8).



Mapa 8. Componente biosférico del área de estudio. Elaboración grupo de trabajo.

27 COMPONENTE ANTROPOSFÉRICO

27.1 Factor social

Las dinámicas de poblamiento de las subregiones centro y occidente del departamento del Huila a las que pertenecen los municipios objeto de estudio, se asocian a momentos de la historia que marcaron la composición sociocultural de estas comunidades.

La historia del departamento del Huila, ha estado marcada por la emigración constante de sus habitantes hacia otras regiones del país (específicamente hacia tres centros receptores). Dichos centros receptores son los siguientes:

- ❖ **La Amazonia colombiana:** receptáculo de hombres y mujeres huilenses en busca de tierras donde realizar labores agrícolas y ganaderas.
- ❖ **El Valle del Cauca:** centro de atención de la población joven huilense que se traslada en busca de empleo y estudios superiores.
- ❖ **La capital del país (Bogotá):** la cual atrae a todo tipo de población en busca de oportunidades laborales y mejores condiciones de vida.

En el factor social es muy importante mencionar los hitos históricos que han modificado las dinámicas socioculturales en el área de estudio (Tabla 13).

Tabla 13. Hitos históricos que han modificado las dinámicas socioculturales en el área de estudio.

HITO HISTÓRICO	DESCRIPCIÓN
La Conquista	La ocupación del Alto Magdalena por grupos indígenas pertenecientes a las comunidades Guambiana/o, Nasa Páez, Páez, Páez y Guambiano, Pijao, Tama Páez, Tamas y Yanacona, y su tenaz resistencia a la conquista española en cabeza de Gonzalo Jiménez de Quesada y posteriormente por Sebastián de Belalcázar.
La Colonia	Ingresa un nuevo actor a este escenario de conflicto (La Iglesia Católica) y el inicio de la evangelización del Huila a cargo inicialmente de la Comunidad Jesuita y posteriormente por la Orden de San Francisco. Se resume el papel de la Iglesia Católica, como ente aglutinador con la conformación de las diócesis de Garzón y Tolima.
La Colonización del Caquetá	Inició desde el siglo XIX y atrajo población huilense por diversos factores; tales como: <ul style="list-style-type: none"> * La explotación de la quina entre 1830 y 1860. * La explotación cauchera de la casa peruana Casa Arana a principios del siglo XX. * La violencia partidista entre 1948 y 1958.

Fuente: Tomado de (Banco de la República de Colombia, 2012).

Por otra parte, la presencia de fuerzas irregulares en la región como el narcotráfico, la guerrilla y grupos paramilitares; han contribuido al cambio en las dinámicas sociales, culturales y económicas de la región. Estos actores han modificado el uso del suelo con la promoción de los cultivos ilícitos, los cuales a su vez han contribuido con el incremento de población en las cabeceras municipales a causa de procesos de desplazamientos forzosos en las áreas rurales y han modificado las condiciones de seguridad y de orden público de la región (Banco de la República de Colombia, 2012).

27.1.1 Amenaza antrópica

En Colombia, hace más de 40 años se vive un conflicto que enfrenta el Estado contra los grupos armados como las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia - Ejército del Pueblo (FARC-EP), el Ejército de Liberación Nacional (ELN) y los grupos de extrema derecha como las Autodefensas Unidas de Colombia (AUC). El origen de las guerrillas colombianas se remonta al periodo de guerra civil desatada entre liberales y conservadores entre los años de 1948 a 1953 originada por el asesinato del líder liberal Jorge Eliécer Gaitán (CIP-FUHEM, 1984).

27.1.1.1 Conflicto armado en el departamento del Huila.

Una de las características del departamento de Huila es que ha contado con la presencia de las FARC-EP desde sus orígenes. Si bien se han registrado acciones de las autodefensas recientemente, su accionar no ha adquirido los niveles de intensidad que se registra en otros departamentos y regiones del país. Según el (Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario, 2003) la violencia en este departamento, tiende a estar menos signada por la disputa entre actores armados y más por la expansión del dominio territorial de las FARC-EP.

El mismo autor asegura que dicho grupo guerrillero, comenzó a tener protagonismo armado en el Huila a partir de 1983 a través del frente 17 que se creó cuando el frente 7 que tiene su base en el Meta decidió trasladarse para crear dicho frente y operar en el Huila. Hacia 1989 la expansión de la organización comienza a partir del bloque sur, cuando se implantan en el departamento frentes que inicialmente operaban en el Caquetá (como es el caso del frente 2, frente 3 y frente 13). Durante los años noventa aparecen los frentes 61, 64 y 66; que reforzaron las estructuras armadas creadas mencionadas con anterioridad, además de operar las compañías móviles Joselo Lozada y Teófilo Forero (unidades de la guerrilla colombiana de las FARC-EP).

Por otra parte, el ELN ha tenido presencia en el departamento del Huila desde el año 1984 a través del frente Manuel Vásquez Castaño, que opera en el sur del departamento en límites con la región de la bota caucana. A inicios de los años noventa el ELN hace presencia en Neiva con el frente urbano La Gaitana. Por su parte, los grupos de autodefensa desde finales de los años ochenta registran alguna actividad en los municipios de Colombia Neiva, Palestina y Pitalito (pertenecientes al departamento del Huila) (Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario, 2003).

27.2 Factor económico

Los sectores económicos que se presentan en mayor medida en el área de estudio por municipio son:

- ❖ **Municipio Agrado:** según el Plan de Desarrollo Municipal de Agrado “AHORA SI AGRADO SUMATE (2016-2019)” elaborado por (Alcaldía de El Agrado, 2015), el desarrollo económico del municipio se ha fundamentado especialmente en dos sectores principales, el sector agrícola y el sector pecuario convirtiéndose estos dos en la base de la economía municipal.
 - * **Sector agrícola:** en el municipio se siembran anualmente alrededor de 2.782 hectáreas de cultivos agrícolas transitorios, permanentes y semipermanentes correspondientes al 1,08% del total sembrado en el departamento del Huila.
 - * **Sector pecuario:** se registraron 23.300 hectáreas dedicadas a la ganadería, de las cuales el 65,23% son praderas tradicionales; igualmente, se registraron 7030 hectáreas en pastos mejoradas y 665 hectáreas en pastos de corte que apoyan la producción en épocas secas.
- ❖ **Municipio Altamira:** según el Plan de Desarrollo Municipal de Altamira “TODOS TRABAJANDO, TODOS PROGRESANDO (2016-2019)” elaborado por (Alcaldía de Altamira, 2015), la economía del municipio gira en torno al

sector agropecuario, este sector corresponde al subsector agrícola y al subsector pecuario; teniendo en cuenta que, el primero ocupa el 46% de la producción total agropecuaria y el último ocupa el 54%.

- * **Subsector agrícola:** los 23 sistemas de producción agrícola ofrecen 20 productos; los cuales, son sembrados en un área de 1.249 hectáreas equivalentes al 6,8% del área municipal.
- * **Subsector pecuario:** el sistema de ganado de doble propósito genera 734 toneladas de carne (22,5% de la producción pecuaria) y 3.410 litros de leche; la cual, contribuye con el 70% del volumen total del subsector pecuario.
- ❖ **Municipio Garzón:** según el Plan de Desarrollo Municipal de Garzón “GARZÓN VUELVE A SER PARA TODOS (2016-2019)” elaborado por (Alcaldía de Garzón, 2015), la principal actividad económica del municipio es la agricultura; donde, el principal producto es el café, le siguen en su orden el plátano, el arroz, el maracuyá, la yuca y el cacao. La producción agrícola abarca 12.488 hectáreas equivalentes al 21,5% del total de la superficie municipal.
- ❖ **Municipio Gigante:** el municipio de Gigante se basa en la producción agropecuaria con más de 38.000 toneladas/año, donde el subsector agrícola participa con el 88,64%, el subsector pecuario con el 6,91% y el subsector piscícola con el 4,45% del valor total de la producción municipal (Alcaldía de Gigante, 2016).
- ❖ **Municipio Paicol:** su economía está basada principalmente en la agricultura y ganadería; además, de la producción y comercialización de lácteos (Alcaldía de Paicol, 2017).
- ❖ **Municipio Tesalia:** la base económica del municipio se fundamenta en el sector primario y los componentes principales son: la agricultura, la ganadería y la minería especialmente la explotación de fosforita, estas actividades hacen parte fundamental de la ocupación del suelo del municipio (Alcaldía de Tesalia, 2017).

CAPÍTULO VIII – AMENAZAS NATURALES, ECOSISTEMAS, MODELADOS Y PAISAJES

La resiliencia hace referencia a “la capacidad de los sistemas socio-ecológicos de absorber los disturbios y reorganizarse mientras se llevan a cabo cambios que permiten mantener la misma función estructura, identidad y retroalimentación” (Folke et al, 2004), aumentando su capacidad de adaptación al cambio de manera que se mantenga y aumente el suministro de servicios ecosistémicos.

Bajo este escenario, el (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015) reconoce que:

En la naturaleza no existen equilibrios estáticos y que el cambio y la incertidumbre son factores determinantes a ser tenidos en cuenta dentro de la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos. Hablar de resiliencia de un sistema socio-ecológico, implica que los disturbios son reconocidos como un elemento inherente a la dinámica de la biodiversidad y determinan la temporalidad de los procesos sucesionales, donde se reorganizan de manera continua los elementos físicos, biológicos y culturales, permitiendo la permanente adaptación de los sistemas socio-ecológicos a las amenazas naturales.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y la tesis doctoral de (Montoya-Rojas, 2011) titulada “La zonificación ambiental en la cuenca hidrográfica media del río Negro, un modelo de aplicación en Útica (Cundinamarca, Colombia)”, los modelados del paisaje permiten analizar comportamientos y dinámicas por componentes ambientales; por tal razón, se procede a identificar las principales amenazas naturales que se presentan en el área de estudio por componente ambiental (atmosférico, hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico) y por modelado del paisaje (aluvial, antrópico, denudativo, disección, eólico, estructural, gravitacional, lacustre, periglacial y postglacial); los cuales, se evidencian en la (Tabla 14).

- ❖ **Modelado aluvial:** está denominado por la acción de las corrientes de agua y el transporte de sedimentos sobre la superficie terrestre. En el componente atmosférico, se evidencian amenazas relacionadas con tempestades, avalanchas, principalmente en los municipios de Agrado y Gigante. El componente hidrosférico abarca inundaciones y avenidas torrenciales y en el componente biosférico, se presentan intoxicaciones en los municipios de Agrado, Altamira y Garzón, por contaminación en el río Suaza.
- ❖ **Modelado antrópico:** se caracteriza por la alteración significativa de la superficie terrestre por la acción del hombre. Las principales amenazas que se encuentran en este modelado, pertenecen al componente biosférico, como la presencia de plagas; las cuales, afectaron a los ganados de las regiones ocasionando la muerte de decenas de bovinos. Por otra parte, en el componente antroposférico se presenta la alteración de ecosistemas, como consecuencia de la construcción de la hidroeléctrica El Quimbo y del incremento de las actividades antrópicas que desarrolla la población de esta zona.
- ❖ **Modelado denudativo:** se manifiestan los procesos erosivos en el componente geosférico, bajo las condiciones climáticas secas y húmedas; tales como el desprendimiento de material, hundimiento de tierras, procesos de reptación y aludes en las colinas y lomas. Por otra parte en el componente biosférico, se presentan en su mayoría incendios forestales como consecuencia de los largos periodos de sequía que azotan a la región.
- ❖ **Modelado de disección:** los cambios climáticos hacia las condiciones húmedas junto con la orogénesis andina, generan en las montañas el potencial hidrogravitatorio, acelerando los procesos de disección y transporte de materiales. Por tal motivo dentro del componente geosférico, se caracterizan principalmente fenómenos de remoción en masa y deslizamiento de material.

- ❖ **Modelado eólico:** corresponde al desgaste de las rocas o a la remoción del suelo debido a la acción del viento (el viento actúa agente modelador del relieve). Las amenazas identificadas en este modelado pertenecen al componente atmosférico, en su mayoría debido a presencia de vendavales.
- ❖ **Modelado estructural:** corresponde a las zonas dominadas por los bloques tectónicos de rocas sedimentarias plegadas y los macizos ígneo-metamórficos. En este contexto, dentro del componente geosférico, se presentan sismos y colapsos estructurales y en el componente biosférico, se presentan incendios ocasionados por las altas temperaturas.
- ❖ **Modelado gravitacional:** hace referencia a los procesos gravitacionales que actúan en todas las superficies en las que hay pendiente y constituyen el sistema de erosión. Dentro de este modelado en el componente geosférico, se identifica el volcamiento de material, procesos de remoción en masa y deslizamientos rotacionales provocados en su mayoría por movimientos tectónicos.
- ❖ **Modelado lacustre:** corresponde a los lagos/lagunas y humedales. En el componente hidrosférico se asocian las inundaciones causadas por el desbordamiento de los humedales de la zona como consecuencia de las fuertes lluvias.
- ❖ **Modelado periglacial:** asociado a procesos de gelifracción. Dentro de este modelado se encuentran en el componente biosférico plagas e incendios presentados en el Páramo de Miraflores, los cuales ocasionan el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, haciéndolos más susceptibles a pérdida de la cobertura vegetal.
- ❖ **Modelado postglacial:** se da gracias al desprendimiento de casquetes de hielo. Se caracterizan dentro de este modelado amenazas en el componente biosférico debido a incendios presentados en la cobertura vegetal.

Tabla 14. Amenazas naturales en el área de estudio por componente ambiental y modelado del paisaje.

MODELADO	COMPONENTES AMBIENTALES				
	ATMOSFERICO	HIDROSFERICO	GEO SFERICO	BIO SFERICO	ANTROPO SFERICO
Aluvial	Tempestad en el municipio de Agrado (13/04/1976) ocasionado por las malas condiciones atmosféricas, ocasionando el desbordamiento de la Quebrada Chimbayaco. (EL TIEMPO, 1980).	Avenida Torrencial en el municipio de Gigante (02/12/1952) ocurrido por el desbordamiento de la Quebrada Las Vueltas (Acosta, 1990).	Avalancha en el Departamento del Huila por desbordamiento de los ríos Páez, La Plata y Magdalena por el desprendimiento de un enorme bloque de Hielo del Nevado del Huila (EL TIEMPO, 1994).	Intoxicación en los municipios de Agrado, Altamira y Garzón (02/01/1987) por contaminación en el río Suaza (Acosta, 1990).	
	Tempestad en el municipio de Gigante (13/12/1992) generado por las fuertes condiciones ambientales (Fenómeno de la Niña) (DESINVENTAR, 2016)	Avenida Torrencial en el municipio de Gigante (03/11/1953) ocurrido por desbordamiento sobre la Quebrada San Jacinto (Acosta, 1990).			
		Avenida Torrencial en el municipio de Altamira (02/04/1994), ocasionada por el desbordamiento de la Quebrada La Viciosa (DESINVENTAR, 2016).			
		Avenida Torrencial en el municipio de Paicol (15/10/1994) (EL TIEMPO, 1994).			
		Avenida Torrencial en el municipio de Garzón (19/01/2005) (DESINVENTAR, 2016).			
		Inundación en el municipio de Gigante (12/04/2010), debido al desborde de la Quebrada La Honda (DESINVENTAR, 2016).			
	Inundación en el municipio de Altamira (15/07/1953) provocado por el desbordamiento del río Magdalena (EL TIEMPO, 1953).				

MODELADO	COMPONENTES AMBIENTALES				
	ATMOSFERICO	HIDROSFERICO	GEO SFERICO	BIO SFERICO	ANTROPO SFERICO
Lacustre		Inundación en el municipio de Gigante (06/04/1982) causado por el desbordamiento del Humedal de la Chonta (Vereda Alto Cachaya) como consecuencia de las fuertes lluvias (EL TIEMPO, 1982).			
Denudativo			Procesos de reptación en los municipios de Agrado, Altamira y Paicol (03/09/1895) (IGAC, 1993).	Plagas en el municipio de Gigante (22/05/1970), las cuales ocasionan el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; degradándolos y haciéndolo susceptibles a la pérdida de cobertura vegetal (deforestación). (IGAC, 1993).	
			Hundimiento de tierra en los municipios de Gigante y Garzón (04/10/2008) como consecuencia de un sismo en la región (CAM, 2010)	Incendio forestal en el municipio de Agrado (21/03/1971) como consecuencia del fenómeno del Niño y de las fuertes sequías de la región (IDEAM, 1980).	
			Procesos de reptación en el municipio de Altamira y Paicol (05/12/2011) (SIMMA (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO), 2016).	Incendio forestal en el municipio de Garzón (08/12/1979) ocasionado por un corto circuito, producto de las fuertes lluvias que azotan a la región (DESINVENTAR, 2016).	
				Incendio forestal en el municipio de Gigante (18/09/1997) como consecuencia del Fenomeno del Niño (prolongadas épocas de sequía) (DESINVENTAR, 2016).	
				Incendio Forestal en los municipio de Agrado, Garzon, Gigante y Tesalia (10/11/1997) como consecuencia del Fenomeno del Niño (prolongadas épocas de sequía) (DESINVENTAR, 2016).	

MODELADO	COMPONENTES AMBIENTALES				
	ATMOSFERICO	HIDROSFERICO	GEO SFERICO	BIO SFERICO	ANTROPOSFERICO
Diseción			Fenómenos de remoción en masa (Derrumbe) Un intenso aguacero ocurrido en horas de la noche, desestabiliza el muro de contingencia ubicado en la vía central que una a Neiva con el sur del Departamento. Los municipios más afectados fueron Gigante, Garzón, Pitalito y San Agustín (11/03/2005). (EL TIEMPO, 2005).		
			Fenómenos de remoción en masa (Deslizamiento) en el municipio de Paicol (05/03/1956) ocasionado por lluvias intensas (USAID, 2014).		
			Fenómenos de remoción en masa (Deslizamiento) en el municipio de Garzón (02/12/1966) (Heagle, 1982).		
			Fenómenos de remoción en masa (Deslizamiento) en el municipio de Garzón (05/11/1970) como consecuencia de las fuertes lluvias (USAID, 2014).		
			Fenómenos de remoción en masa Deslizamiento en el municipio de Tesalia (02/05/1981) en la vía que conduce de Iquira a Tesalia; presentando problemas por derrumbe, como consecuencia de las fuertes lluvias que azotan a la región (EL TIEMPO, 1981).		
			Fenómenos de remoción en masa (Deslizamiento) en el municipio de Altamira (13/04/1982) generando por las fuertes lluvias. "La carretera Neiva-Florencia que comunica al sur del país con Bogotá se encuentra cerrada como consecuencia de la ola invernal" (EL TIEMPO, 1982).		
			Fenómenos de remoción en masa (Derrumbe) en el municipio de Garzón (08/06/1984). Deterioro en la vía principal en la zona norte y sur. Los frentes más afectados son: Neiva - San Luis Teruel-Iquira Aipe-Pragas Santa Rita y Garzón. (DESINVENTAR, 2016).		
			Fenómenos de remoción en masa (Derrumbe) Un intenso aguacero ocurrido en horas de la noche, desestabiliza el muro de contingencia ubicado en la vía central que una a Neiva con el sur del Departamento. Los municipios más afectados fueron Gigante, Garzón, Pitalito y San Agustín (11/03/2005). (EL TIEMPO, 2005).		
			Fenómenos de remoción en masa (Deslizamiento) en el municipio de Garzón (08/06/1984) como consecuencia de las fuertes lluvias (DESINVENTAR, 2016).		
			Fenómenos de remoción en masa (Deslizamiento) en los municipios de Agrado, Garzón y Tesalia (30/10/1984) como consecuencia de la ola invernal que azota al Departamento del Huila (DESINVENTAR, 2016).		

MODELADO	COMPONENTES AMBIENTALES				
	ATMOSFERICO	HIDROSFERICO	GEO SFERICO	BIO SFERICO	ANTROPO SFERICO
Estructural			Sismo en el municipio de Gigante (15/02/1967) causado por un movimiento tectónico en la formación de Gualanday (INGEOMINAS, 1974).	Incendio Estructural en el municipio de Garzón (30/10/2009) ocasionado por las altas temperaturas que azotan al Departamento del Huila (CAM, 2010).	
			Sismo en el municipio de Garzón (22/11/1972) causado por el movimiento tectónico en una falla geológica (CAM, 2010).	Incendio Estructural en el municipio de Agrado (18/12/2009) ocasionado por las altas temperaturas que azotan al Departamento del Huila (CAM, 2010).	
			Sismo en los municipios de Gigante, Paicol y Tesalia (06/06/1994) causado por un movimiento tectónico en una falla geológica perteneciente a la formación de Gualanday (CAM, 2010).		
			Colapso Estructural en el municipio de Tesalia (17/10/1994) debido al desprendimiento de rocas, de material con baja cohesión y poco consolidado (SIMMA SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO, 2016).		
			Colapso Estructural en el municipio de Agrado (11/04/2012) debido al desprendimiento de rocas, de material con baja cohesión y poco consolidado (SIMMA SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO, 2016).		
			Colapso Estructural en el municipio de Agrado (22/04/2012) debido al desprendimiento de rocas, de material con baja cohesión y poco consolidado (SIMMA SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO, 2016).		

MODELADO	COMPONENTES AMBIENTALES				
	ATMOSFERICO	HIDROSFERICO	GEO SFERICO	BIO SFERICO	ANTROPO SFERICO
Eólico - Volcánico	Vendaval en el municipio de Tesalia (01/05/1998) como consecuencia de las condiciones atmosféricas (DESINVENTAR, 2016).		Incidencia por actividad volcánica en el municipio de Paicol (18/04/2004) (DESINVENTAR, 2016).		
	Vendaval en el municipio de Garzón (03/02/1999) como consecuencia de las condiciones atmosféricas (DESINVENTAR, 2016).				
	Vendaval en el municipio de Garzón (23/10/2004) como consecuencia de las condiciones atmosféricas (DESINVENTAR, 2016).				
	Vendaval en el municipio de Garzón (21/09/2005) como consecuencia de las condiciones atmosféricas (DESINVENTAR, 2016).				
	Vendaval en el municipio de Tesalia (23/11/2010) como consecuencia de las condiciones atmosféricas que azotan al Departamento del Huila (DESINVENTAR, 2016).				
	Vendaval en el municipio de Garzón (20/12/2014) como consecuencia de las condiciones atmosféricas de la región (DESINVENTAR, 2016).				
Periglacial			Avalancha en el Departamento del Huila por Temblor; "Un angustioso estado de emergencia Vivian los habitantes de los municipios aledaños a las corrientes de los ríos Páez, La Plata y Magdalena. El fuerte temblor que sacudió a medio país, especialmente al Sur, Suroccidente, Centro y la Zona cafetera; provocó el desprendimiento de un enorme bloque de Hielo del Nevado del Huila alimentando a las corrientes de los ríos Páez, La Plata y Magdalena (EL TIEMPO, 1994).		

MODELADO	COMPONENTES AMBIENTALES				
	ATMOSFERICO	HIDROSFERICO	GEO SFERICO	BIO SFERICO	ANTROPO SFERICO
Gravitacional			Volcamiento de material en el municipio de Garzón (07/05/1981) provocado por un sismo (DESINVENTAR, 2016).		
			Fenómenos de remoción en masa (Derrumbe) en el municipio de Agrado (06/04/1982) generado por la ola invernal que azota al país (EL TIEMPO, 1982).		
			Deslizamiento rotacional en el municipio de Agrado (17/04/2012) (SIMMA (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO), 2016).		
			Deslizamiento rotacional en el municipio de Gigante, en la vereda El Mesón (12/10/2013) (SIMMA (SERVICIO GEOLOGICO COLOMBIANO), 2016).		
			Volcamiento de material en el municipio de Garzón (24/01/2013) provocado por el movimiento tectónico (DESINVENTAR, 2016).		
Postglacial				Plaga por brochas en el municipio de Garzón, Caserío de Majo de Miraflores (21/04/1990), las cuales ocasionan el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo; degradándolos y haciéndolo susceptibles a la pérdida de cobertura vegetal (deforestación). (IGAC, 1993).	
				Incendio en ecosistema de Páramo (Cerro de Miraflores) en el municipio de Garzón (22/01/1987) como consecuencia de las grandes sequías (intensificado por el fenómeno del Niño) (IDEAM, 1990).	

MODELADO	COMPONENTES AMBIENTALES				
	ATMOSFERICO	HIDROSFERICO	GEO SFERICO	BIO SFERICO	ANTROPOSFERICO
Antrópico				Plaga en los municipios de Gigante y Garzón (12/02/2014), el cual afecto a los ganados de la región ocasionando la muertes de decenas de bovinos (DESINVENTAR, 2016).	Incremento en la tasa de desempleo en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo por la pérdida de territorio para uso agrícola y ganadero

Fuente: Elaboración propia. Según: metodología de identificación de dinámicas ecológicas por modelados del paisaje y componentes ambientales (Montoya-Rojas, 2011).

Adicionalmente y con el propósito de tener mayor información del área de estudio, se realiza un perfil (Ilustración 5) donde se evidencia la relación existente entre las amenazas naturales, los ecosistemas, los modelados y paisajes presentes en los municipios objeto de estudio.

El transepto que se tomó para realizar dicho perfil, se trazó de manera transversal, cubriendo los municipios Garzón, Gigante, Paicol y Tesalia; debido a que en estos municipios, se encuentran la mayoría de ecosistemas y modelados identificados dentro del área de estudio, ver (Tabla 15).

Tabla 15. Relación entre modelados, orden del suelo, ecosistema y paisaje.

MODELADO	ORDEN DEL SUELO	ECOSISTEMA	PAISAJE
Aluvial	Entisol - Inceptisol	Agroecosistema	Asociado a paisaje de Valle.
	Entisol	Cuerpo de agua artificial	
	Entisol - Histosol	Río de aguas blancas	
	Histosol	Subxerofítica subandina	
Denudativo	Histosol	Subxerofítica subandina	Asociado a paisaje de lomerío
Disección	Entisol - Inceptisol	Agroecosistema	Asociado a paisaje de montaña y piedemonte
	Alfisol - Entisol	Bosque seco tropical	
	Alfisol - Histosol	Bosque subandino seco	
	Ultisol	Territorio artificializado	
Estructural	Entisol - Inceptisol	Agroecosistema	Asociado a paisaje de montaña y piedemonte.
	Entisol - Inceptisol	Arbustal andino húmedo	
	Andisol - Ultisol	Complejos rocosos	
	Inceptisol - Molisol	Herbazal subandino húmedo	
	Andisol - Ultisol	Transicional transformado	
Gravitacional	Entisol - Inceptisol	Agroecosistema	Asociado a paisaje de montaña
Lacustre	Gelisol - Histosol	Bosque andino húmedo	Asociado a paisaje de valle
Periglacial	Gelisol - Histosol	Bosque andino húmedo	Asociado a paisaje de

	Gelisol	Páramo húmedo	montaña
Postglacial	Entisol - Inceptisol	Agroecosistema	Asociado a paisaje de piedemonte
	Entisol - Inceptisol	Bosque subandino húmedo	
	Alfisol - Histosol	Bosque subandino seco	

Fuente: Elaboración propia. Según: metodología de identificación de dinámicas ecológicas por modelados del paisaje y componentes ambientales (Montoya-Rojas, 2011).

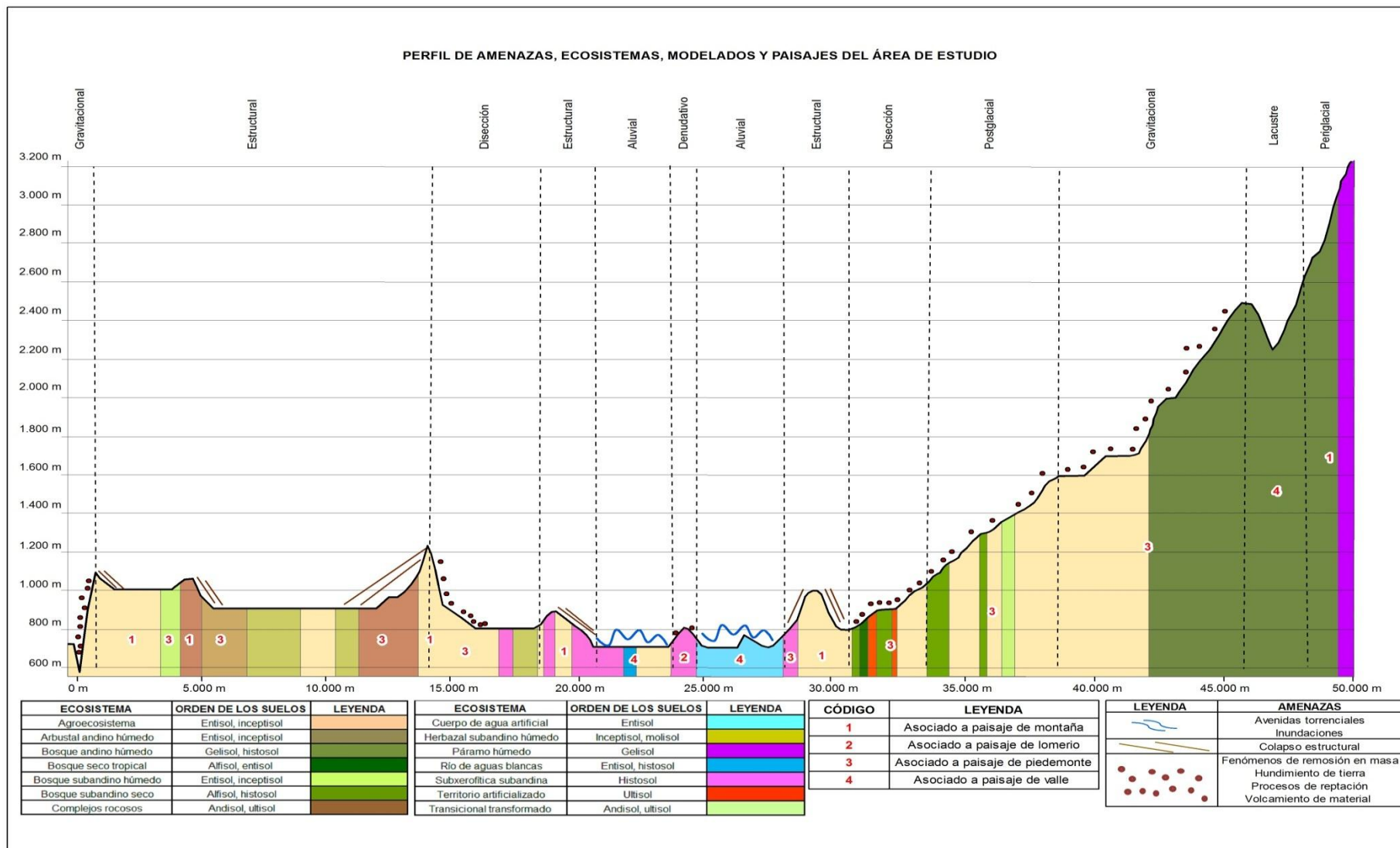


Ilustración 5. Perfil de amenazas naturales, ecosistemas, modelados y paisajes presentes en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia. Según: metodología de identificación de dinámicas ecológicas por modelados del paisaje y componentes ambientales (Montoya-Rojas, 2011).







CAPITULO IX – RESULTADOS

28 IDENTIFICACIÓN MULTITEMPORAL DEL BOSQUE SECO TROPICAL DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016 MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES

Teniendo en cuenta la metodología Corine Land Cover (CLC) adaptada para Colombia y aplicada en el mapa de coberturas de la Tierra en la cuenca Magdalena-Cauca a escala 1:100.000 realizada por el (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2008), las coberturas de la Tierra identificadas en el área de estudio se describen a continuación (Tabla 16).

Tabla 16. Coberturas de la Tierra identificadas en el área de estudio, según la metodología Corine Land Cover (CLC) adaptada Colombia.

COBERTURA DE LA TIERRA	DESCRIPCIÓN	LEYENDA
Arbustal	Corresponde a las coberturas constituidas por vegetación natural de porte bajo, con un dosel irregular en donde predominan los elementos arbustivos, pero que puede presentar elementos arbóreos dispersos. Esta vegetación puede ser producto de las condiciones naturales o de la acción antrópica, también se incluye dentro de esta categoría la vegetación achaparrada correspondiente al subpáramo.	
Bosque denso	Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo, con altura superior a 5 metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.	

Bosque de galería	Se refiere a las coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales.	
Bosque fragmentado	Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales con intervención humana que mantienen su estructura original.	
Cuerpo de agua	Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generar electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos.	
Herbazal	Son aquellos ecosistemas donde predomina la vegetación herbácea, pueden ser de origen natural constituyendo extensos biomas o ser producto de la intervención humana con fines para la crianza de ganado o recreación.	
Mosaico de cultivos	Incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 hectáreas) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.	
Zonas urbanizadas	Las zonas urbanizadas incluyen los territorios cubiertos por infraestructura urbana y todos aquellos espacios verdes y redes de comunicación asociados a ella que configuran un tejido urbano.	

Fuente: Elaboración grupo de trabajo. Información tomada de (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2008)

Por otra parte, tomando como referencia el mapa de la distribución espacial del bosque seco tropical en Colombia a escala 1:100.000 realizado por el (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2014), se inicia con la identificación del bosque seco tropical en los municipios objeto de estudio, pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo. A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada uno de los procedimientos especificados en la metodología empleada para el desarrollo del trabajo de investigación. Inicialmente, se generó una combinación de las bandas RGB+NIR falso color (4, 3, 2) para cada una de las imágenes Landsat utilizadas (Landsat 5 para el año del 2007, Landsat 7 para el año 2000 y Landsat 8 para el año 2016). La combinación de dichas bandas, permitió identificar las coberturas de la Tierra mencionadas anteriormente; además, con la ayuda del infrarrojo cercano “NIR” se identificó la capacidad fotosintética de las distintas coberturas, el bosque seco tropical y algunos aspectos atmosféricos presentes en el área de estudio. En la (Ilustración 6) se observan las imágenes Landsat utilizadas para los años 2000, 2007 y 2016 y el resultado de la combinación espectral de bandas 4, 3, 2.

28.1 Combinación espectral de las bandas RGB+NIR falso color (4,3,2)

En cuanto a la combinación espectral de las bandas (4, 3, 2), se debe mencionar que es una composición la cual permite analizar las diferentes coberturas de la tierra; las cuales, se identifican de la siguiente manera:

- ❖ **Tonos de rojo a magenta:** vegetación vigorosa, cultivos regados, prados de montaña o bosques caducifolios (imágenes de verano) y cultivos herbáceos de secano (imágenes de primavera).
- ❖ **Tonos rosa:** áreas vegetales menos densas, vegetación en temprano estado de crecimiento, áreas residenciales suburbanas en torno a las grandes ciudades con pequeños jardines, árboles y/o praderas.
- ❖ **Tonos de azul oscuro a negro:** superficies cubiertas parcial o totalmente por el agua: ríos, canales, lagos y embalses.

- ❖ **Tonos marrones:** vegetación arbustiva muy variable en función de la densidad y del tono del sustrato.
- ❖ **Tono blanco:** áreas de escasa o nula vegetación pero de máxima reflectividad: nubes, arenas, depósitos salinos y canteras.
- ❖ **Tonos de gris y azul metálico:** ciudades o áreas pobladas; sin embargo, también puede tratarse de roquedo desnudo.
- ❖ **Tonos de beige y dorado:** identifica zonas de transición, como prados secos frecuentemente asociados con el matorral ralo.

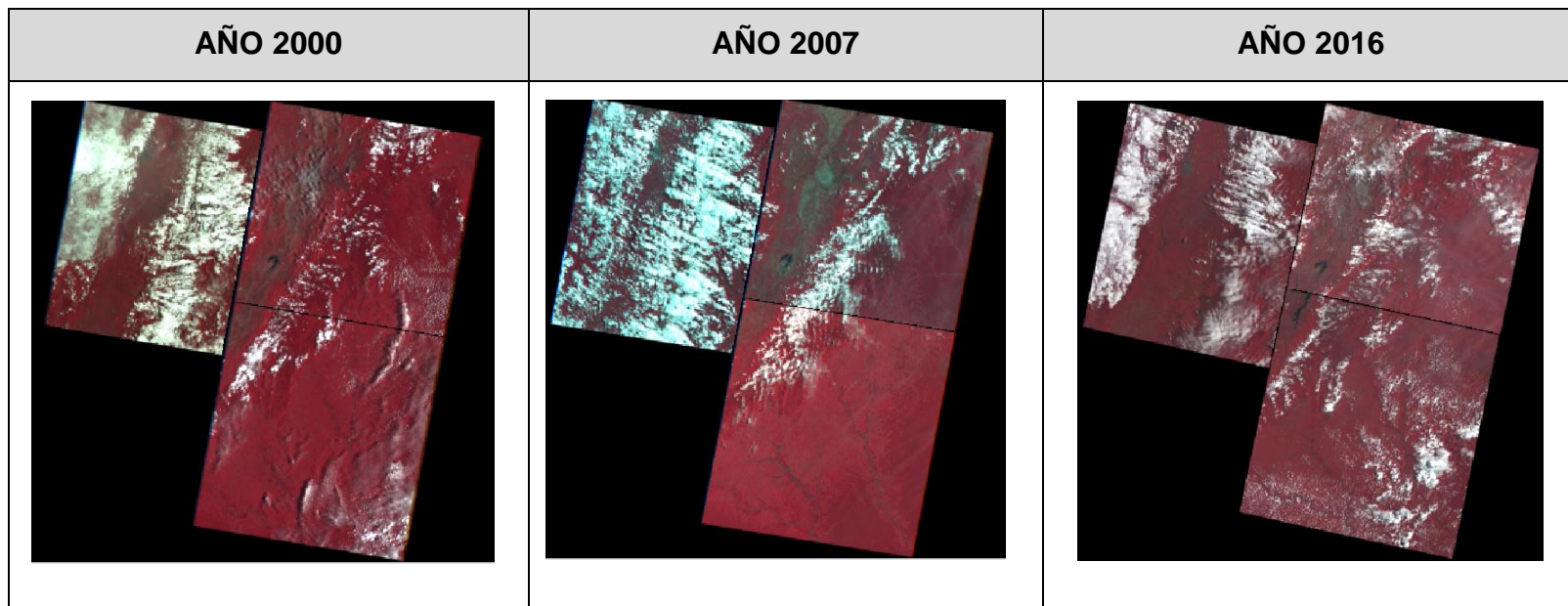


Ilustración 6. Imágenes Landsat 7, Landsat 5 y Landsat 8 respectivamente con la combinación espectral de las bandas RGB+NIR falso color 4,3,2. Elaboración grupo de trabajo.

Una vez obtenida la combinación de las bandas RGB+ NIR falso color 4,3, 2, se procede a realizar un mosaico con el proposito de unir completamente las escenas de las imágenes satelitales utilizadas. Tal mosaico permite obtener el cubrimiento de la totalidad del área de estudio; sin embargo, este cubrimiento debe cumplir con una visualización sin nubosidad aproximadamente de un 70% a 88% según la escena que se este trabajando. El mismo procedimiento se realiza en la banda pancromática de las imágenes satelitales Landsat 7 y Landsat 8.

El mejoramiento de la resolución de las imágenes satelitales (mediante el procesamiento de mosaico explicado en la metodología con anterioridad) permite tener un nivel de detalle óptimo para la identificación del bosque seco tropical (Ilustración 7).

Para el caso de la imagen satelital Landsat 5 utilizada para el año 2007; èsta, se decide tomar como puente de información entre la imagen satelital Landsat 7 utilizada para el año 2000 y la imagen satelital Landsat 8 empelada para el año 2016, debido a que la primera cuenta con una resolucion espacial de 30 metros; es decir, presenta un menor nivel de detalle en comparación con las imágenes Landsat 7 y Landsat 8 cuya resolucion espacial es de 15 m y más detadalla.

Con un nivel de detalle mayor y con las correcciones geométricas y atmosféricas tratadas respectivamente, se procede a delimitar el área de estudio (los municipios de Altamira, Agrado, Garzon, Gigante, Paicol y Tesalia perteneciente a la jurisdiccion de la hidroelectrica El Quimbo) tal y como se evidencia en la (Ilustración 8) cuya área aproximada es de 224.000 hectáreas.

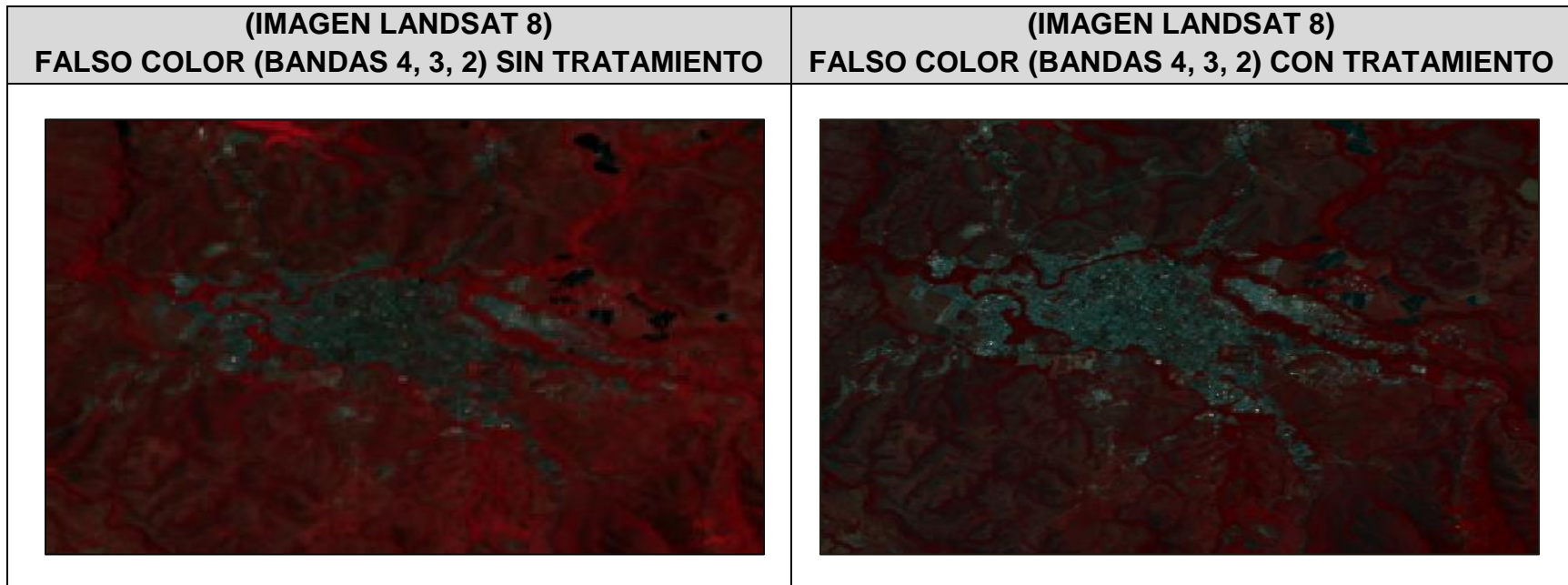


Ilustración 7. Cabecera municipal del municipio Garzón (departamento del Huila) falso color (bandas espectrales 4, 3, 2). Imagen Landsat 8 con y sin tratamiento (año 2016). Elaboración grupo de trabajo.

La identificación del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio según lo estipula la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, se da a partir de la toma de puntos de muestreo mediante una clasificación supervisada; la cual, también permite identificar las alteraciones y/o transformación que han sufrido dichas coberturas y el ecosistema mencionado con anterioridad.

El bosque seco tropical se presenta en altitudes entre los (0) y los 1000 m.s.n.m; sin embargo, mediante la clasificación supervisada que se realizó se encuentran pequeños parches de otras coberturas de la Tierra, las cuales se tienden a

confundir con los pequeños remanentes de bosque seco tropical. Por tal razón, se decide realizar un corte, el cual cumple con las condiciones de altura, temperatura y precipitación que caracterizan a este ecosistema. Estos factores determinantes son una altitud mínima de 0 y máxima de 1000 m.s.n.m, una temperatura mayor a los 24°C (piso térmico cálido) y una precipitación anual entre los 800 y 2000 mm

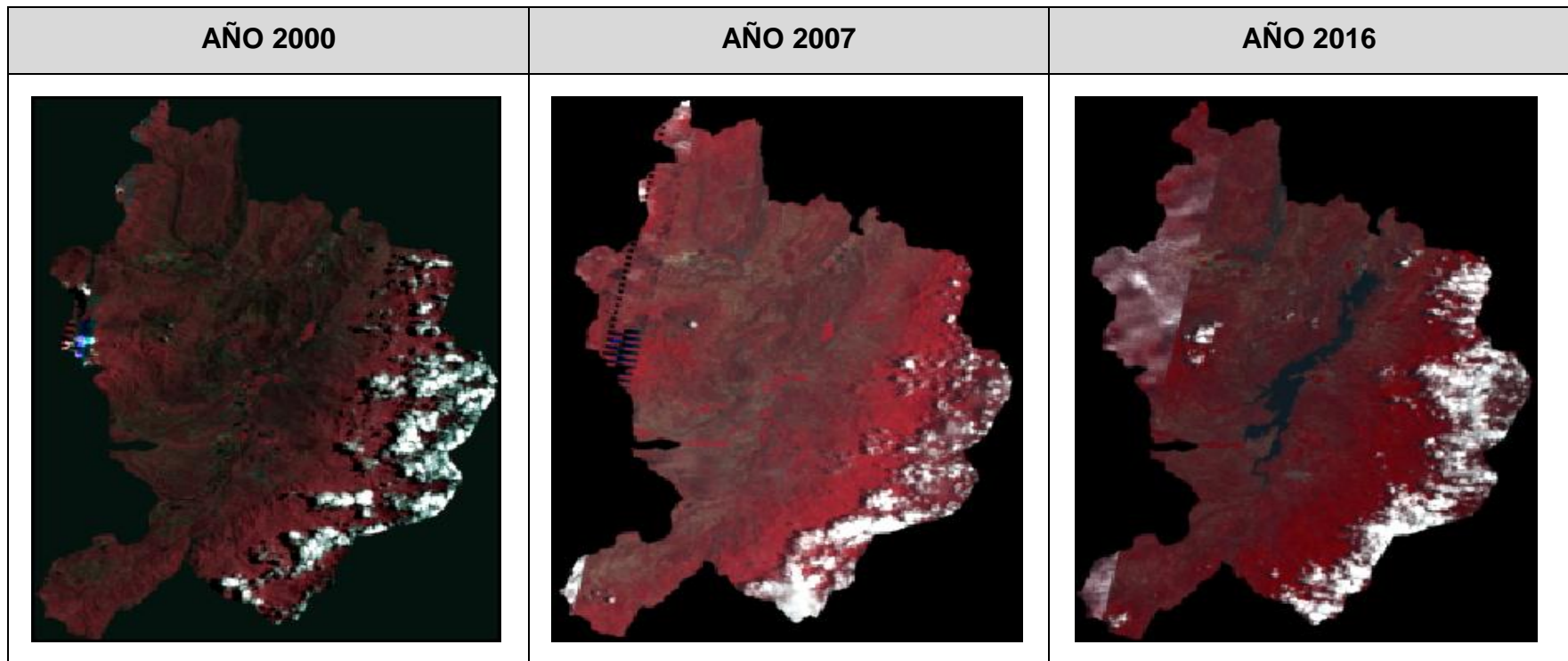


Ilustración 8. Delimitación del área de estudio (departamento del Huila) falso color (bandas espectrales 4, 3, 2).
Elaboración grupo de trabajo.

En la (Ilustración 9) se observa el corte realizado por la cota 1000, teniendo en cuenta los factores mencionados anteriormente, con el propósito de identificar con mayor detalle y precisión el bosque seco tropical.

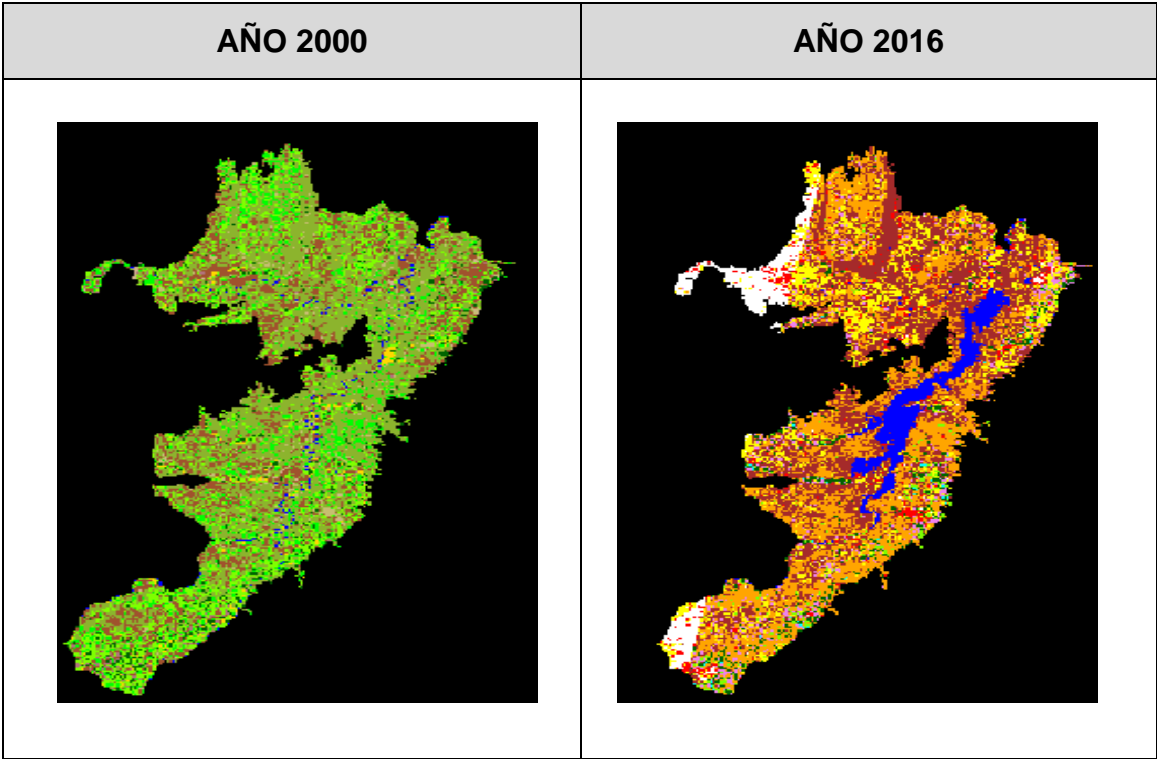


Ilustración 9. Recorte teniendo en cuenta las características del bosque seco tropical. Elaboración grupo de trabajo.

Obtenida la delimitación del corte por la cota 1000 e identificado el bosque seco tropical y las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio, se procede a calcular las áreas (dada en hectáreas) y el porcentaje (%) de cada una de estas; las cuales, se evidencian en la (Tabla 17).

Tabla 17. Área y porcentaje de la distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio.

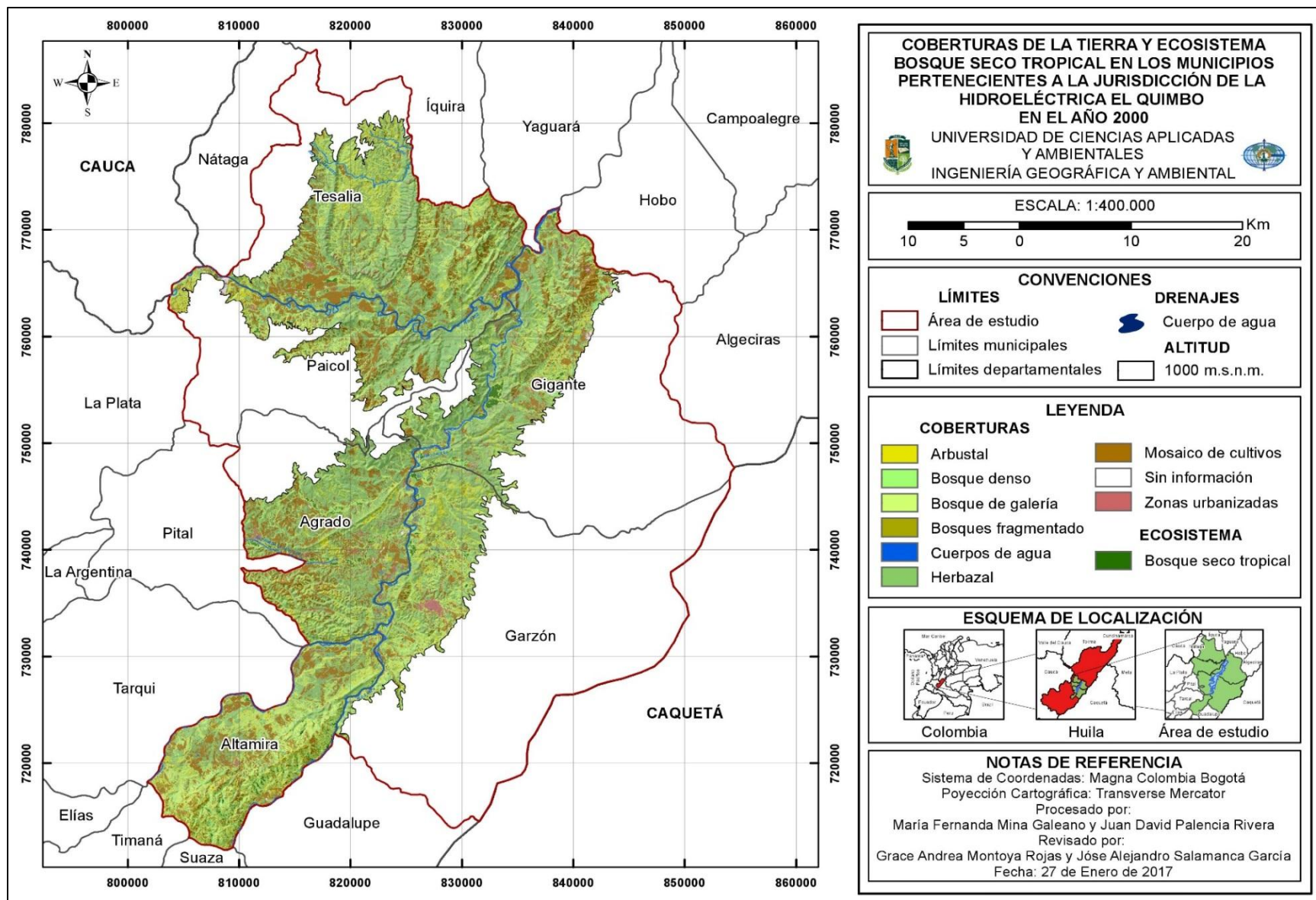
COBERTURA DE LA TIERRA	AÑO 2000		AÑO 2016	
	HECTÁREAS (ha.)	%	HECTÁREAS (ha.)	%
Arbustal	22.466,79	10,06	45.848,88	20,54
Bosque denso	25.948,40	11,62	20.729,11	9,29
Bosque de galería	35.987,84	16,12	11.111,11	4,98
Bosque fragmentado	8.294,73	3,72	11.865,97	5,32
Cuerpos de agua	1.282,93	0,57	7.016,22	3,14
Herbazal	62.467,26	27,98	46.888,99	21,00
Mosaico de cultivos	32.248,96	14,45	24.219,02	10,85
Zonas urbanizadas	5.417,03	2,43	20.635,54	9,24
Sin información	27.730,62	12,42	34.680,31	15,53
ECOSISTEMA	HECTÁREAS (ha.)	%	HECTÁREAS (ha.)	%
Bosque seco tropical	1.401,89	0,63	251,33	0,11
TOTAL	223.246,47	100	223.246,47	100

Fuente: Elaboración grupo de trabajo

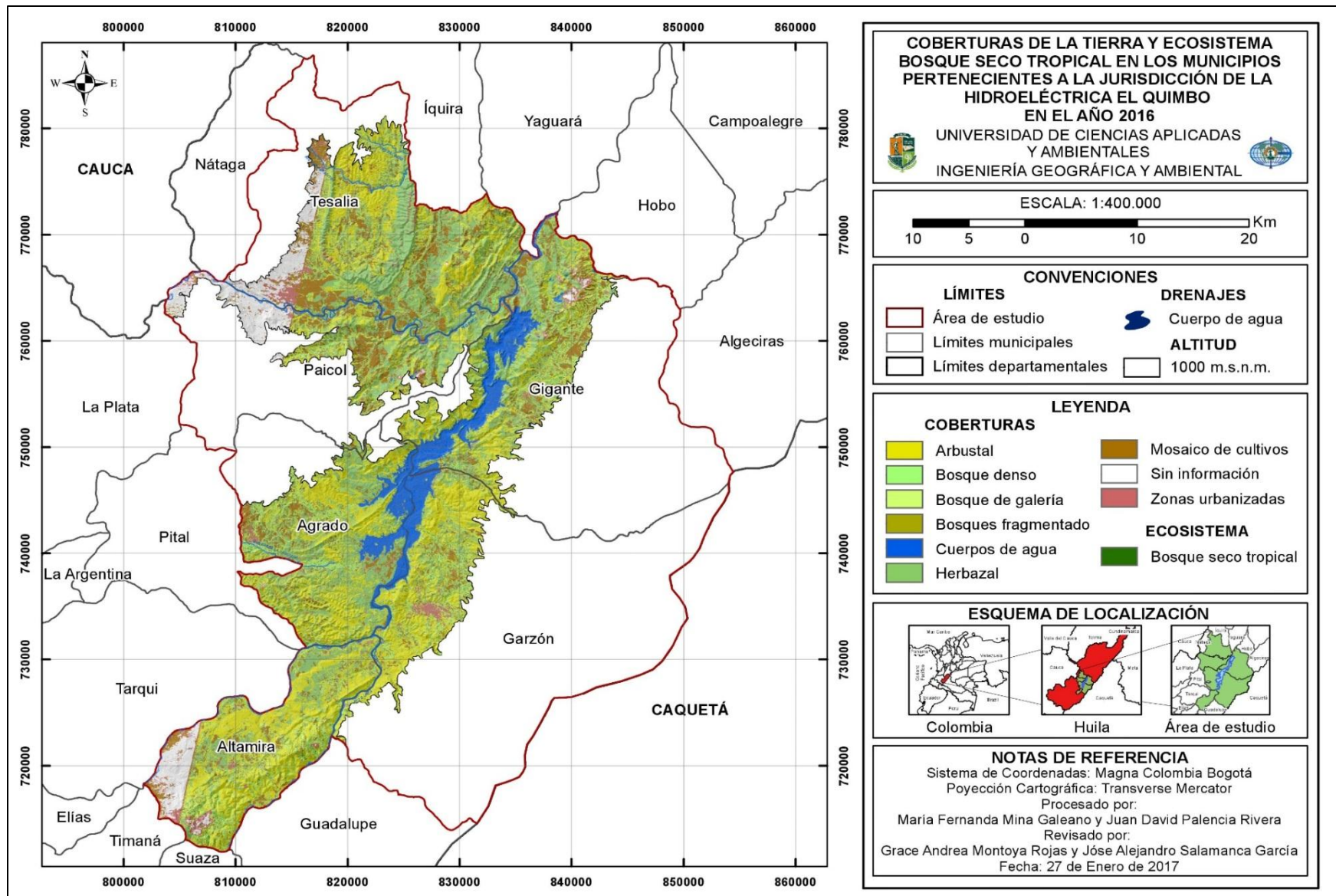
En definitiva, el bosque seco tropical es un ecosistema que se encuentra en un proceso de transformación constante (distribuido en pequeños remanentes) debido a los cambios de uso del suelo y al incremento de las actividades antrópicas, convirtiéndose de este modo en uno de los ecosistemas más amenazados y transformados.

Este ecosistema para el año 2000, representaba una extensión de 1.401,89 ha. correspondientes al 0,63% de las coberturas de la Tierra identificadas en el área de estudio. Sin embargo, con el transcurso del tiempo y debido al incremento acelerado del desarrollo de actividades antrópicas (agricultura, ganadería, desarrollo urbanístico, turismo y la construcción de proyectos hidroeléctricos) este ecosistema para el año 2016, tuvo una disminución de 1.150,56 ha; es decir, el 0,52% de lo que había en el año 2000 dejándolo solamente con un área de 251,33 ha. (0,11%).

En los mapas 9 y 10, se evidencia la distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra con un límite de altitud de 1000 m.s.n.m para los años 2000 y 2016 respectivamente.



Mapa 9. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio, con un límite de altitud de 1000 m.s.n.m en el año 2000. Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 10. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio, con un límite de altitud de 1000 m.s.n.m en el año 2016. Elaboración grupo de trabajo.

29 ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN ÁREA DEL BOSQUE SECO TROPICAL DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016

Los resultados se presentan inicialmente para las coberturas de la Tierra identificadas en cada uno de los municipios que comprenden el área de estudio y posteriormente se enfatiza el análisis del cambio en área del bosque seco tropical durante los años 2000 y 2016. Dichos resultados se presentan para cada uno de los municipios objeto de estudio.

❖ Municipio Agrado

El municipio Agrado cuenta con una extensión total de 26.800 ha, dicha extensión corresponde al 12% del área de estudio. Para el año 2000 en este municipio predomina la cobertura herbazal con una extensión de 1.1412,32 ha. equivalentes al 42,58% de la extensión municipal, seguida de la cobertura mosaico de cultivos con una extensión de 5.713,78 ha. correspondiente al 21,32% del área del municipio.

El bosque seco tropical representa una extensión de 237,33 ha. equivalentes al 0,89% del área municipal. Para el año 2016, el municipio Agrado presenta una transformación en las coberturas de la Tierra identificadas inicialmente y en el bosque seco tropical.

En el año 2000, este ecosistema contaba con una extensión de 237,33 ha; sin embargo, en el año 2016 cuenta con una extensión de 52,6 ha. representando una disminución del 77,83%, esta transformación se debe principalmente a que las actividades antrópicas que se han desarrollado en la región del Alto Magdalena (lugar donde se ubica el área de estudio) han tendido un crecimiento acelerado.

Por otra parte, la cobertura herbazal en el año 2016 presentó una disminución de un 25,85% lo que equivale a una extensión de 2.950,61 ha. Además, los mosaicos de cultivos disminuyeron un 48,91% equivalente a una extensión de

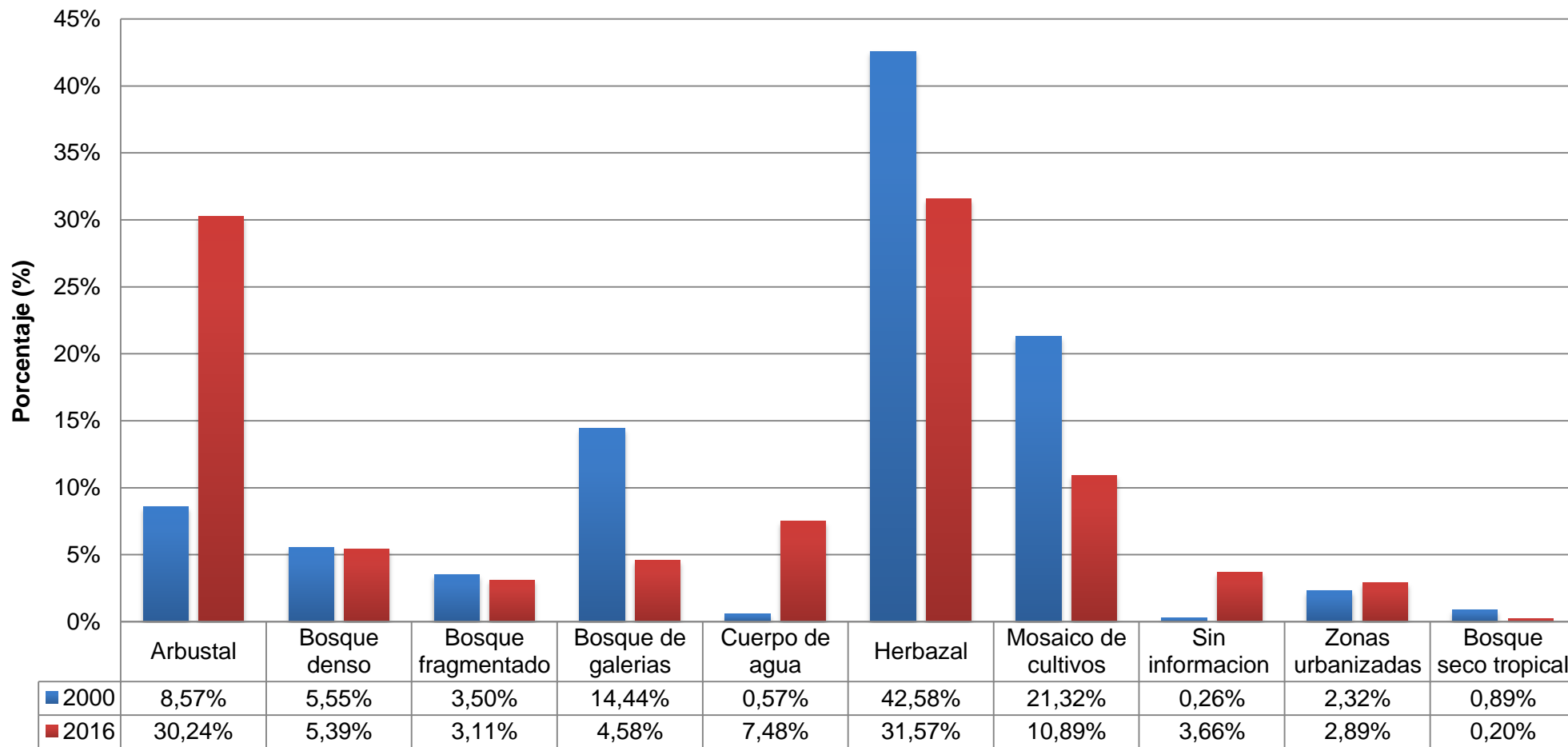
2.794,95 ha, los bosques de galerías disminuyeron un 68,49% correspondiente a una extensión de 2.668,93 ha, la cobertura de bosque denso no presento un cambio notorio solamente se redujo un 2% representado en 42 ha. Además de que varias de las coberturas identificadas evidenciaron una notable disminución respecto al área presentada en el año 2000; algunas, presentaron un aumento en su extensión.

Los cuerpos de agua en el año 2000, contaban con una extensión de 152,30 ha. y para el año 2016 aumentaron su extensión a 2.004,12 ha. (aproximadamente 13 veces el área inicial). Las zonas urbanizadas aumentaron en un 19,63%; es decir, que aumentaron 151,81 ha.

En la gráfica presentada a continuación (Gráfica 1) se observa el porcentaje con el que cuenta el bosque seco tropical y cada una de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Agrado en los años 2000 y 2016.

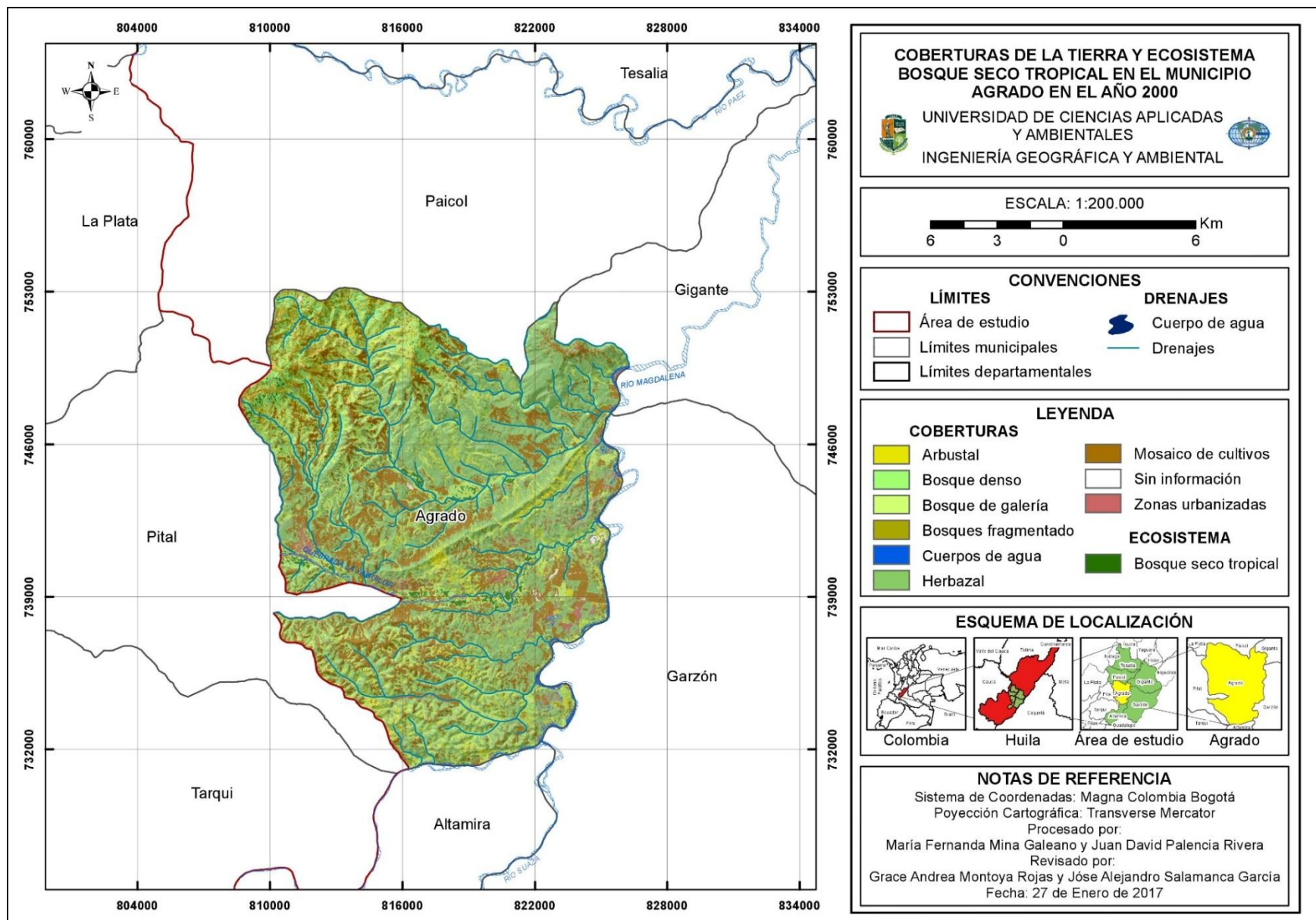
En los mapas 11 y 12, se evidencia la distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Agrado en los años 2000 y 2016 respectivamente.

Bosque seco tropical (bs-T) y coberturas de la Tierra presentes en el municipio Agrado

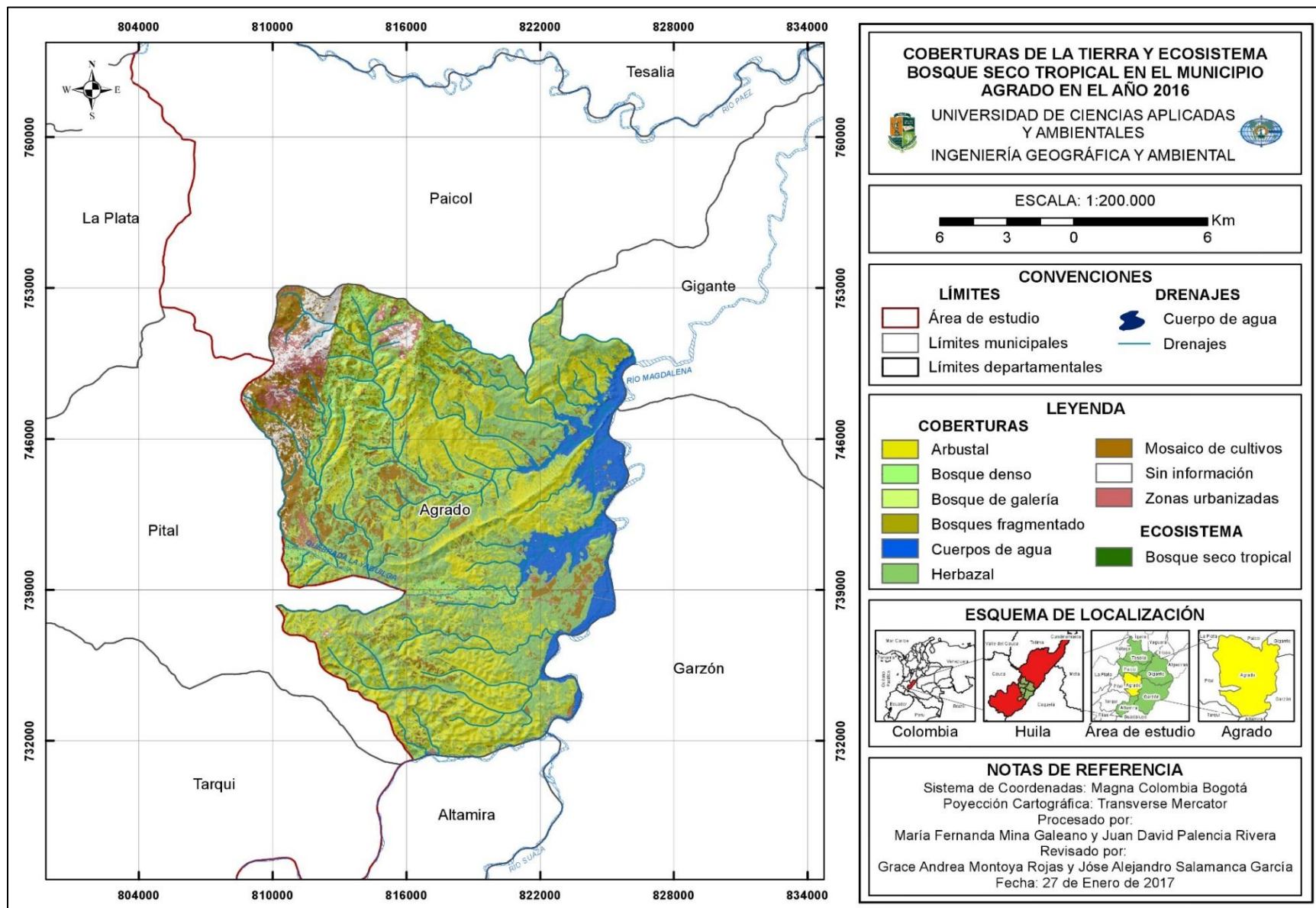


Gráfica 1. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Agrado.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 11. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Agrado en el año 2000. Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 12. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Agrado en el año 2016. Elaboración grupo de trabajo.

❖ **Municipio Altamira**

El municipio Altamira cuenta con una extensión total de 18.613 ha. representando el 8,34% del área de estudio. Para el año 2000, en este municipio predomina la cobertura bosque de galerías, la cual cuenta con una extensión de 5.636,47 ha. correspondientes al 30,28% del área total del municipio, seguida de la cobertura herbazal con una extensión de 4.252,23 ha. correspondiente al 22,84% del área municipal y la cobertura mosaico de cultivos con una extensión de 3.905,41 ha. equivalentes al 20,98% del área del municipio.

El bosque seco tropical tiene una extensión de 346,61 ha. representando el 1,86% de área total del municipio Altamira y las zonas urbanizadas presentan una extensión de 132,19 ha. las que representan al 0,71% del área de estudio.

Para el año 2016 el bosque seco tropical y todas las coberturas de la Tierra identificadas en este municipio, presentan una transformación debido a las actividades antrópicas que se desarrollan en esta zona. Dicho ecosistema para este año representa una extensión de 67,41 ha. lo que significa que presentó una reducción del 80,55% (respecto al año 2000); es decir, se redujo en una extensión de 279,20 ha.

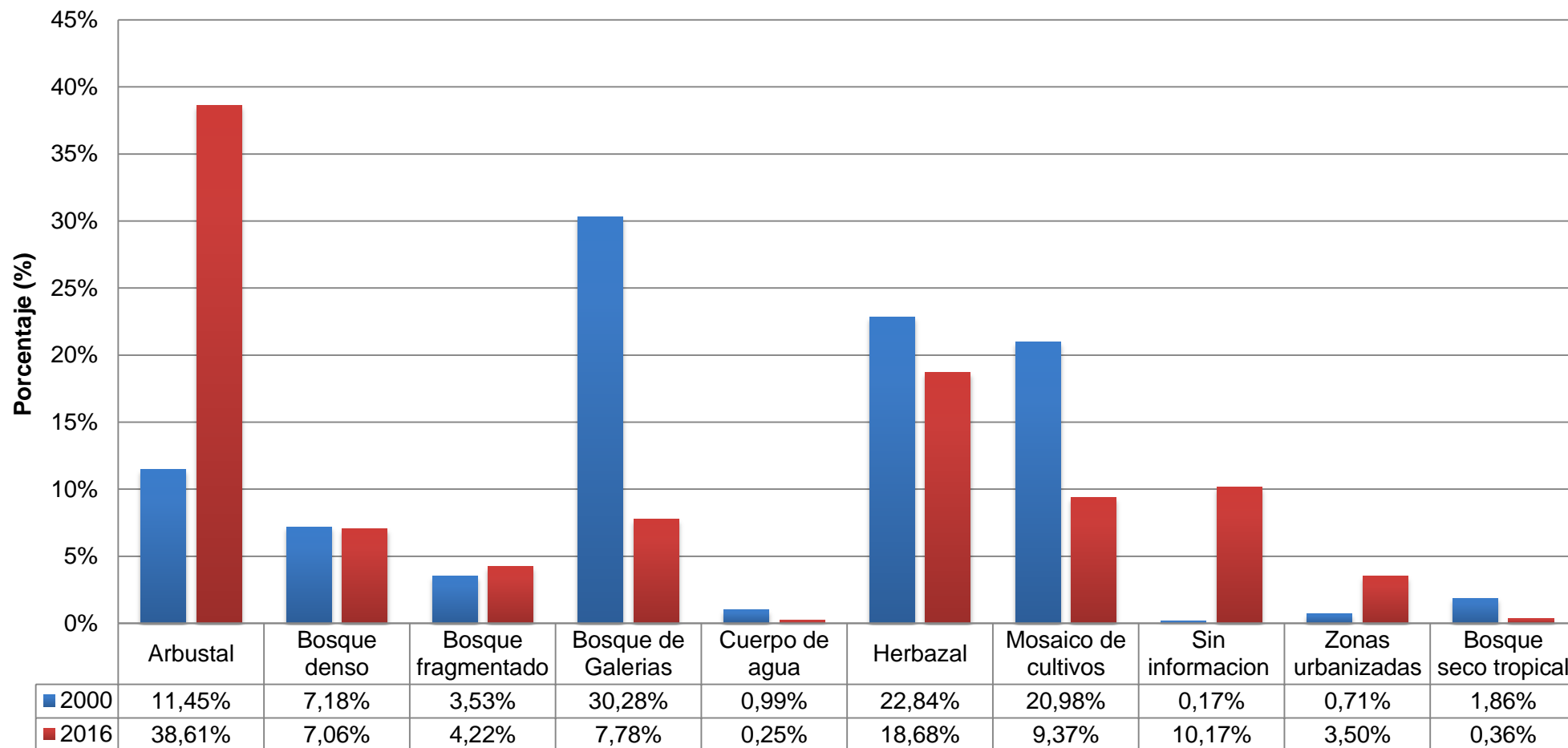
La cobertura bosque de galerías presenta una disminución del 74,29%, lo que representa una reducción de 4.188,92 ha; también, la cobertura mosaico de cultivos se redujo en un 25,26% equivalentes a 986,58 ha. La cobertura herbazal presenta una reducción del 18,18%, representando de esta manera una reducción de 773,19 ha.

Por otro lado, la cobertura arbustal presenta un aumento de 5.058,09 ha; es decir, que aumentó 3 veces el tamaño en área que presentaba en el año 2000; además, las zonas urbanizadas pasaron de tener una extensión de 132,18 ha. a presentar 650,90 ha. en el año 2016, representando aproximadamente 5 veces el tamaño en área que tenía en el año 2000.

En la (Gráfica 2) se observa el porcentaje con el que cuenta el bosque seco tropical y cada una de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Altamira en los años 2000 y 2016.

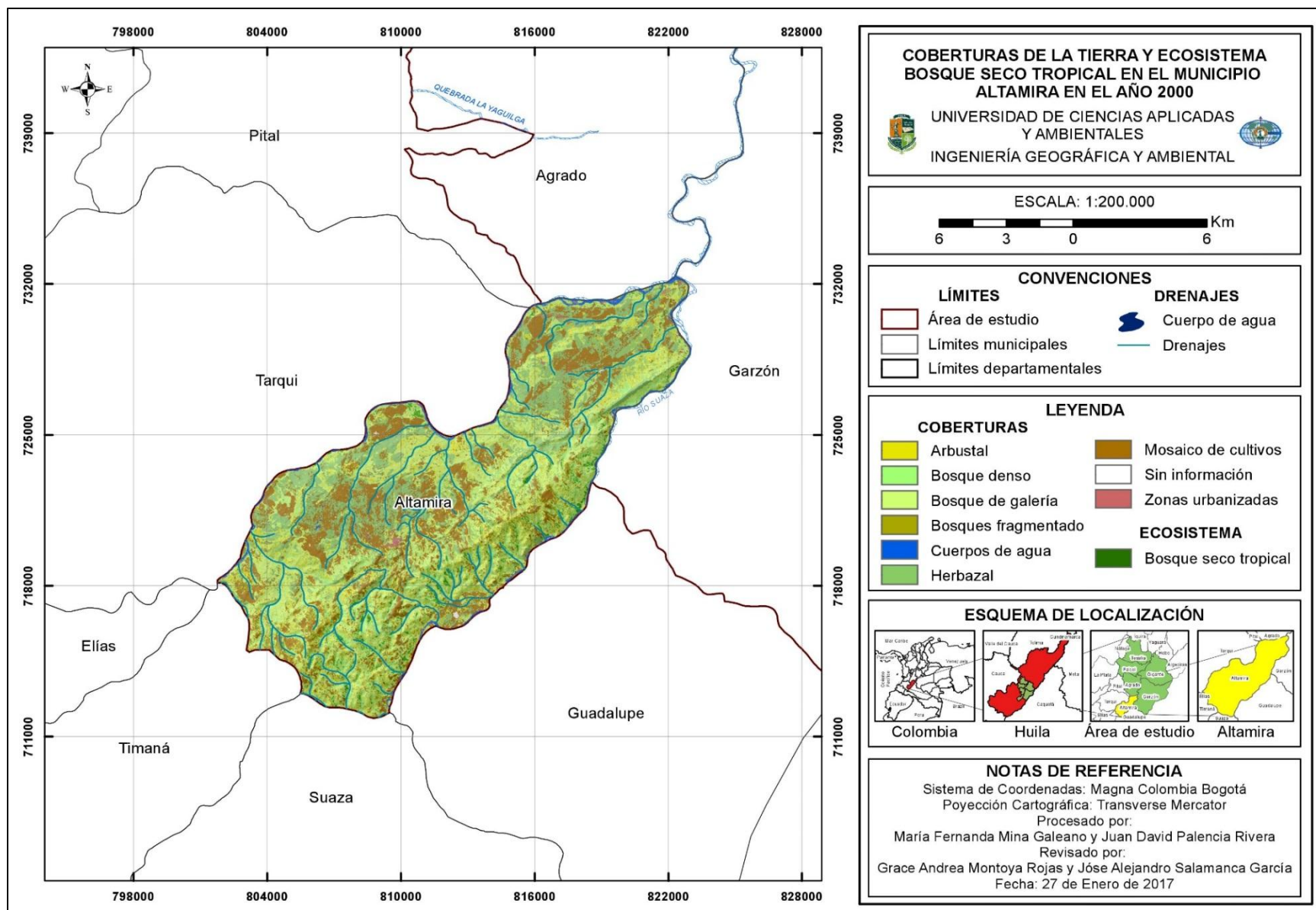
En los mapas 13 y 14, se evidencia la distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Altamira en los años 2000 y 2016 respectivamente.

Bosque seco tropical (bs-T) y coberturas de la Tierra presentes en el municipio Altamira

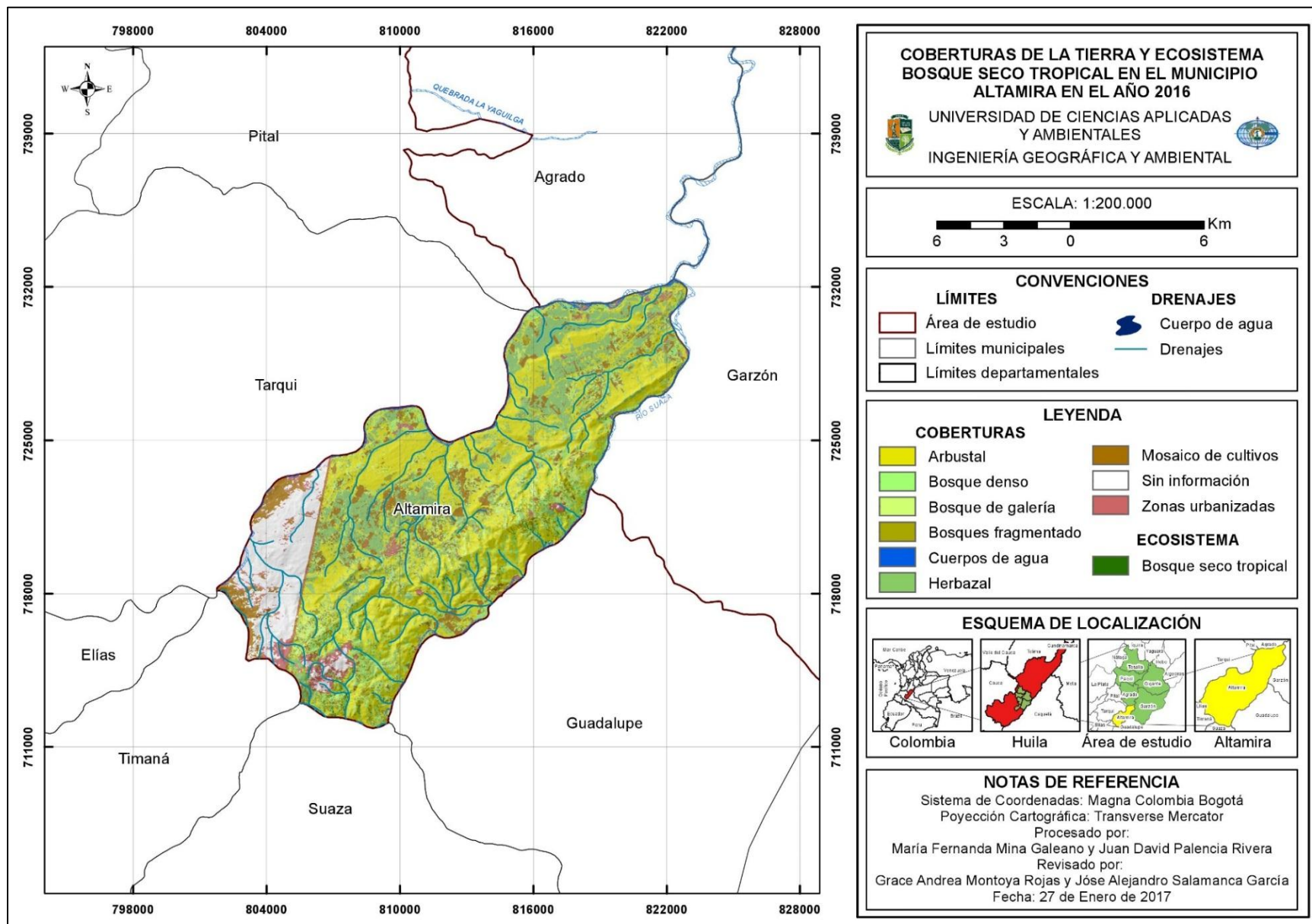


Gráfica 2. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Altamira.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 13. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Altamira en el año 2000. Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 14. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Altamira en el año 2016. Elaboración grupo de trabajo.

❖ Municipio Garzón

El municipio Garzón cuenta con una extensión total de 61.019 ha. lo que equivale al 27,33% del área de estudio. Para el año 2000 predomina la cobertura bosque denso con una extensión de 13.642,28 ha. equivalentes al 22,36% del área del municipio, seguido del bosque de galerías con una extensión de 8.946,15 ha. que representa al 14,66% de la extensión municipal.

El bosque seco tropical en el municipio Garzón para el año 2000, representa una extensión de 233,75 ha. correspondientes al 0,38% del área del municipio. Para este mismo año, las zonas urbanizadas cuentan con un área de 1.792 ha. y los cuerpos de agua con 214,27 ha.

Para el año 2016, el municipio presenta una transformación en las coberturas de la Tierra identificadas incluyendo el bosque seco tropical. Inicialmente la cobertura bosque de galerías presenta una reducción de 5.271,93 ha, lo que representa una reducción del 58,92% en relación al año 2000. La cobertura mosaico de cultivos presenta una disminución del 23,79%, representando de esta manera una reducción de 915,17 ha.

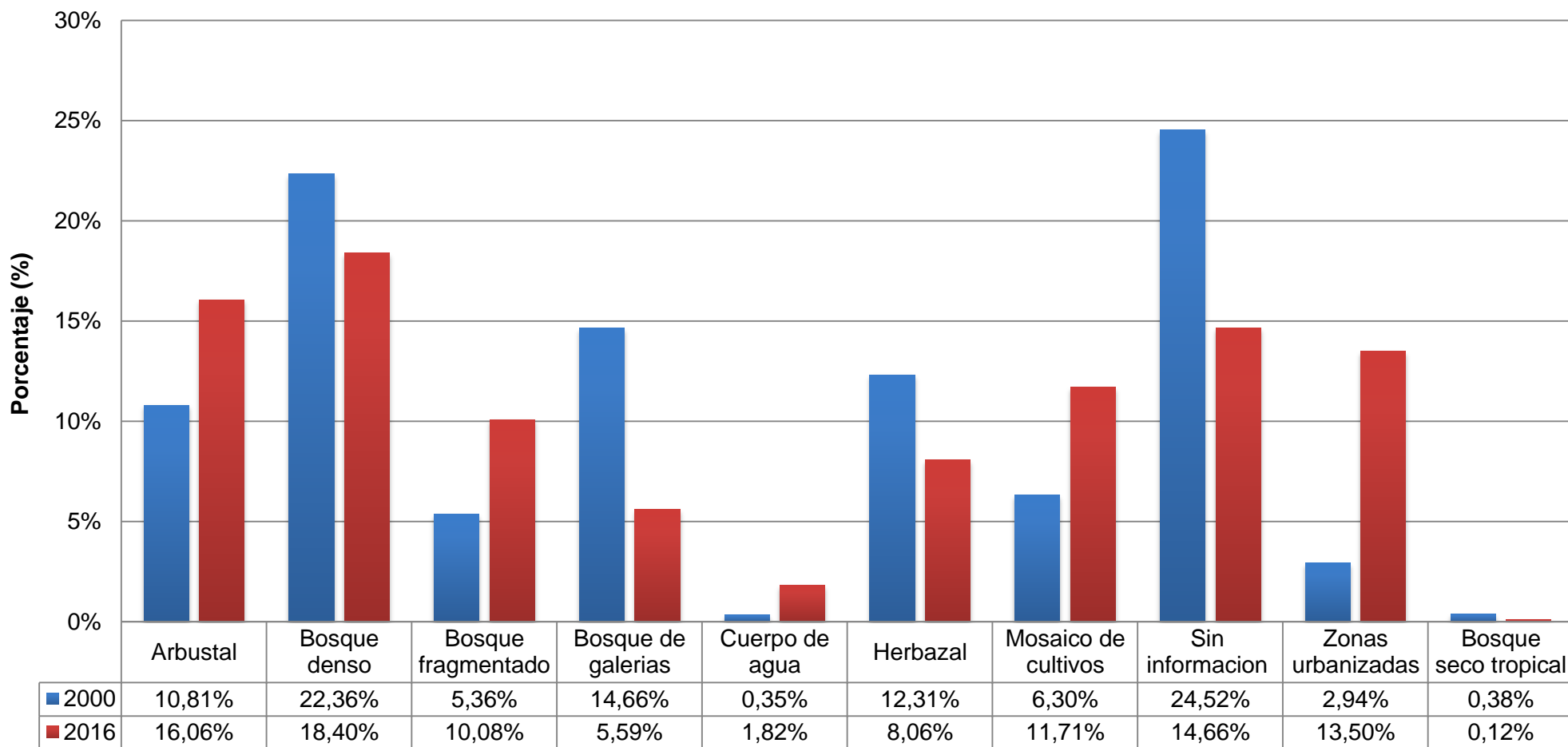
Por otra parte, el bosque seco tropical se redujo en un 67,22%; es decir, que 157,14 ha. fueron transformadas por las actividades antrópicas que se desarrollaron durante los años del 2000 y 2016. Por otro lado, hubo coberturas que aumentaron su área de extensión como es el caso de las zonas urbanizadas; las cuales, aumentaron aproximadamente 5 veces su área respecto con la que contaban para el año 2000; es decir, 7.082,01 ha. Asimismo, los cuerpos de agua representaron una extensión de 985 ha. (aproximadamente entre 5 y 6 veces el área inicial).

El aumento de esta última cobertura de la Tierra, se debe principalmente a la construcción del proyecto hidroeléctrico El Quimbo; además, los bosques fragmentados reflejan un aumento en 3.355,36 ha. (el doble del área que comprendía para el año 2000).

En la (Gráfica 3) se observa el porcentaje con el que cuenta el bosque seco tropical y cada una de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Garzón en los años 2000 y 2016.

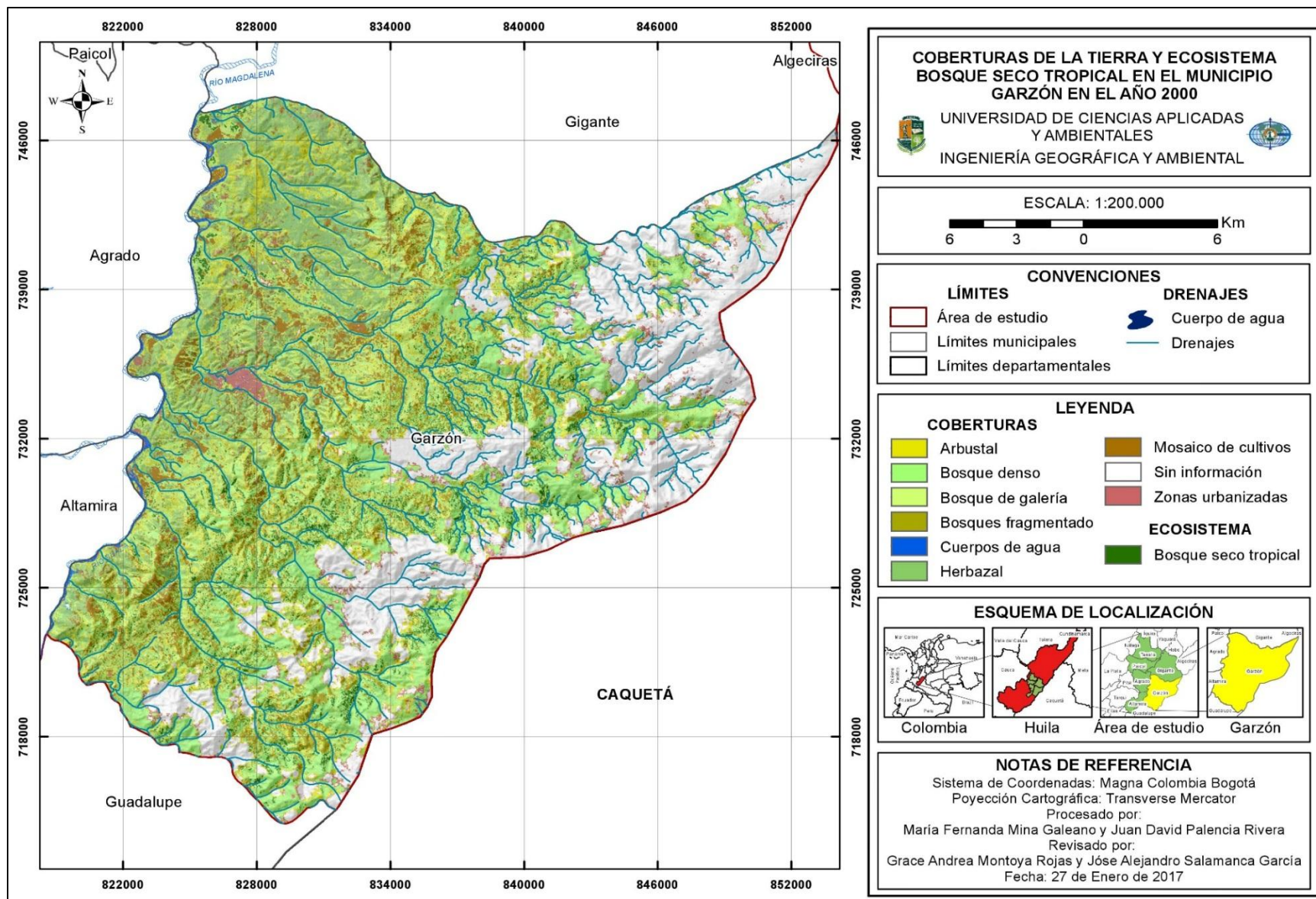
En los mapas 15 y 16, se evidencia la distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Garzón en los años 2000 y 2016 respectivamente.

Bosques seco tropical (bs-T) y coberturas de la Tierra presentes en el municipio Garzón

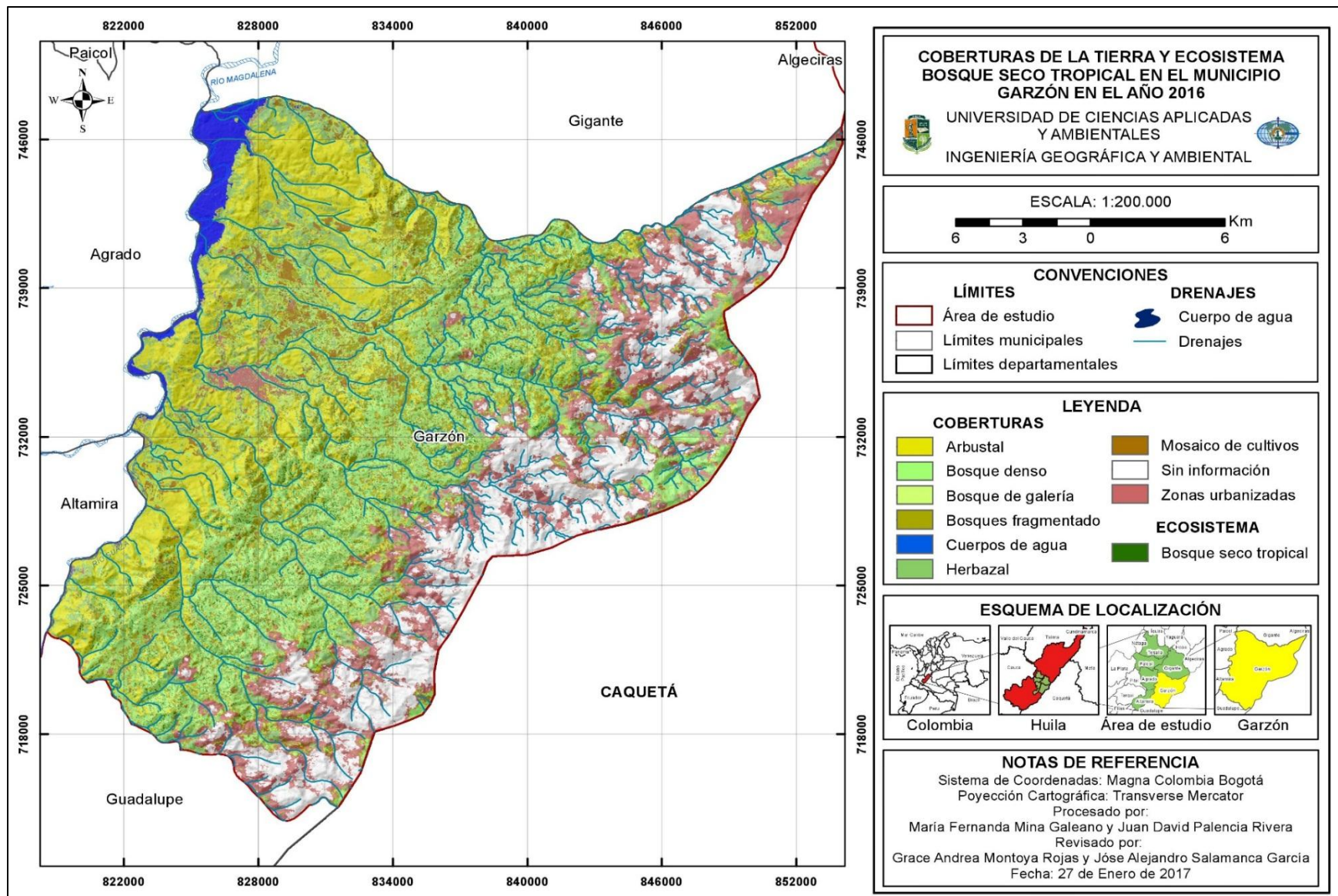


Gráfica 3. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Garzón.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 15. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Garzón en el año 2000. Elaboración grupo de trabajo.



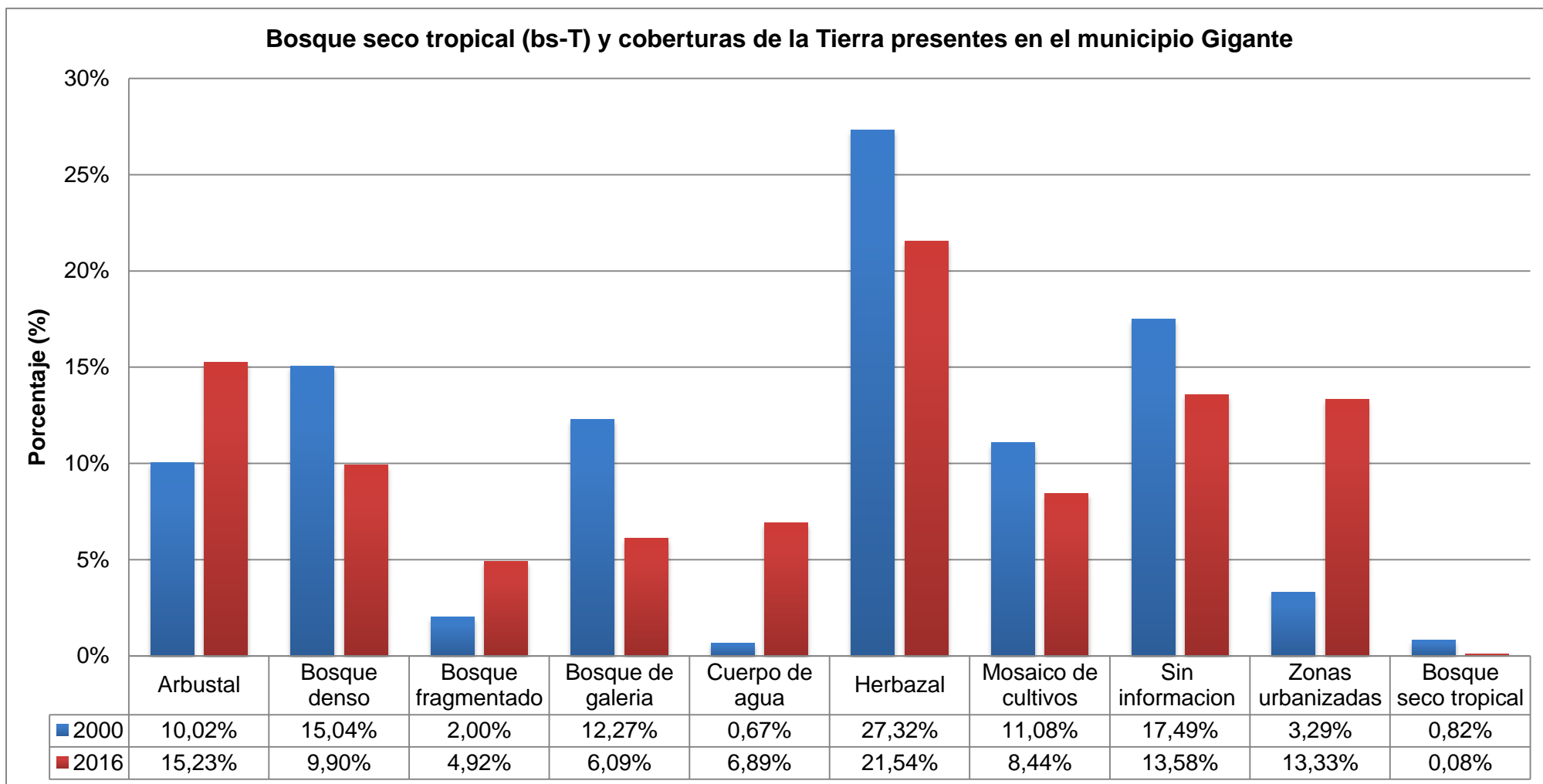
Mapa 16. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Garzón en el año 2016. Elaboración grupo de trabajo.

❖ **Municipio Gigante**

El municipio Gigante tiene una extensión total de 50.518 ha, dicha extensión representa el 22,62% del área de estudio. Para el año 2000 predomina la cobertura herbazal con una extensión de 13.799,88 ha. equivalentes al 27,32% del área del municipio, seguido del bosque denso con una extensión de 7.600,20 ha. correspondientes al 15,04% y el bosque de galerías con una extensión de 6.200,84 ha. representando el 12,27% del área municipal.

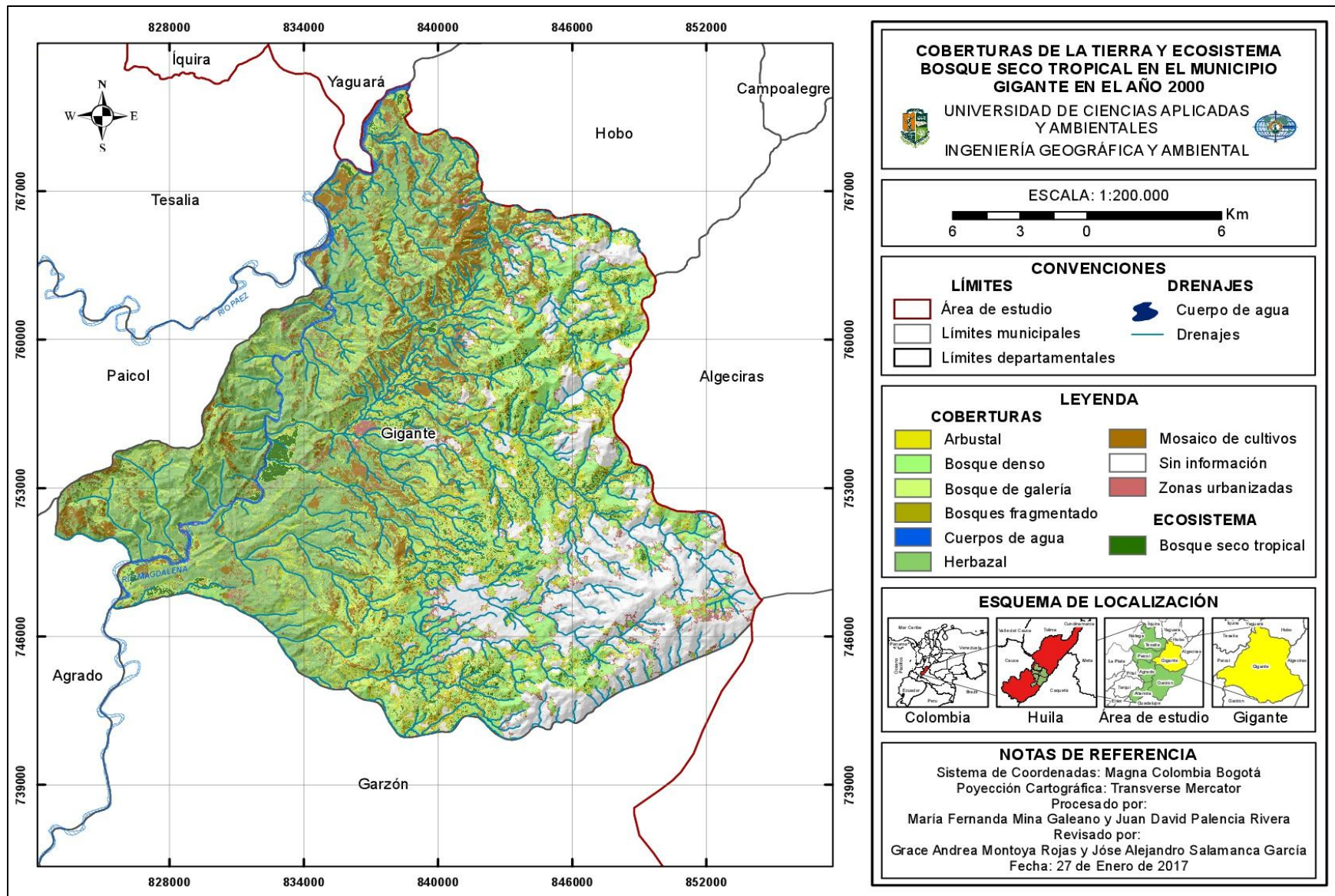
El bosque seco tropical presenta una extensión de 412,04 ha. lo que corresponde al 0,82% del área total del municipio. Para el año 2016, las zonas urbanizadas representan una extensión de 5.072,85 ha. (aproximadamente 4 veces el área que representaban en el año 2000). Por otra parte, la cobertura arbustal aumentó en un 34,21%; es decir, que para el año 2000 contaba con una extensión de 5.061,825 ha. y en el año 2016 paso a tener 7.694,28 ha. lo que equivale a un aumento de 2.632,45 ha. También, la cobertura cuerpos de agua presenta un aumento de 3.142,06 ha. lo que representa un aumento de 10 veces el área comprendida para el año 2000, este aumento se debe principalmente a la construcción del proyecto hidroeléctrico El Quimbo. El bosque seco tropical para el año 2016, sufrió una transformación reduciendo su extensión en un 90,18% del área que comprendía para el año 2000, pasando de tener 412,04 ha. a 40,43 ha. respectivamente. Asimismo, la cobertura bosque denso presenta una disminución del 34,16% la cual representa una extensión de 2.596,86 ha. Finalmente el bosque de galerías, redujo su área para el año 2016 en 2.075,32 ha. equivalentes a un 66,53%.

En la (Gráfica 4) se observa el porcentaje con el que cuenta el bosque seco tropical y cada una de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Gigante en los años 2000 y 2016. En los mapas 17 y 18, se evidencia la distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Gigante en los años 2000 y 2016 respectivamente.

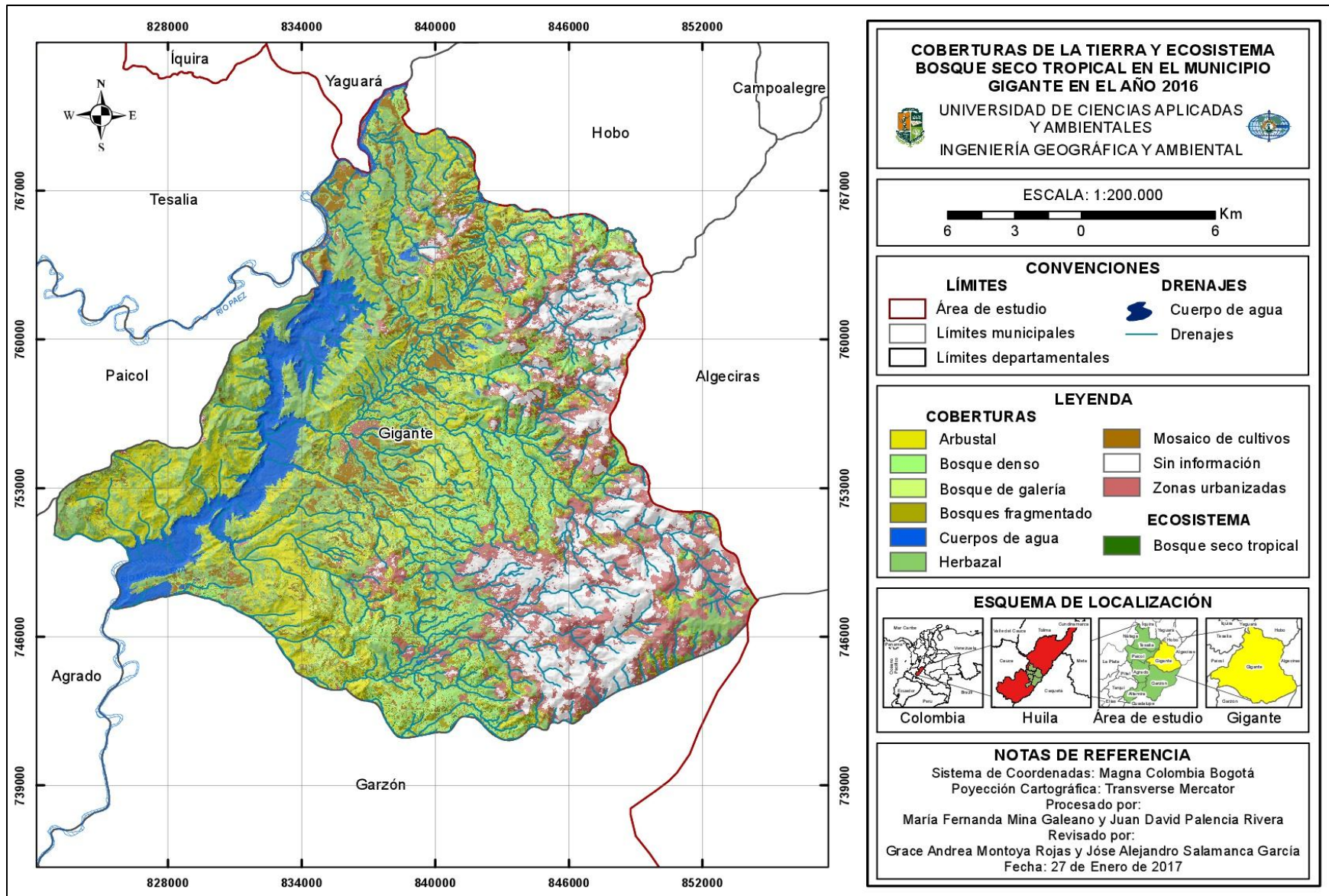


Gráfica 4. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Gigante.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 17. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Gigante en el año 2000. Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 18. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Gigante en el año 2016. Elaboración grupo de trabajo.

❖ Municipio Paicol

El municipio Paicol cuenta con una extensión total de 28.065,19 ha. equivalente al 12,57% del área de estudio. Para el año 2000, predomina la cobertura herbazal con una extensión de 9.722,50 ha. lo que equivale al 34,63% del área del municipio, le sigue la cobertura mosaico de cultivos con una extensión de 6.280 ha, lo que representa el 22,38% del área municipal. Por otro lado, el bosque de galería representa una extensión de 4.130,96 ha. correspondiente al 14,72%.

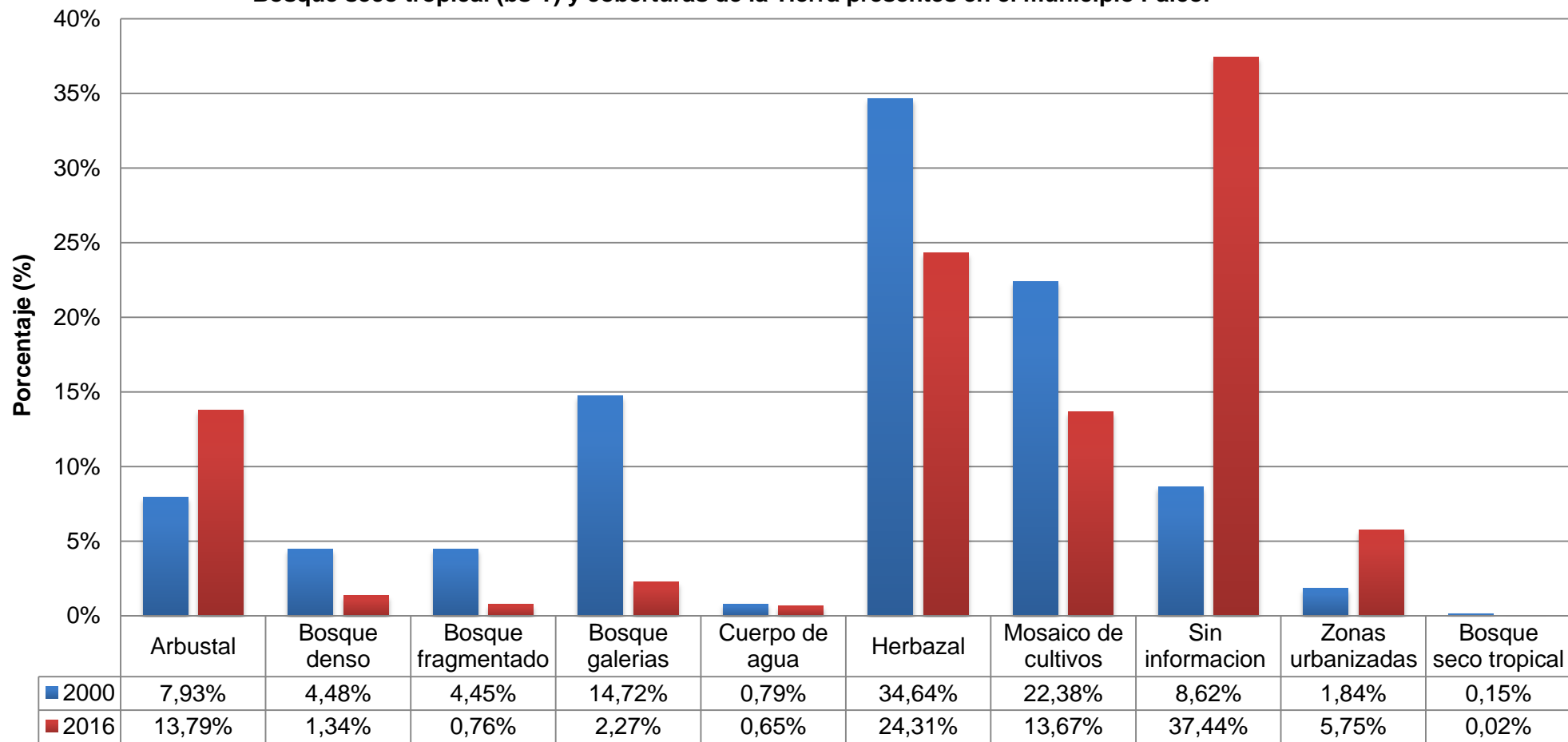
El bosque seco tropical para este año cuenta con una extensión de 41,71 ha. equivalentes al 0,15%; del mismo modo, las zonas urbanizadas presentan una extensión de 515,90 Ha; es decir, el 1,84%. Para el año de 2016, las coberturas identificadas y el bosque seco tropical presentaron una transformación respecto al año 2000. La cobertura arbustal tuvo un aumento del 42,52% correspondiente a una extensión de 1.645,70 ha. por otra parte, las zonas urbanizadas aumentaron su extensión a 1.097,4 ha. (aproximadamente 3 veces el área representada para el año 2000).

Por otro lado, el bosque de galerías presenta una transformación del 79,71% representando a 3,292,95 ha; además, la cobertura de mosaico de cultivos en el año 2016 se redujo en un 38,39%, pasando de tener una extensión de 6.280 ha. en el año 2000 a una extensión de 3.837,41 ha. Para el bosque seco tropical, se evidencia una disminución significativa; ya que, para el año 2016 se redujo en un 89,16%; es decir, paso de tener 41,7 ha. a presentar 4,52 ha.

En la (Gráfica 5) se observa el porcentaje con el que cuenta el bosque seco tropical y cada una de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Paicol en los años 2000 y 2016.

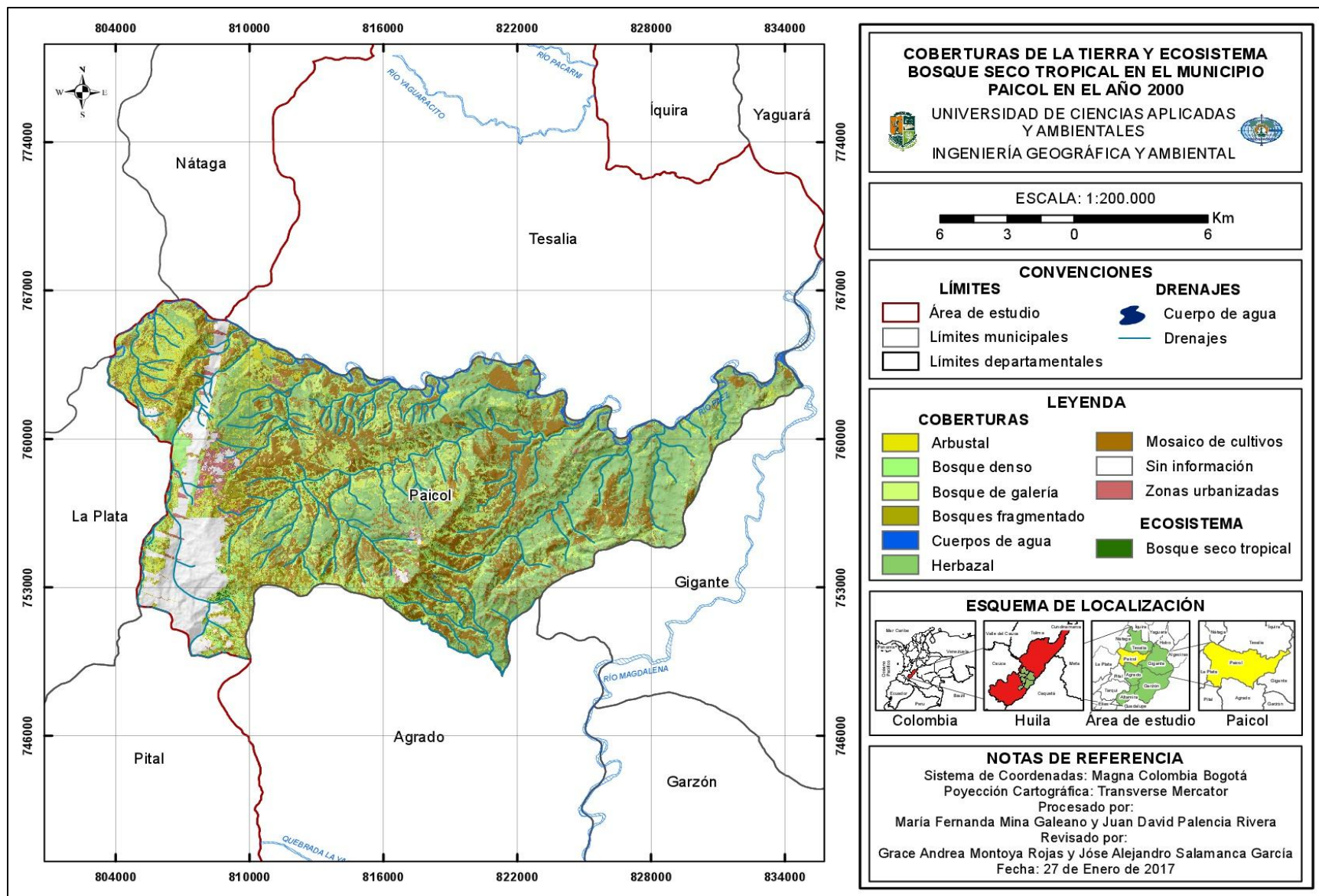
En los mapas 19 y 20, se evidencia la distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Paicol en los años 2000 y 2016 respectivamente.

Bosque seco tropical (bs-T) y coberturas de la Tierra presentes en el municipio Paicol

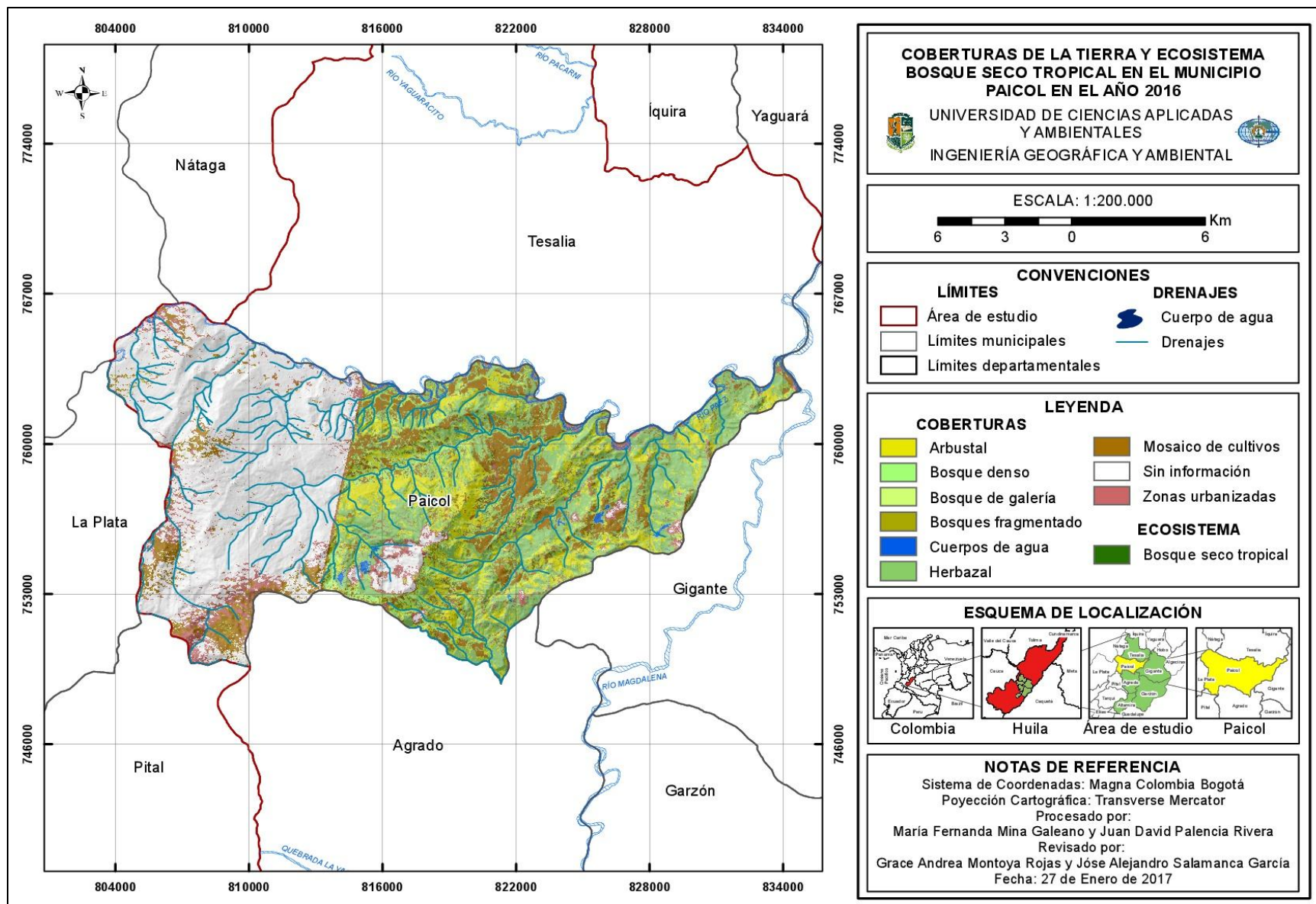


Gráfica 5. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Paicol.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 19. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Paicol en el año 2000. Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 20. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Paicol en el año 2016. Elaboración grupo de trabajo.

❖ **Municipio Tesalia**

El municipio Tesalia tiene una extensión total de 38.230 ha. equivalente al 17,12% del área de estudio. Para el año 2000, la cobertura herbazal se destaca con una extensión de 15.408,47 ha. correspondiente al 40,30%, seguida del mosaico de cultivos con una extensión de 7.621,90 ha. que equivale al 19,94% y el bosque de galerías con una extensión de 7.204,09 ha. correspondiente al 18,84% del área del municipio.

El bosque seco tropical para ese mismo año, cuenta con una extensión de 130 ha. que corresponde al 0,34% del área del municipio. Por otra parte, las zonas urbanizadas tienen una extensión de 695,20 ha. que corresponde al 1,82%.

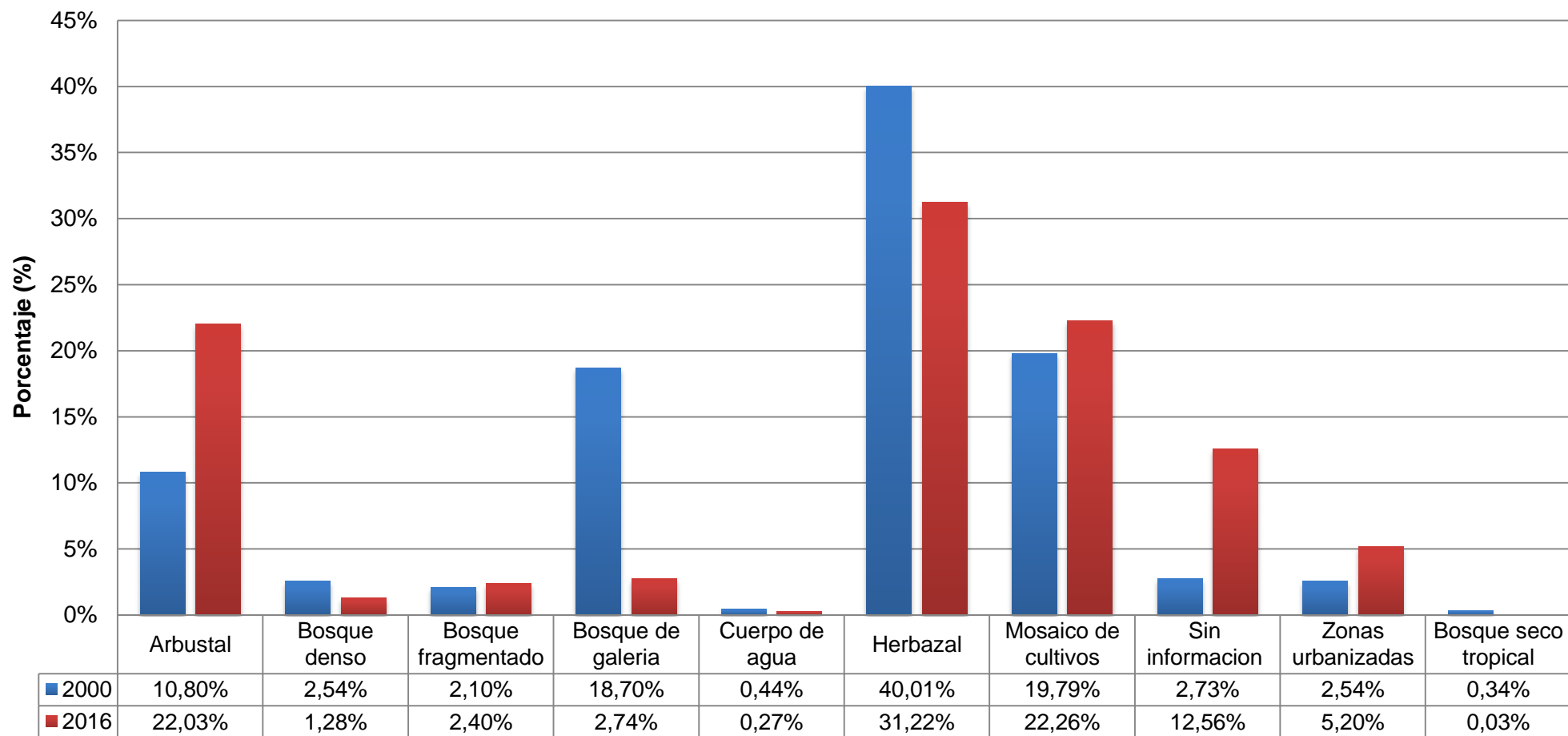
Para el año 2016, se presenta una transformación en las coberturas identificadas y en el bosque seco tropical. Las zonas urbanizadas presentaron un aumento en su área, pasando de tener una extensión de 695,20 ha. en el año 2000 a presentar una extensión de 1.990,93 ha. en el año 2016, lo que significa un aumento de aproximadamente tres veces el área inicial. La cobertura arbustal paso de tener una extensión de 4.159,06 ha. en al año 2000 a presentar una extensión de 8.430,84 ha. en el año 2016; además, la cobertura mosaico de cultivos paso de tener una extensión de 7.621,90 ha. a tener un aumento del 10,53% equivale a 897,70 ha. en el año 2016.

Por otra parte la cobertura bosque de galerías presenta una disminución significativa; ya que, se redujo en un 85,46% que equivale a 6.256,63 ha. para el año 2016. El bosque denso presenta una disminución de 49,81%; es decir, paso de tener una extensión de 979,74 ha. en el año 2000 a presentar una extensión de 491,62 ha. en el año 2016. El bosque seco tropical presenta una disminución de un 92,53%, lo que equivale a una extensión de 120,69 ha. Deduciendo que en el municipio Tesalia (respecto a los demás municipios objeto de estudio) el bosque seco tropical se encuentra altamente amenazado por el incremento de las actividades antrópicas y por el cambio en los usos del suelo.

En la (Gráfica 6) se observa el porcentaje con el que cuenta el bosque seco tropical y cada una de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Tesalia en los años 2000 y 2016.

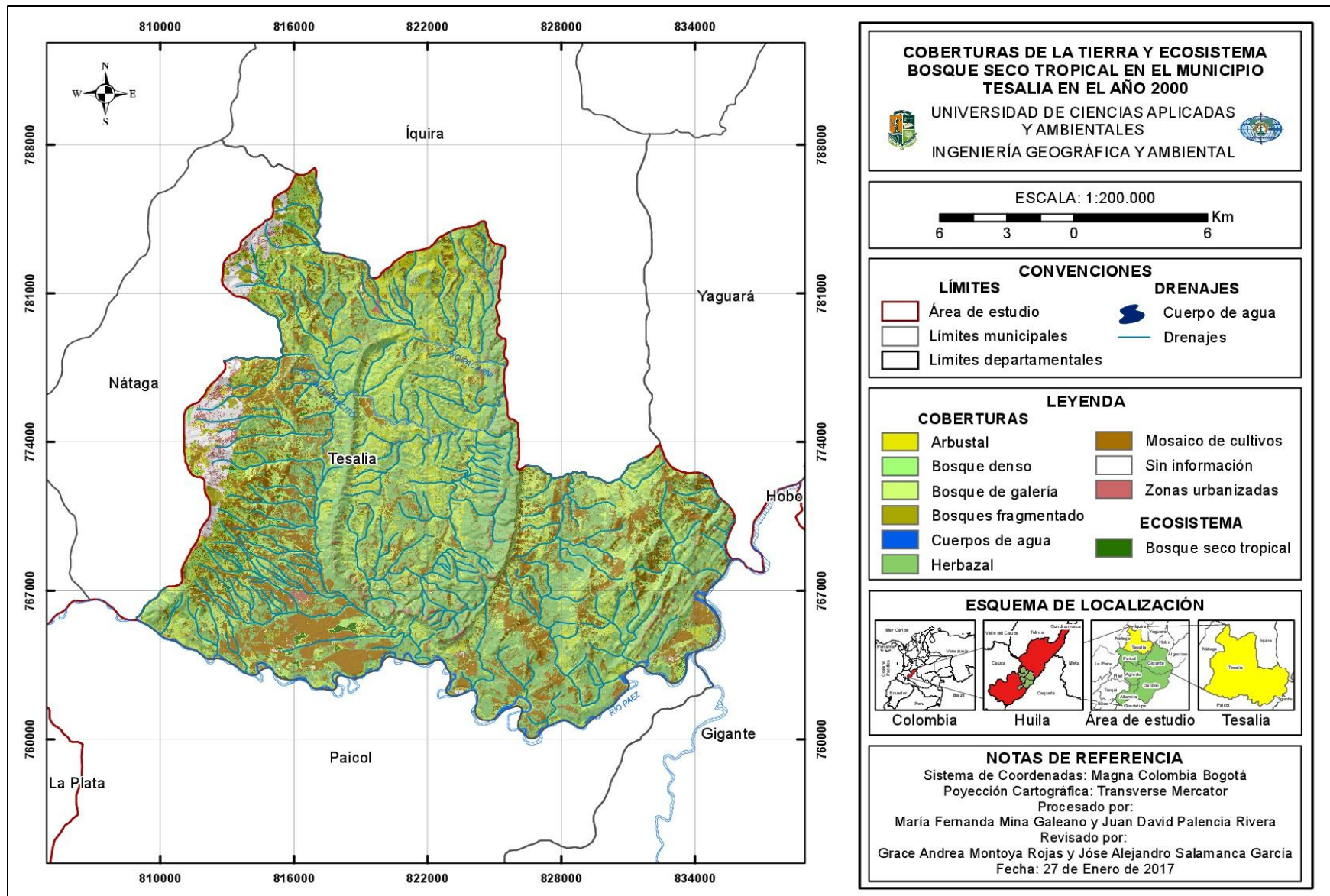
En los mapas 21 y 22, se evidencia la distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Tesalia en los años 2000 y 2016 respectivamente.

Bosque seco tropical (bs-T) y coberturas de la Tierra presentes en el municipio Tesalia

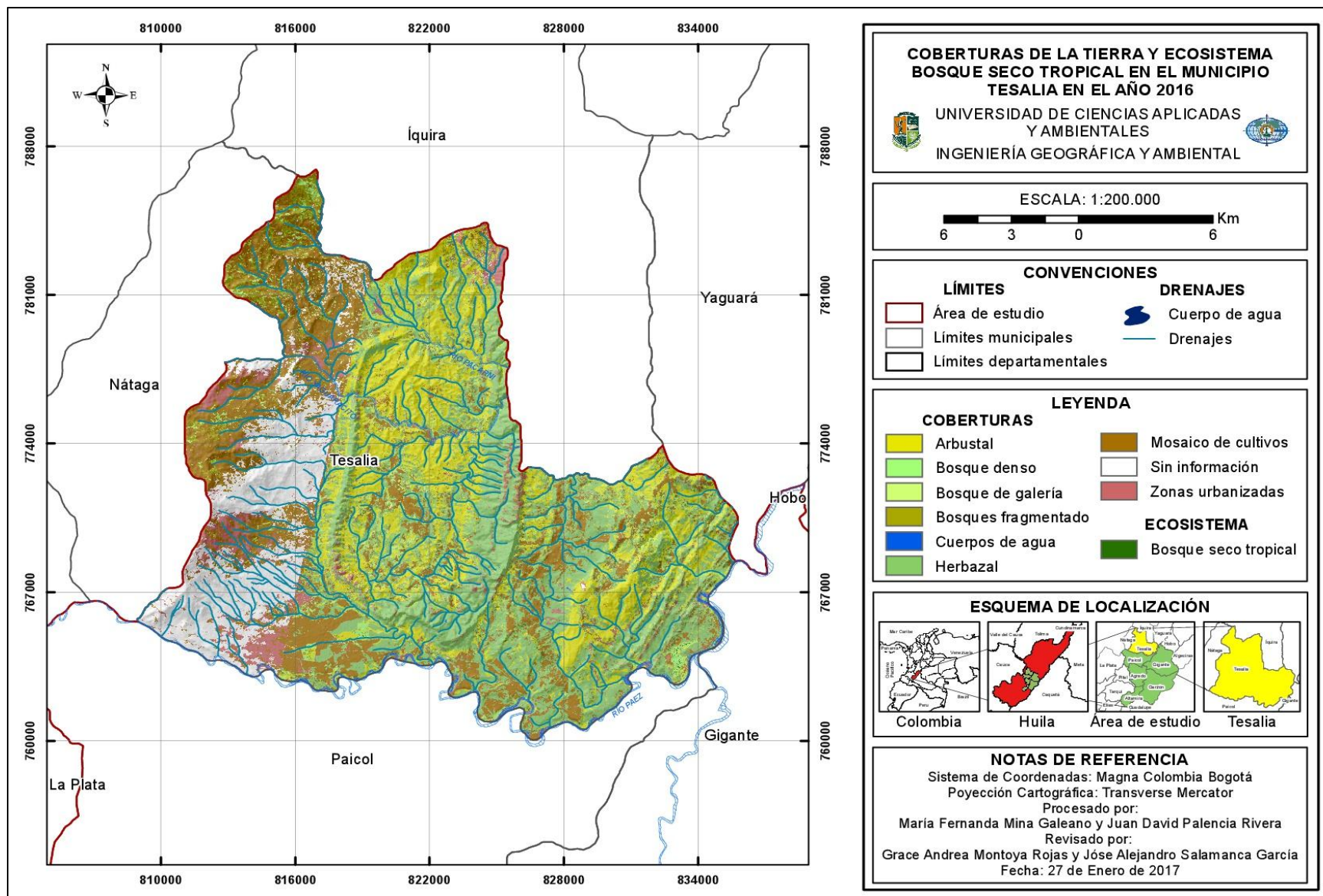


Gráfica 6. Porcentajes del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra identificadas en el municipio Tesalia.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 21. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Tesalia en el año 2000. Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 22. Distribución del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el municipio Tesalia en el año 2016. Elaboración grupo de trabajo.

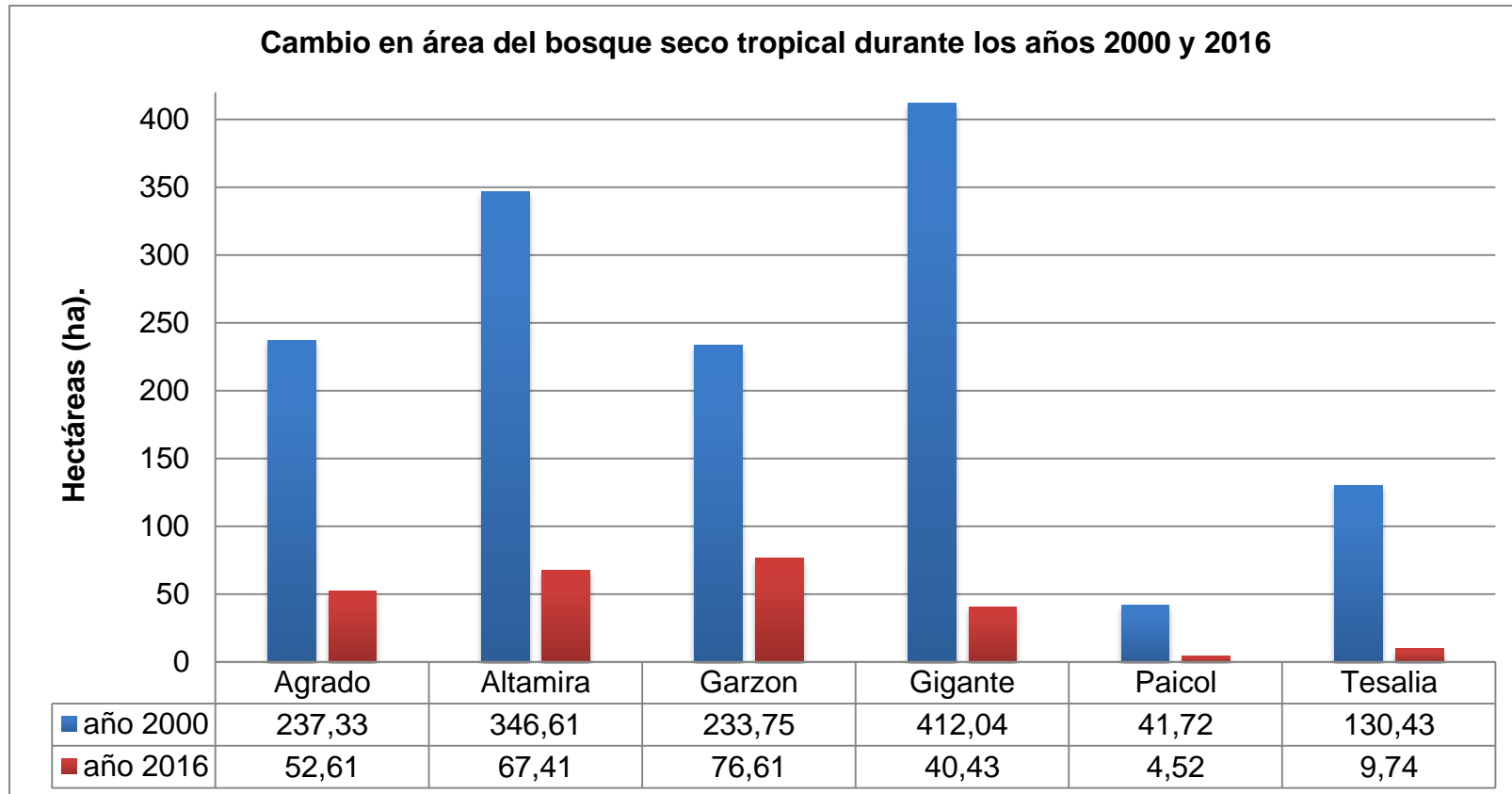
29.1 Transformación del bosque seco tropical en el área de estudio

El bosque seco tropical para el año 2000 cuenta con un área total de 1.401,89 ha. El municipio que cuenta con mayor extensión de dicho ecosistema es el municipio Gigante con un 29,39% (412,04 ha), seguido del municipio Altamira con 24,72% (346,61 ha), le sigue el municipio Agrado con un 16,93% (237,33 ha) y el municipio Garzón con un 16,67% (233,75 ha); mientras, que los municipios que cuentan con una extensión menor al 10% de bosque seco tropical son los municipios Paicol y Tesalia con una extensión de 2,98% (41,72 ha) y 9,30% (130,43 ha) respectivamente.

En el análisis realizado para el año 2016 se identifica una disminución del 82,07% de bosque seco tropical, indicando que durante 16 años este ecosistema tuvo una reducción de 1.150,56 ha. El municipio que presenta una mayor reducción de bosque seco tropical es Tesalia representando una disminución del 92,53%, seguido del municipio Gigante con una disminución del 90,19% (en estos municipios las coberturas mosaico de cultivos y zonas urbanizadas, aumentaron significativamente su extensión). Por otro lado, los municipios Paicol y Altamira presentan una disminución del 89,17% y 80,55% respectivamente, mientras que en los municipios Agrado (77,83%) y Garzón (67,23%) la transformación del bosque seco tropical fue menor.

La transformación del bosque seco tropical se debe principalmente al incremento de las actividades antrópicas que se han desarrollado en la región del Alto Magdalena, actividades como la agricultura, la ganadería, la urbanización, el turismo y el desarrollo de proyectos hidroeléctricos (específicamente, el proyecto hidroeléctrico El Quimbo el cual cuenta con una extensión aproximada de 8.892 ha.)

En la gráfica 7 se observa la transformación (cambio en área) del bosque seco tropical en los municipios objeto de estudio.



Gráfica 7. Cambio en área del bosque seco tropical en el área de estudio durante los años 2000 y 2016.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.

30 ESTADO DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO “HÁBITAT PARA ESPECIES” DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016

“El bosque seco tropical representa cerca del 42% de los ecosistemas boscosos tropicales del mundo” (Murphy & Lugo, 1995). “Este ecosistema se caracteriza principalmente por presentar una alta biodiversidad o diversidad biológica especialmente por un elevado número de endemismo, formas de vida y grupos funcionales; igualmente por una alta diversidad beta entre regiones biogeográficas” (Linares-Palomino et al, 2011).

De acuerdo con la definición de biodiversidad, expuesta en el Convenio sobre la Diversidad Biológica realizado por (Naciones Unidas, 1992) y teniendo en cuenta que dicho término es entendido como un sistema, el cual está caracterizado por tener una estructura y composición (expresada como una estrecha e interdependiente relación entre las especies vegetales, animales y microbianas; los cuales, son percibidos como servicios ecosistémicos), debe mantener su funcionamiento debido a la interacción de los ciclos biogeoquímicos, los cuales producen la complejidad de las relaciones que constituyen la biodiversidad.

Por lo tanto, con base en la metodología del análisis integral del paisaje empleada por (Montoya-Rojas et al, 2016), el flujo de los ciclos biogeoquímicos que se acumula en el suelo, juega un papel importante en la función de éste. De allí la importancia de estudiar los servicios ecosistémicos brindados por la biodiversidad teniendo en cuenta que ésta última es soportada por el suelo. De tal manera, los ciclos biogeoquímicos que se presentan en la naturaleza adquieren una mayor intensidad en el bosque seco tropical; ya que, se presentan distintas características en el paisaje que se derivan por la ausencia o abundancia de humedad.

Por tal razón y teniendo en cuenta la metodología mencionada con anterioridad, se procede a identificar los ciclos biogeoquímicos que interactúan en el área de estudio; los cuales, se describen a continuación:

❖ **Agua (H₂O):** teniendo en cuenta que el bosque seco tropical es una formación vegetal compuesta por árboles, arbustos, plantas trepadoras, epífitas y hierbas que se desarrollan en regiones tropicales de piso térmico cálido donde anualmente las lluvias se concentran en uno o dos períodos cortos mientras que durante el resto del año prevalecen condiciones de sequía, las especies de plantas y animales que se desarrollan en este ecosistema adquieren características en su estructura, las cuales les permite adaptarse a las condiciones de estrés hídrico a las que son sometidas.

Cuando comienza la estación seca, la vegetación pierde completamente su follaje; donde, las hojas de los árboles se marchitan y al caer forman un denso tapete ocre sobre el suelo, el bosque seco tropical permanece así durante largo tiempo hasta que regresan las lluvias donde el ambiente se llena de color y vida. Finalmente durante estas épocas y por la acción del agua, se pone en marcha un nuevo ciclo de vida; donde reverdece el bosque y se prepara para las prolongadas épocas de sequía. (Merlano, 2006)

❖ **Azufre (S):** el Dióxido de Azufre (SO₂) es uno de los contaminantes primarios que se encuentra en mayor cantidad en la atmósfera, se combina fácilmente con el agua (H₂O) de la atmósfera dando lugar al Ácido Sulfúrico (Lluvia ácida). Ésta se forma por los volcanes y vegetación en descomposición, las industrias y/o los automóviles, los cuales emiten gases contaminantes tales como Dióxido de Azufre (SO₂) y Óxido de Nitrógeno (NxOy). Al entrar en contacto con la atmósfera, las emisiones de gas reaccionan y se transforma en Sulfato y Ácido Nítrico, donde ambas partículas contaminantes se adhieren a partículas naturales de precipitación cayendo como lluvia o nieve acida, algunas partículas no se mezclan con la humedad sino que caen en forma de “lluvia seca”, un proceso dañino denominado “deposición” generando efectos negativos (Heagle, 1982).

El (USGS, 2016) reitera que:

Las bacterias son un grupo muy diverso y numeroso en el suelo que poseen un papel importante en la fragmentación, humificación, mineralización de la materia orgánica y en conjunto con el nitrógeno y azufre ayudan al ciclo de nutrientes en el suelo del bosque seco tropical.

❖ **Carbono (C):** el cambio climático y los bosques secos tropicales están íntimamente ligados en el ciclo del Carbono.

Por una parte, los cambios que se producen en el clima mundial están afectando a los bosques debido a que las temperaturas medias anuales son más elevadas y a la presencia cada vez más frecuente de fenómenos climáticos extremos. Al mismo tiempo, los bosques y la madera que producen este tipo de ecosistemas, capturan y almacenan Dióxido de Carbono (CO₂), con lo cual contribuyen considerablemente a mitigar el cambio climático. (FAO, 2006)

Los bosques ayudan a mitigar estos cambios al absorber el Dióxido de Carbono proveniente de la atmósfera y convertirlo a través de la fotosíntesis en Carbono, almacenándolo en la vegetación.

En los árboles, el Carbono corresponde alrededor del 20% de su peso; además, el conjunto de la biomasa forestal también funciona como "sumidero de Carbono"; es decir, la materia orgánica del suelo de los bosques (como el humus producido por la descomposición de la materia vegetal muerta) también actúa como depósito de Carbono". (Murphy & Lugo, 1995)

❖ **Fósforo (P):** los seres vivos toman el Fósforo en forma de fosfatos a partir de las rocas fosfatadas, que mediante la meteorización se descomponen y liberan los fosfatos; éstos, pasan a las especies vegetales de los bosques secos por medio del suelo que después son consumidas por los animales. Cuando éstos excretan, los descomponedores (microorganismos) actúan volviendo a producir fosfatos.

❖ **Nitrógeno (N):** "es un nutriente esencial para el crecimiento de las plantas y es abundante en el ambiente donde puede ser introducido a través del drenaje y los fertilizantes" (USGS, 2016).

La fijación de este elemento químico por parte del bosque seco tropical, es de suma importancia; ya que, contribuye al control del clima. Se trata de la cantidad de Nitrógeno (N) que se encuentra en las hojas y ramas extremas de los árboles, el dosel

forestal incrementa el albedo; es decir, la cantidad de luz que se refleja de vuelta hacia la atmósfera y por lo tanto contribuye a la disminución del calentamiento global. Esto se debe a que, entre más rico es el dosel forestal de los bosques en este elemento, mayor es la asimilación de Dióxido de Carbono (CO_2) proveniente de la atmósfera. Por otra parte la fijación natural del Nitrógeno, puede ocurrir por procesos químicos espontáneos como la oxidación que se produce por la acción de los rayos durante las épocas de lluvia que se presentan en el bosque seco tropical, formando de esta manera óxidos de Nitrógeno que son absorbidos por el suelo. (Merlano, 2006)

- ❖ **Hidrógeno (H):** las precipitaciones también alteran el pH de un suelo, altas precipitaciones hacen que el pH se vuelva más ácido por la acumulación del ión hidrógeno contenido en el agua, mientras que precipitaciones bajas harán que el pH de una zona sea más alcalino o básico (Universidad de Caldas, 2011). Los suelos con más materia orgánica como es el caso de los entisoles (suelos fértiles en los que mayormente se presenta el bosque seco tropical), tienden a amortiguan mejor el pH; ya que, entre los diversos cationes fijados por el complejo adsorbente está el catión hidrógeno (Heagle, 1982).
- ❖ **Oxígeno (O):** la disposición de Oxígeno en el bosque seco tropical, se da a partir del proceso de fotosíntesis. Dicho proceso, permite transformar el agua (H_2O) junto con la absorción de Dióxido de Carbono (CO_2) en el Oxígeno que tanto necesitan los seres vivos para su existencia.

30.1 La biodiversidad representada en el sustento de los servicios ecosistémicos, el bienestar humano, animal, vegetal y microbiano.

El funcionamiento de los ecosistemas teniendo en cuenta las funciones ambientales relacionadas con el servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies”, incluyen características de la vegetación (estructura, biomasa y evapotranspiración), elementos de flora y fauna (diversidad de especies, dinámicas), propiedades de comunidades vivientes

(interacciones, cadenas alimentarias, descomposición de la materia orgánica) y aspectos del valor de conservación (como integridad y rareza) (Ekins, 2003).

Asimismo, (Rudolf et al, 2002) afirman que:

Las funciones de hábitat se relacionan con la provisión de ecosistemas naturales de sitios de refugio y reproducción para especies de plantas y animales silvestres, esto contribuye a la conservación *in situ* de la diversidad biológica, el mantenimiento de las poblaciones de especies migratorias o aprovechables, así como de los procesos evolutivos.

La calidad de un hábitat según el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, se puede definir como “una función de los atributos físicos y biológicos que pueden variar espacial y temporalmente y que son necesarios para la supervivencia y reproducción de las especies”. Dicha calidad, está positivamente relacionada con la calidad de la vegetación y de los individuos que viven en el hábitat. La caracterización de un hábitat incluye aspectos de composición y estructura, siendo esta última la que determina los patrones de ocupación del hábitat por las especies animales, por consiguiente el factor más importante para la provisión de hábitat es la vegetación. Debido a la estacionalidad de las lluvias, las plantas del bosque seco tropical presentan una gran variedad de patrones fenológicos que van desde especies vegetales que nunca pierden sus hojas; denominadas siempre verdes, hasta aquellas que pierden todo su follaje durante las época de sequía o de lluvias (caducifolias) (Frankie et al, 1974, Reich, 1995, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 2013).

La vegetación constituye uno de los componentes del medio físico de mayor importancia para el equilibrio del medio ambiente; por consiguiente, para conocer la estructura de hábitat a partir de la comunidad vegetal, se analiza la densidad de vegetación. Para ello, existen diversas metodologías para estudiar mediante imágenes satelitales los cambios estacionales

que ocurren en la vegetación; uno de ellos, es la aplicación de índices vegetativos relacionados con el verdor de la vegetación. (Universidad de Valladolid, 1996)

Por tal razón, en este trabajo de investigación se emplea el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada también conocido como NDVI por sus siglas en inglés (Normalized Difference Vegetation Index), el cual es utilizado para estimar la salud vegetal representada en la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición por medio de sensores remotos instalados desde una plataforma espacial de la intensidad de radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.

Según (ArcGIS, 2016):

El NDVI, permite generar una imagen que muestra el verdor (la biomasa relativa) aprovechando el contraste de las características de dos bandas de un dataser ráster multiespectral, corresponden a las absorciones del pigmento de clorofila en la banda roja y la alta reflectividad del material de las plantas en la banda cercana al infrarrojo (NIR).

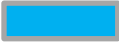
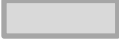
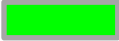
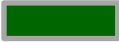
La reflexión diferencial en las bandas roja e infrarroja, permiten supervisar la densidad e intensidad del crecimiento de la vegetación verde utilizando la reflectividad espectral de la radiación solar.

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada mide la relación entre la energía absorbida y emitida por los objetos terrestres. Aplicado a las comunidades de plantas, este índice arroja valores de intensidad del verdor de la zona, evidenciando la cantidad de vegetación presente en la superficie y su estado de salud o vigor vegetativo; además, es un índice no dimensional y por lo tanto los valores van desde -1 a 1. (Universidad de Valladolid, 1996)

En la (Ilustración 10) se observa el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el área de estudio durante los años 2000 y 2016.

Una vez obtenido el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada de los años 2000 y 2016, se procede a realizar por medio de la herramienta Reclassify del software ArcGIS (herramienta que agrupa las variables según el número de categorías) la reclasificación de las variables resultantes del (NDVI). Este procedimiento tiene como objetivo categorizar las variables resultado del NDVI como se evidencia a continuación (Ilustración 11); asimismo en la (Tabla 18) se evidencian las variables y los rangos reclasificados resultado del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

Tabla 18. Variables y rangos reclasificados obtenidos del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en al área de estudio durante los años 2000 y 2016.

VARIABLE	RANGO	LEYENDA
Cuerpos de agua o sombras	Menor a -0,5	
Nubosidad o suelo desnudo	Entre -0,5 y 0,32	
Vegetación baja	Entre 0,32 y 0,64	
Vegetación densa saludable	Entre 0,64 y 1	

Fuente: Elaboración grupo de trabajo

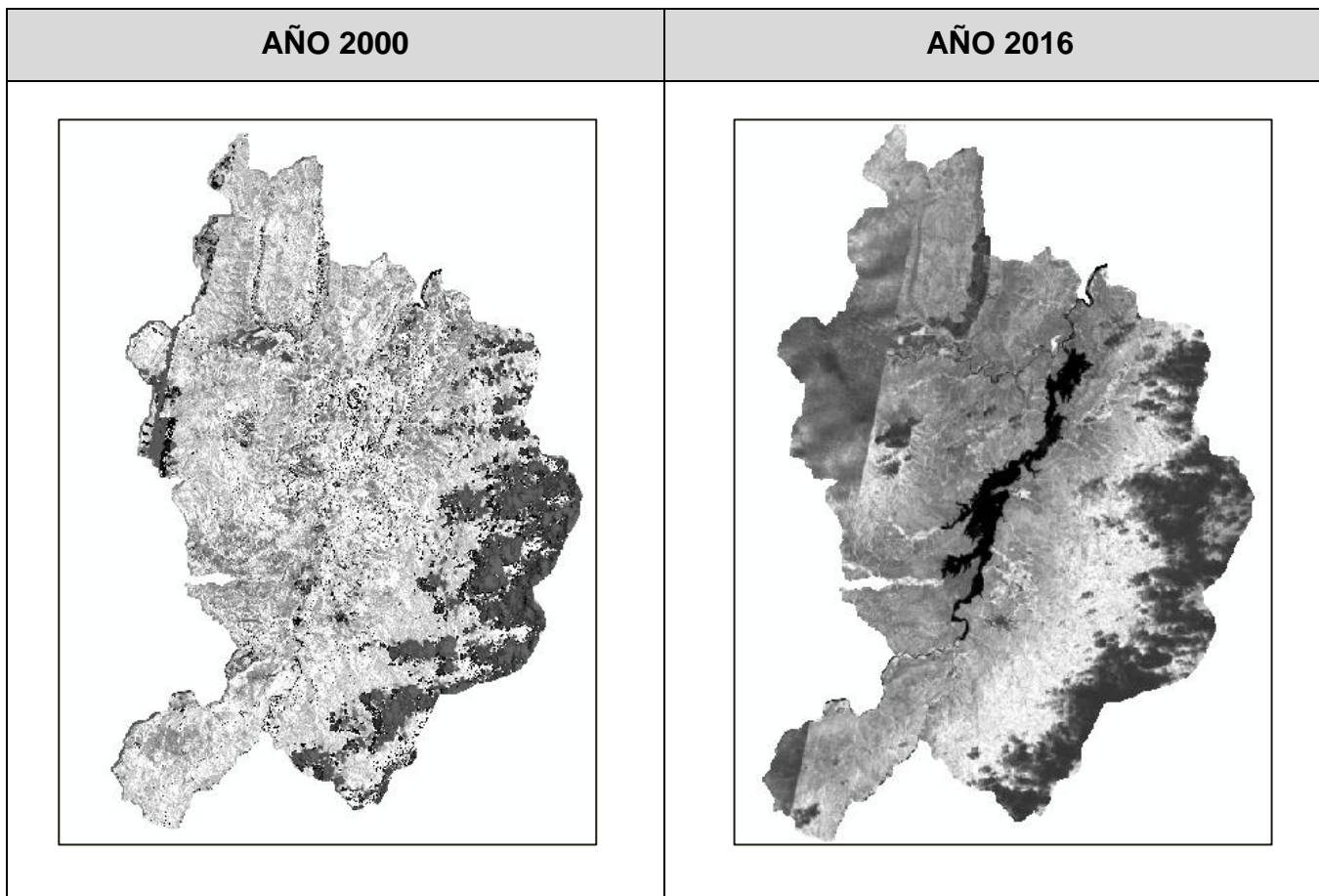


Ilustración 10. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el área de estudio durante los años 2000 y 2016.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.

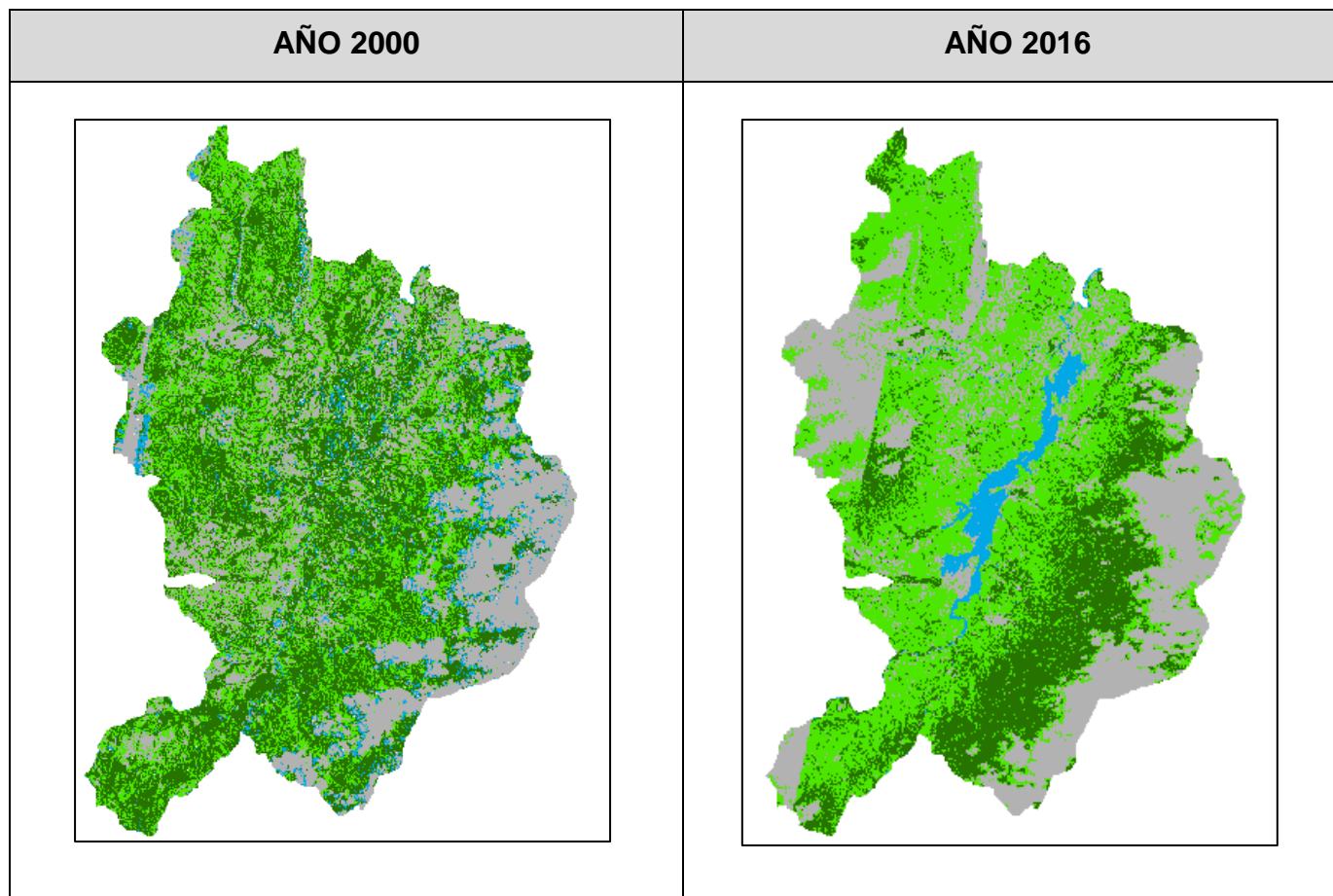


Ilustración 11. Reclasificación de las variables del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el área de estudio durante los años 2000 y 2016.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.

Por medio del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) realizado para el año 2000, predominan las zonas con vegetación saludable con una extensión de 88.354,55 ha. (correspondientes al 39,55% del área total de estudio), seguido de nubosidad o suelo desnudo con una extensión de 62.066,43 ha. lo que equivale al 27,80%, finalizado por vegetación baja con una extensión de 62.024,67 ha. que representa el 27,78% del área total de estudio.

El bosque seco tropical cuenta con el 1,58% de la extensión de vegetación saludable en el área de estudio; debido a que ésta, se ha adaptado a las condiciones de estrés hídrico (característica principal del bosque seco tropical). Por otro lado, la vitalidad de la vegetación representa que dicho ecosistema ayuda con la captación y almacenamiento de Carbono contribuyendo a la reducción de emisiones de Dióxido de Carbono (CO₂), disminuyendo de esta manera el cambio climático. Durante los periodos de tiempo seco, la vegetación de bosque seco tropical pierde su follaje; sin embargo, con la pérdida de ésta, la relación de los ciclos biogeoquímicos mantiene su relación, aportando grandes cantidades de nutrientes al suelo.

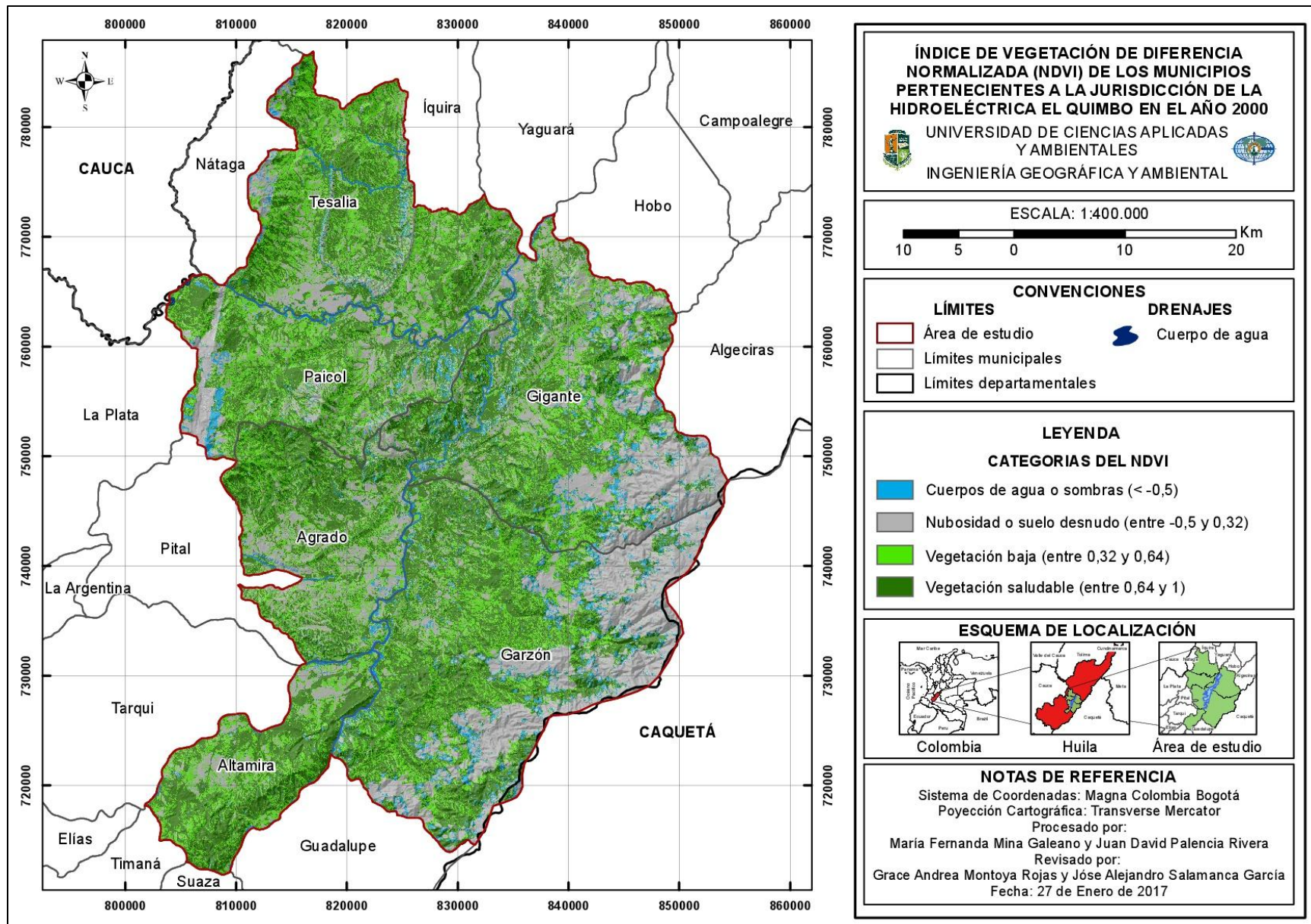
El servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” en el área de estudio para el año 2000 se encuentra en condiciones óptimas para albergar especies animales y microbianas, la vegetación característica del bosque seco tropical como árboles, arbustos, plantas trepadoras, epifitas y hierbas presentan una vitalidad saludable. La vegetación es el factor más importante al momento de la provisión de hábitats a las especies características de dicho ecosistema, las condiciones de vitalidad y la adaptación a un tiempo bimodal ha generado un equilibrio entre el ambiente y las especies que en este habitan.

Para el año 2016 las zonas donde predominaba la vegetación saludable se reducen en un 44,02% lo que equivale a 48,664,66 ha, aumentando en un 38,26% (100.486,44 ha) las zonas menos óptimas para proveer hábitat; es decir, los suelos desnudos (aumentaron un 7,5%) y la vegetación menos favorable para la prestación de servicios ecosistémicos.

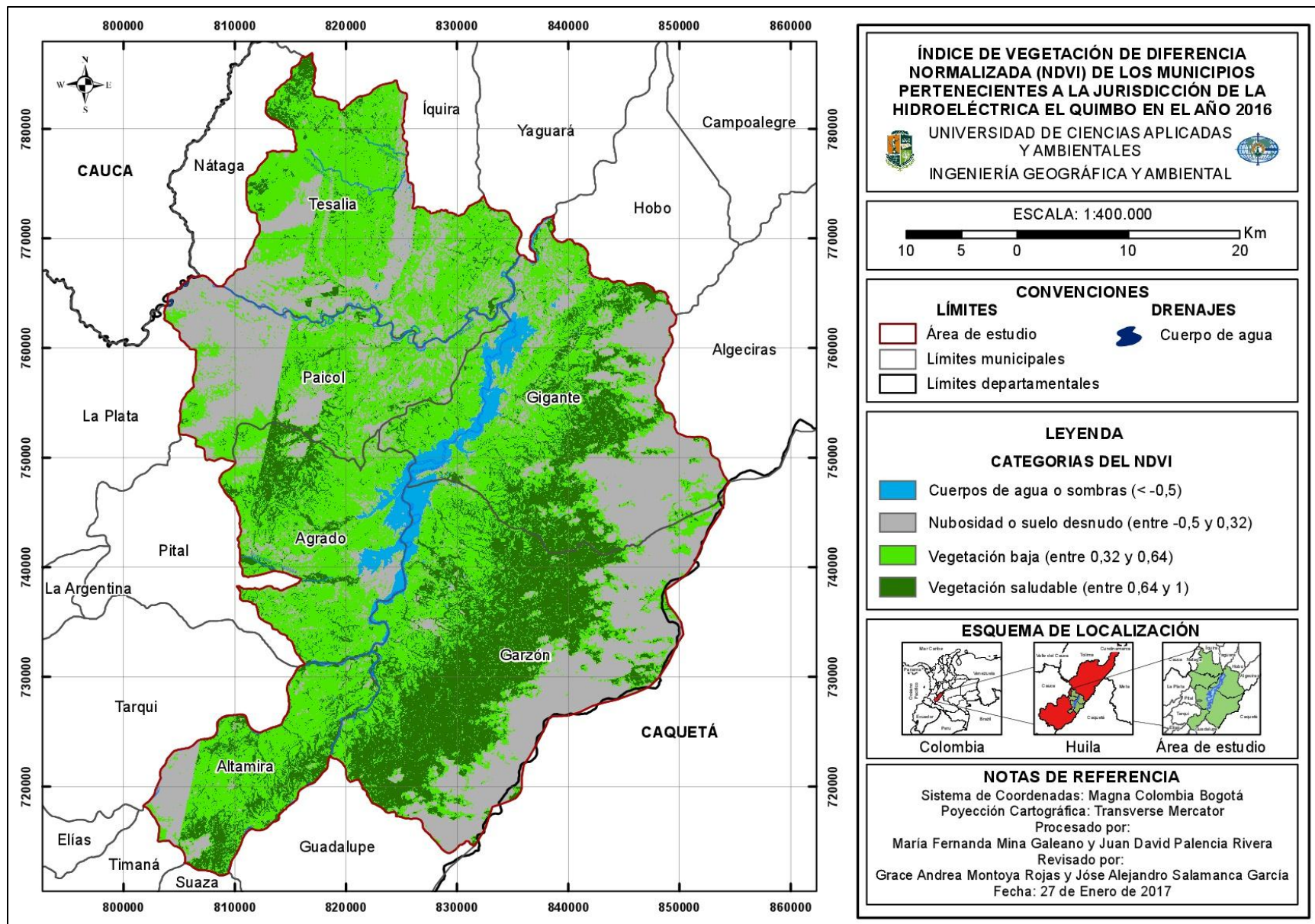
El bosque seco tropical para este año cuenta con 0,51% de vegetación saludable, esta reducción se debe en su mayoría al incremento descontrolado del desarrollo de actividades antrópicas como ganadería, agricultura, turismo y proyectos de hidroeléctricos.

La reducción de área de la vegetación perteneciente al bosque seco tropical, puede generar que dicho ecosistema presente un estrés mayor al que está adaptado debido a la alteración de los ciclos biogeoquímicos. El estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” se ve alterado en el área de estudio, por la disminución de los ecosistemas naturales (incremento de los remanentes de bosque seco tropical) y por el cambio en los usos del suelo, afectando directamente el intercambio y tránsito de las especies animales mediante la obstrucción y pérdida de los corredores ambientales.

En los mapas 23 y 24, se evidencia el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en los municipios objeto de estudio, en los años 2000 y 2016 respectivamente.



Mapa 23. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el área de estudio en el año 2000.
Elaboración grupo de trabajo.



Mapa 24. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en el área de estudio en el año 2016.
Elaboración grupo de trabajo.

CAPITULO X – ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

31 IDENTIFICACIÓN MULTITEMPORAL DEL BOSQUE SECO TROPICAL DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016 MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES

En el área de estudio se identificaron 8 coberturas de la Tierra (arbustal, bosque denso, bosque de galería, bosque fragmentado, cuerpo de agua, herbazal, mosaico de cultivos y zonas urbanizadas) donde principalmente para la ventana de tiempo seleccionada, predomina la cobertura herbazal con una extensión de 62.467,26 ha. y 46.888,99 ha. respectivamente. De igual manera, se identificó el bosque seco tropical con una extensión 1.401,89 ha. y 251,33 ha. para los años 2000 y 2016 respectivamente. Dicho ecosistema se localizó en su mayoría en el modelado de disección asociado al paisaje de piedemonte, caracterizándose por presentarse en suelos bien drenados como es el caso de los alfisoles y entisoles; además, se asocia a la presencia de amenazas naturales como fenómenos de remoción en masa, hundimientos de tierra, procesos de reptación y volcamiento de material.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, el bosque seco tropical presenta en su mayoría remanentes localizados en los meandros del río Magdalena en los municipios de Garzón y Gigante (a una altitud entre los 700 y 800 m.s.n.m) y en las cercanías del río Páez (a una altitud entre los 600 y 800 m.s.n.m). Por otra parte, es importante mencionar que la nubosidad que se presenta en el área de estudio (principalmente en el año 2016) limitó la identificación del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio.

32 ANÁLISIS MULTITEMPORAL DEL CAMBIO EN ÁREA DEL BOSQUE SECO TROPICAL DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016

La comparación de los mosaicos de cultivos para los años 2000 y 2016 en los municipios objeto de estudio, evidencian la transformación del bosque seco tropical, donde dicha transformación se corrobora con el aumento de las coberturas de la Tierra y la disminución de los remanentes de bosque seco tropical en el área de estudio.

Los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo, presentan una intervención antrópica ligada al desarrollo de las actividades agropecuarias en el año 2000, ésta dinámica se incrementa en el año 2016 debido al crecimiento económico que presenta el departamento del Huila, en el que concuerdan las actividades agropecuarias como eje de desarrollo para el departamento y la región del Alto Magdalena (Delgado & Samir, 2015). Por otro lado, dicha intervención antrópica también está relacionada con el desarrollo de infraestructura hidroeléctrica; cuyo fin, es impulsar el desarrollo económico en el departamento y garantizar el suministro de energía eléctrica en un futuro para el país, generando de ésta manera una transformación en las coberturas de la Tierra identificadas y en el bosque seco tropical.

El bosque seco tropical durante el periodo estudiado, presentó un cambio en área debido al incremento de las actividades agropecuarias en la zona, lo que ocasiona la transformación del ecosistema y la formación de pequeños remanentes (islas o parches). Lo anterior, está directamente relacionado con el incremento de coberturas de la Tierra como arbustal, cuerpos de agua, herbazal y mosaico de cultivos.

Para el año 2000, se identifica una extensión de 1.401,89 ha. de bosque seco tropical, esta cifra se reduce para el año 2016 en un 82,07%, lo que equivale a una extensión transformada de 1.150,06 ha. El desarrollo económico ligado a las actividades agropecuarias ha generado en los municipios Agrado, Altamira y Tesalia la transformación del ecosistema, tal

como se observa en la (Tabla 19), el bosque seco tropical se ha transformado y distribuido durante el periodo analizado en las respectivas coberturas de la Tierra.

Tabla 19. Transformación del bosque seco tropical a coberturas de la Tierra (municipios Agrado, Altamira y Tesalia)

TRANSFORMACIÓN DEL BOSQUE SECO TROPICAL EN LAS COBERTURAS DE LA TIERRA POR MUNICIPIO EN HECTÁREAS (ha).			
ECOSISTEMA	MUNICIPIOS		
	AGRADO	ALTAMIRA	TESALIA
Bosque seco tropical (Año 2000)	237,33	346,61	130,43
COBERTURAS DE LA TIERRA EN LAS QUE SE TRANSFORMÓ EL BOSQUE SECO TROPICAL POR MUNICIPIO EN HECTÁREAS (ha).			
COBERTURA DE LA TIERRA	MUNICIPIOS		
	AGRADO	ALTAMIRA	TESALIA
Bosque fragmentado	3,53	16,44	1,32
Herbazal	59,57	50,59	32,76
Mosaico de cultivos	13,48	23,81	21,07
Sin Información	0	44,22	16,94
ECOSISTEMA			
Bosque seco tropical (Año 2016)	52,61	67,41	9,74

Fuente: Elaboración grupo de trabajo

El incremento de las coberturas de la Tierra como arbustal y herbazal en los municipios mencionados anteriormente, indican la actividad ganadera como la principal fuente de transformación del bosque seco tropical y desarrollo económico durante los años estudiados. Por otro lado, la presencia de nubosidad en los municipios Altamira y Tesalia ha limitado la interpretación de las imágenes satelitales.

Para los municipios Garzón, Gigante y Paicol la construcción del proyecto hidroeléctrico El Quimbo, aceleró los procesos de transformación del bosque seco tropical, un claro ejemplo de ello tiene que ver con la ubicación de dicha hidroeléctrica sobre el río Magdalena; ya que, en los meandros del río se identifican zonas con la presencia de bosque seco tropical.

En la (Tabla 20) se refleja la transformación del bosque seco tropical producto de la construcción de la hidroeléctrica El Quimbo y la distribución del área transformada en las diferentes coberturas de la Tierra identificadas en los municipios mencionados anteriormente.

Tabla 20. Transformación del bosque seco tropical a coberturas de la Tierra (municipios Garzón, Gigante y Paicol)

TRANSFORMACIÓN DEL BOSQUE SECO TROPICAL EN LAS COBERTURAS DE LA TIERRA POR MUNICIPIO EN HECTÁREAS (ha).			
ECOSISTEMA	MUNICIPIOS		
	GARZÓN	GIGANTE	PAICOL
Bosque seco tropical (Año 2000)	233,75	412,04	41,72
COBERTURAS DE LA TIERRA EN LAS QUE SE TRANSFORMÓ EL BOSQUE SECO TROPICAL POR MUNICIPIO EN HECTÁREAS (ha).			
COBERTURA DE LA TIERRA	MUNICIPIOS		
	GARZÓN	GIGANTE	PAICOL
Bosque fragmentado	12,70	10,48	16,11
Cuerpo de agua	82,36	219,46	0,38
Herbazal	18,76	75,17	11,03
Mosaico de cultivos	11,51	39,58	9,3
ECOSISTEMA			
Bosque seco tropical (Año 2016)	76,61	40,43	4,52

Fuente: Elaboración grupo de trabajo

Tal como se observa en los mapas realizados a lo largo del trabajo de investigación, el aumento de los cuerpos de agua (principalmente la construcción de la hidroeléctrica El Quimbo), generó la transformación del bosque seco tropical en los remanentes localizados en los meandros del río Magdalena (mayormente en el municipio Gigante) ocasionando la pérdida de especies animales, vegetales y microbianas, afectando de esta manera las dinámicas ecológicas dentro del ecosistema como se muestra en la (Ilustración 12).

Teniendo en cuenta, los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación se deduce que el bosque seco tropical presenta una tendencia a desaparecer en los municipios objeto de estudio, en caso de que no se apliquen correctivos ambientales necesarios para su conservación, restauración y recuperación. La transformación de este ecosistema es evidente en la pérdida de la cobertura vegetal durante el periodo estudiado, lo que ha demostrado un cambio acelerado debido a las dinámicas antrópicas (sociales y económicas) de la región.

No obstante, se resaltan las coberturas arbustal y herbazal como indicador del desarrollo económico ligado a la ganadería, dichas coberturas están directamente asociadas a la transformación del bosque seco tropical en 410,18 ha. y 247,88 ha. respectivamente; es decir, la transformación de este ecosistema en un 57,21%. Sin embargo, la cobertura mosaico de cultivos aunque ha reducido su extensión en el área de estudio, también ha transformado el bosque seco tropical en 118,75 ha. equivalentes al 10,32% del área transformada de bosque seco tropical, además la cobertura cuerpos de agua (específicamente la hidroeléctrica El Quimbo) contribuyó en la transformación de 310 ha. equivalentes al 29,95% del ecosistema mencionado anteriormente.

En definitiva la intervención antrópica (actividades agrícolas, ganaderas, de infraestructura) en los municipios objeto de estudio es de alto grado, lo que fomenta que el bosque seco tropical sea susceptible a transformación por actividades de este tipo, principalmente por la falta de planeación por parte de los entes gubernamentales y por el desconocimiento de la

comunidad sobre la fragilidad de este ecosistema, lo que ha generado que éste se vea altamente transformado (fragmentado).

Por último, la interpretación de las imágenes satelitales permitió identificar el grado de amenaza al que está expuesto el bosque seco tropical por la influencia antrópica. Por lo que se plantean varios interrogantes para futuras líneas de investigación referentes a dicho ecosistema y a la prestación de servicios ecosistémicos en esta zona tan intervenida; los cuales, se exponen a continuación. ¿Por qué el bosque seco tropical no cuenta con políticas públicas que permitan su conservación y recuperación? ¿Cuál es el estado actual de las especies animales y vegetales asociadas al bosque seco tropical en la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo? ¿Cuál es el impacto generado sobre el bosque seco tropical frente a escenarios de cambio climático?

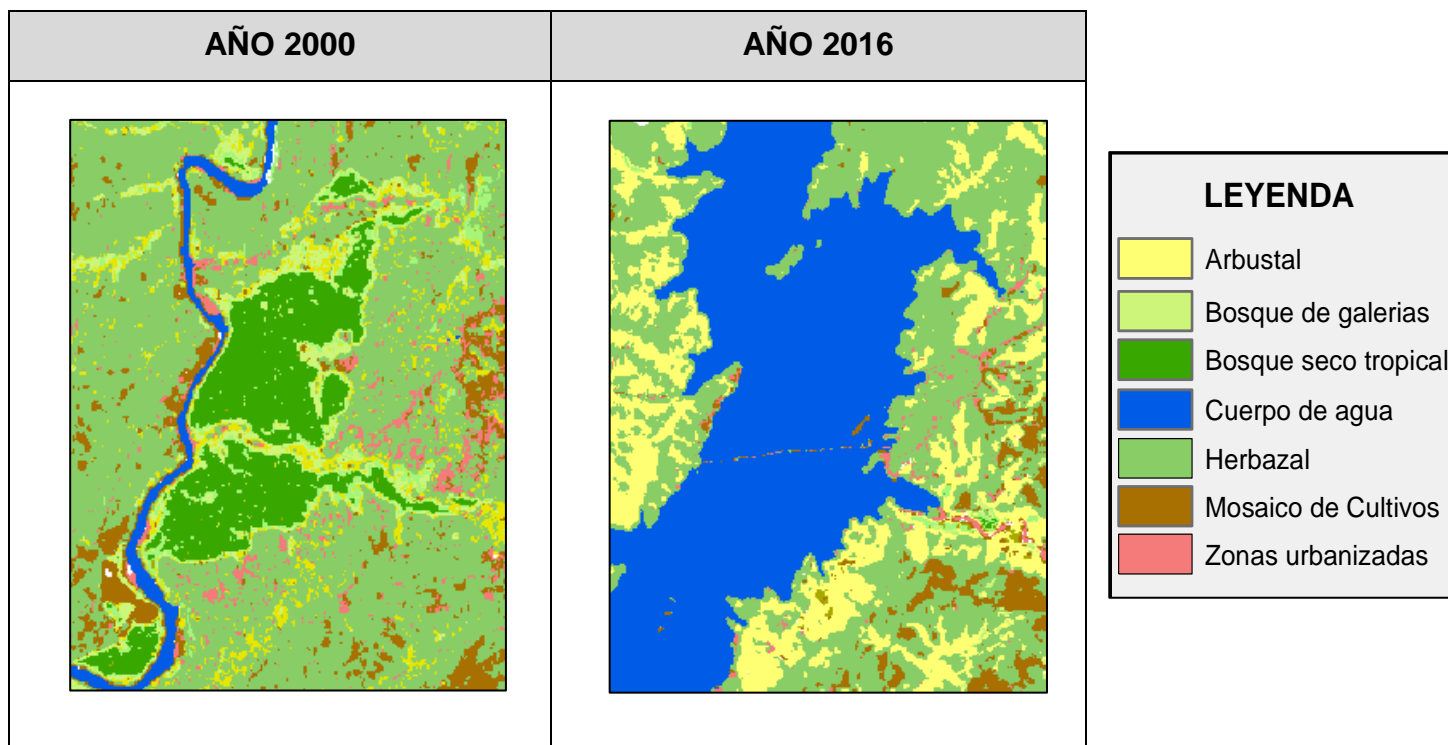


Ilustración 12. Transformación de bosque seco tropical por la inundación de la hidroeléctrica El Quimbo en el municipio Gigante.

Fuente: Elaboración grupo de trabajo.

33 ESTADO DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO “HÁBITAT PARA ESPECIES” DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016

Los resultados obtenidos han demostrado que los procesos de transformación del bosque seco tropical han sido progresivos y acelerados lo que ha generado el debilitamiento de dicho ecosistema hasta fragmentarlo; además, de generar alteraciones en la prestación del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies”, teniendo en cuenta que éste es un servicio que proporciona espacios vitales para las especies de flora y fauna. Por otro lado, la vegetación del bosque seco tropical es determinada según la estacionalidad de lluvias o sequía, puesto que el agua determina la producción de follaje en la vegetación, la fotosíntesis, la descomposición de la materia orgánica, la producción de raíces y el intercambio de nutrientes y microorganismos en el suelo. Adicionalmente, el conjunto de determinantes indica una gran variedad de patrones fenológicos en este ecosistema que van desde especies que no pierden sus hojas hasta aquellas que pierden sus hojas durante la época de sequía o de lluvias (Pizano & Garcia, 2014).

El área de estudio, presenta una variedad de elementos que determinan las dinámicas que se desarrollan en la región; además, de características que permiten determinar el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” relacionado a las dinámicas económicas y sociales que afronta la región del Alto Magdalena. Inicialmente por su localización geográfica, en los municipios objeto de estudio predominan los suelos fértiles; los cuales, se han tenido en cuenta para el desarrollo de actividades agropecuarias (específicamente el cultivos de cereales y la ganadería extensiva), ejerciendo de ésta manera presión en la prestación de los servicios ecosistémicos asociados al bosque seco tropical.

Para el periodo analizado, el servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” disminuyó a medida que se incrementaban los procesos de transformación del bosque seco tropical, limitando de esta manera el sostenimiento de especies endémicas y migratorias y reduciendo los corredores biológicos entre los ecosistemas, impidiendo el

intercambio y tránsito de fauna. Esta afirmación tiene como fundamento la reducción de remanentes de bosque seco tropical a medida que las actividades agrícolas y ganaderas impulsaron el desarrollo económico en los municipios objeto de estudio. Por otro lado, los resultados indican que cuanto más antrópica es la intervención mayor es la disminución de la prestación del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies”.

De las 224.000 hectáreas aproximadas que comprende el área de estudio y de acuerdo con el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), para el año 2000 cerca de 88.354,55 ha. corresponden a vegetación densa en estado saludable (incluida la vegetación perteneciente al bosque seco tropical), adicionalmente 62.066,43 ha. corresponden a vegetación baja; en cuanto a cuerpos de agua, sombras, nubosidad o suelo desnudos presentan una extensión de 72.349,74 ha. Por otra parte, para el año 2016, la extensión de vegetación densa en estado saludable corresponde a 48.664,66 ha, lo que significa que dicha variable se redujo en un 55,07%, adicionalmente la vegetación baja presentó un aumento del 38,22% lo que representa una extensión de 100.468,66 ha.

Por lo anterior, se infiere que el área de estudio es una región con un alto potencial para el desarrollo de actividades antrópicas (especialmente la agricultura). Sin embargo, es importante cuestionar los impactos generados sobre el bosque seco tropical y el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies”; teniendo en cuenta, que dicho ecosistema presenta un alto grado de endemismo y que al mismo tiempo es uno de los ecosistemas más transformados por la influencia antrópica durante las últimas décadas.

La disminución de la prestación de dicho servicio ecosistémico, se deriva directamente de los fuertes procesos de transformación del bosque seco tropical, ligado a la extensión de la frontera agrícola y ganadera en la región del Alto Magdalena durante las últimas décadas; además, de la ejecución del proyecto hidroeléctrico El Quimbo, generando así la reducción de los remanentes de bosque seco tropical a menos de una hectárea de extensión.

Teniendo en cuenta que durante el presente trabajo de investigación se emplean dos metodologías referentes al estudio de los componentes ambientales que conforman y sostienen la capacidad del paisaje; las cuales, se denominan “Análisis integral del paisaje” desarrollada por (Montoya-Rojas et al, 2016) e “Identificación de dinámicas ecológicas por modelados del paisaje y componentes ambientales” realizada por (Montoya-Rojas, 2011). A continuación, se evidencian algunas comparaciones entre los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación y la tesis doctoral “La zonificación ambiental en la cuenca hidrográfica media del río Negro, un modelo de aplicación en Útica (Cundinamarca, Colombia)”; ya que, las dos investigaciones emplean las metodologías mencionadas con anterioridad.

<p>TRANSFORMACIÓN DEL BOSQUE SECO TROPICAL Y DEL SERVICIO ECOSISTÉMICO DE APOYO “HÁBITAT PARA ESPECIES” EN LOS MUNICIPIOS PERTENECIENTES A LA JURISDICCIÓN DE LA HIDROELÉCTRICA EL QUIMBO (HUILA, COLOMBIA) DURANTE LOS AÑOS 2000 Y 2016</p>	<p>LA ZONIFICACIÓN AMBIENTAL EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA MEDIA DEL RÍO NEGRO, UN MODELO DE APLICACIÓN EN ÚTICA (CUNDINAMARCA, COLOMBIA)</p>
<p>CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO</p>	
<p>Se identifican los componentes ambientales (atmosférico, hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico)</p>	
<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Componente atmosférico:</u> se caracterizan los principales rangos de temperatura presentes en el área de estudio, además de corroborar las características de adaptación del bosque seco tropical. ❖ <u>Componente hidrosférico:</u> el área de estudio, pertenece al área hidrográfica (Magdalena-Cauca), a la provincia hidrogeológica (Valle Alto del Magdalena), a la cuenca hidrogeológica (Valle Superior del Magdalena) y 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Componente atmosférico:</u> el área de estudio (cuenca hidrográfica media del río Negro) se encuentra en un sector de sotavento con vientos secos y de baja precipitación. ❖ <u>Componente hidrosférico:</u> se encuentran numerosos drenajes, es un sector donde confluyen varios ríos importantes y de carácter torrencial. ❖ <u>Componente geosférico:</u> es una zona con alta

<p>a las regiones hidrogeológicas (Macizo Garzón-Quetame y Cordillera Central).</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Componente geosférico:</u> se caracterizan tres diferentes factores (geológico, geomorfológico y edafológico), <u>Componente biosférico:</u> se identifican las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio (teniendo en cuenta la metodología Corine Land Cover (CLC) adaptada para Colombia; además, se identifica el bosque seco tropical. ❖ <u>Componente antroposférico:</u> la descripción de dicho componente ambiental, se da en términos socioeconómicos; donde, la principal actividad económica es la agricultura. 	<p>susceptibilidad a procesos geodinámicos y fenómenos erosivos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ <u>Componente biosférico:</u> la zona ha tenido un fuerte cambio de usos del suelo, del natural al cultivo de la caña de azúcar, maíz, plátano y yuca, también se encuentra el uso ganadero intensivo. ❖ <u>Componente socioeconómico:</u> a principal actividad y como primer renglón económico en la región se encuentra la agricultura, con el cultivo de la caña y el maíz.
MODELADOS DEL PAISAJE	
<p>Según (Montoya-Rojas, 2011), los modelados del paisaje ilustran las dinámicas de los factores formadores del suelo: el clima, el material parental, los organismos y la geomorfología; que se manifiestan en el tiempo de evolución del suelo, además de otros factores que modifican el paisaje como es el caso de los cambios del uso del suelo, producto de la acción del ser humano.</p>	
<p>Los modelados del paisaje identificados en los municipios pertenecientes a la jurisdicción de la hidroeléctrica El Quimbo son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Modelado aluvial ❖ Modelado antrópico ❖ Modelado denudativo ❖ Modelado de disección ❖ Modelado eólico ❖ Modelado estructural 	<p>La definición de los modelados del paisaje, se realizó mediante trabajos de campo en el municipio de Útica; donde, se destacan seis modelados:</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Modelado aluvial ❖ Modelado de disección ❖ Modelado de disolución ❖ Modelado denudativo ❖ Modelado estructural ❖ Modelado gravitacional

<ul style="list-style-type: none"> ❖ Modelado periglacial ❖ Modelado gravitacional ❖ Modelado lacustre ❖ Modelado lacustre ❖ Modelado postglacial <p>El bosque seco tropical se localiza en su mayoría en el modelado de disección, asociado al paisaje de piedemonte y con la presencia de amenazas; tales como, fenómenos de remoción en masa, hundimiento de tierra, procesos de reptación y volcamiento de material.</p>	<p>En la región predominan el modelado estructural, el de disección y el de disolución, influenciados por el clima seco y las rocas calcáreas imperantes en el municipio de Utica.</p>
---	--

Por otra parte, la elaboración de la cartografía (en los dos trabajos de investigación), se realiza mediante la revisión detallada de información espacial en entidades como:

- ❖ Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA)
- ❖ Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)
- ❖ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM)
- ❖ Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)
- ❖ Servicio Geológico Colombiano (SGC)

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La identificación multitemporal del bosque seco tropical y de las coberturas de la Tierra presentes en el área de estudio según lo estipula la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, se da a partir de la toma de puntos de muestreo mediante una clasificación supervisada.

Una vez obtenida la información anterior, se procede a analizar el cambio en área del bosque seco tropical durante los años 2000 y 2016, estos resultados son presentados para cada uno de los municipios objeto de estudio.

Finalmente el estado del servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” se evalúa por medio del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI); ya que, dicho índice permite estimar la salud vegetal representada en la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición por medio de sensores remotos. La disminución de la prestación de dicho servicio ecosistémico, se deriva directamente de los fuertes procesos de transformación del bosque seco tropical, ligado a la extensión de la frontera agrícola y ganadera en la región del Alto Magdalena y de la ejecución del proyecto hidroeléctrico El Quimbo.

Se realizó el análisis e interpretación de los resultados de laboratorio de cinco (5) muestras de suelos tomadas en campo. Adicionalmente, se describen y caracterizan los componentes ambientales como base para la zonificación ambiental. La descripción edafológica es exhaustiva por ser constituyente primordial para la zonificación agroecológica, uno de los resultados de la investigación doctoral. Por último, se proponen recomendaciones para el manejo ambientalmente sostenible del proyecto.

Los aspectos edafológicos caracterizados fueron una herramienta útil para la ordenación del territorio y el manejo de los recursos naturales en el municipio de Útica, éste es uno de los aspectos relevantes dentro de la investigación, puesto que los cinco factores formadores de los suelos (clima, geología, geomorfología, los organismos y el tiempo de evolución) son los que interactúan en los componentes ambientales descritos en el estudio. Con este último análisis se determinaron los conflictos de uso de las tierras.

Terminado el diagnóstico, se realizó la zonificación ambiental agroecológica para cultivos de caña de azúcar del Municipio. Las metodologías se basaron en la finalidad productiva, de conservación y protección de la diversidad de la región.

CAPITULO XI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

34 CONCLUSIONES

- ❖ Desde el punto de vista ecológico, el impacto generado por el proyecto hidroeléctrico El Quimbo, ha ocasionado la pérdida y obstrucción de corredores ambientales que conforman los ecosistemas presentes en el área de estudio, afectando principalmente el intercambio de especies de fauna en el Valle del río Magdalena y en los tributarios laterales entre los dos flancos de las cordilleras central y oriental.
- ❖ Desde el punto de vista técnico y teniendo en cuenta el análisis multitemporal realizado, es posible determinar las causas de la transformación acelerada del bosque seco tropical durante los últimos 16 años en los municipios Agrado, Altamira, Garzón, Gigante, Paicol y Tesalia (departamento del Huila), presentándose dicho ecosistema en pequeños remanentes; los cuales, se ven principalmente afectados por el incremento acelerado de las actividades antrópicas (ganadería, agricultura, urbanización y la implementación de proyectos hidroeléctricos).
- ❖ La construcción de proyectos hidroeléctricos producen en su mayoría efectos negativos en términos del componente biosférico; ya que, las comunidades bióticas, de los ecosistemas terrestres y acuáticos que son inundados como los territorios aledaños, presentan cambios en su composición, estructura y funcionalidad, por esa razón la construcción de hidroeléctricas se asocia a la transformación de ecosistemas y a la disminución de los servicios ecosistémicos en el área puntualmente afectada.
- ❖ Los cambios de usos del suelo traen como consecuencias ecológicas, la alteración, el deterioro y degradación de hábitats, siendo éstas las principales causas del patrón de disminución de las poblaciones de especies pertenecientes a un hábitat.

- ❖ Profundizar en el conocimiento de los bosques secos de Colombia permitirá establecer la base para sugerir áreas prioritarias para la conservación y evaluar su viabilidad en los escenarios climáticos futuros, basados en criterios importantes, como la especificidad en la composición florística, endemismo, riqueza y las variables ambientales que direccionan el arreglo de las comunidades, en las cuales incluyen el clima, los suelos, el uso de la tierra y las amenazas.
- ❖ El mapeo de los servicios ecosistémicos es importante puesto que proporciona información acerca de los beneficios de la conservación de la biodiversidad y permite generar estrategias de manejo. Además de ser útiles en la toma de decisiones sobre la gestión del territorio.
- ❖ Es importante que los entes gubernamentales a nivel local, regional y nacional incorporen los Sistemas de Información Geográfica (SIG); ya que, éstos permiten analizar y evaluar el estado actual de los ecosistemas con alto grado de susceptibilidad a la transformación a causa del incremento de actividades antrópicas. También, es importante incorporar estas herramientas como lineamiento para toma de decisiones que permiten formular acciones encaminadas a la restauración y compensación ecológica de los ecosistemas frágiles.
- ❖ El diseño y la aplicación de estrategias para la conservación, restauración y manejo en paisajes transformados o rurales debe ser una prioridad nacional. La conservación en paisajes rurales requiere entonces de procesos de planeación como una forma de ordenamiento territorial, de manera que se pueda generar un conjunto de acciones coordinadas y concertadas que orienten la recuperación y conservación de los bienes y servicios ambientales que hacen parte y se generan en los diferentes territorios rurales. Esto sólo se logrará en la medida en que se actúe bajo prácticas interdisciplinarias e interinstitucionales, con base en una estrategia lógica, sencilla y aplicable para un desarrollo regional equilibrado.

- ❖ Para lograr la conservación de los ecosistemas y con ella la sostenibilidad territorial, se debe encontrar su expresión más concreta en el ordenamiento territorial; ya que, mediante este proceso se ordena el uso, manejo y ocupación del territorio de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales, donde la biodiversidad cobra relevancia de ser el principal elemento estructurador de los procesos de ordenamiento territorial, al ser fuente y garantía del suministro de servicios ecosistémicos claves para el desarrollo y la sostenibilidad de las actividades humanas de producción, extracción, asentamiento y consumo.
- ❖ El análisis del paisaje y los componentes ambientales permiten identificar los factores determinantes de los ecosistemas que son susceptibles a transformación principalmente por las actividades antrópicas. También, permiten formular estrategias dentro de los instrumentos de planeación para la conservación y recuperación de ecosistemas con un alto grado de susceptibilidad a transformación.
- ❖ Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación demuestran que el Ingeniero Geógrafo y Ambiental tiene la capacidad de aportar conocimiento para el diseño de estrategias encaminadas al cumplimiento de la normatividad ambiental en Colombia.

35 RECOMENDACIONES

- ❖ Los resultados obtenidos suministrarán información para los tomadores de decisiones sobre los problemas que afectan a la biodiversidad y a la prestación de servicios ecosistémicos, dando herramientas para el ordenamiento del territorio de una manera sustentable. Esto con el propósito de que sea insumo en el proceso de actualización de los POT (Planes de Ordenamiento Territorial), los PBOT (Planes Básicos de Ordenamiento Territorial) y los EOT (Esquemas de Ordenamiento Territorial) en términos de coberturas de la Tierra, manejando una gestión integral entre la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que esta brinda, garantizando de esta manera el funcionamiento y la relación existente entre los sistemas productivos de los municipios y la oferta de ecosistemas naturales, los cuales son la base del bienestar humano y la calidad de vida de los seres humanos.
- ❖ Los resultados obtenidos corroboran la necesidad de generar planes estratégicos de recuperación y protección de los ecosistemas, modelos de conservación, restauración y reforestación de especies endémicas; los cuales, se deben ajustar e implementar a nivel local, regional y nacional; esto con el propósito de evitar que el servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” se continúe afectando, evitando que de esta manera se genere un desequilibrio ecosistémico.
- ❖ Incorporar los servicios ecosistémicos dentro de los instrumentos de planeación territorial como lineamiento para la toma de decisiones de carácter político, ambiental, social, sectorial, entre otros; con el fin de establecer estrategias de restauración ambiental y como alternativas ecológicas y económicas para las comunidades aledañas.
- ❖ Desarrollar estudios de análisis multitemporal, análisis de paisaje y análisis de componentes ambientales al bosque seco tropical debido a la fragilidad en la que se encuentra este ecosistema en Colombia, es importante generar más conocimiento sobre este ecosistema para suministrar información a las autoridades ambientales que permiten tomar acciones de restauración y conservación ecológica.

- ❖ Proponer una línea de investigación por medio de la teledetección para el estudio del bosque seco tropical a escala local, regional y nacional, con el propósito de monitorear el estado actual en el que se encuentra dicho ecosistema, además, de evaluar la provisión de servicios ecosistémicos asociados al bosque seco.
- ❖ El servicio ecosistémico de apoyo “hábitat para especies” que brinda el bosque seco tropical es fundamental para el intercambio de especies de fauna entre la cordillera central y oriental; por consiguiente, es necesario formular acciones de conservación y recuperación a una escala local y regional con el fin de la salvaguardar los corredores biológicos entre los dos flancos de las cordilleras.
- ❖ Elaborar modelos de la transformación del paisaje a corto, mediano y largo plazo teniendo en cuenta el cambio de las dinámicas territoriales y paisajísticas. Lo anterior con el fin de identificar estrategias de planeación y ordenamiento territorial que permitan orientar de manera clara ejes de desarrollo social, ambiental y económico en el departamento del Huila.

CAPITULO XII – REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

36 TRABAJOS CITADOS

- Alcaldía de Altamira. (2015). *Plan de Desarrollo Municipal (TODOS TRABAJANDO, TODOS PROGRESANDO 2016-2019)*. Recuperado el 23 de Enero de 2017, de http://www.altamira-huila.gov.co/Nuestros_planes.shtml?apc=gbxx-1-&x=2993721
- Alcaldía de El Agrado. (2015). *Plan de Desarrollo Municipal (AHORA SI AGRADO SUMATE 2016-2019)*. Recuperado el 23 de Enero de 2017, de <http://elagrado-huila.gov.co/apc-aa-files/31616533383962393137653031626163/plan-de-desarrollo-territorial-el-agrado-2016-2019.pdf>
- Alcaldía de Garzón. (2015). *Plan de Desarrollo Municipal (GARZÓN VUELVE A SER PARA TODOS 2016-2019)*. Recuperado el 23 de Enero de 2017, de http://www.garzon-huila.gov.co/informacion_general.shtml#economia
- Alcaldía de Gigante. (2016). *Plan de Desarrollo Municipal*. Recuperado el 23 de Enero de 2017, de <http://gigante-huila.gov.co/apc-aa-files/32326132633331363539636436626632/1.-acuerdo-plan-desarrollo.pdf>
- Alcaldía de Paicol. (2017). *Nuestro municipio, economía* . Recuperado el 23 de Enero de 2017, de http://www.paicol-huila.gov.co/informacion_general.shtml#economia
- Alcaldía de Tesalia. (2017). *Nuestro municipio, economía* . Recuperado el 23 de Enero de 2017, de http://www.tesalia-huila.gov.co/informacion_general.shtml#economia
- Altieri, M. (1983). *Agroecología: Bases científicas de la agricultura alterna*. Recuperado el 30 de Octubre de 2016, de <http://documentacion.ideam.gov.co/cgi-bin/koha/opac-search.pl?q=su:%22Agroecosistemas%22>
- Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa. Guía didáctica*. Obtenido de Universidad Surcolombiana. Facultad de ciencias sociales y humanas. Programa de comunicación social y periodismo:

<https://carmonje.wikispaces.com/file/view/Monje+Carlos+Arturo+-+Gu%C3%ADa+de+la+investigaci%C3%B3n.pdf>

- Andrade, A. (1994). Marco teórico y metodológico para la planificación del uso de las tierras con énfasis en aspectos forestales. *Revista Informativa del Proyecto SIG-PAPC*, 22-26.
- Angulo, E. (2010). *Atlas Geográfico*. Obtenido de <http://atlasgeografico.net/bosque-subandino.html>
- Antrop, M. (2005). Why Landscapes of the Past are Important for the Future. *Revista Landscape and Urban Planning.*, Volumen 70. Página 21-34.
- Arce-Nazario, J. (2005). Human Landscape Have Complex Trajectories: Reconstructing Peruvian Amazon landscape History from 1948 to 2005. *Revista Landscape Ecology*, Volumen 22. Página 89-101.
- ArcGIS. (2016). *Función NDVI*. Recuperado el 17 de Enero de 2017, de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm>
- Armenteras, D., Gast, F., & Villareal, H. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas. *Biological Conservation* 113, 245-256.
- Asociación Española de la Industria Eléctrica. (2015). *Central hidroeléctrica*. Obtenido de <http://www.unesa.es/sector-electrico/funcionamiento-de-las-centrales-electricas/1347-central-hidroelectrica>
- Baena, M. P. (21 de Agosto de 2015). El reto de los bosques en la paz . *El Espectador* , pág. 24.
- Balvanera, P. (2012). Los servicios ecosistémicos que ofrecen los bosques tropicales. Michoacán, México: Centro de Investigaciones en Ecosistemas, Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de Centro de Investigaciones en Ecosistemas .
- Balvanera, P., Castillo, A., & Martínez-Harms, M. (2011). *Ecosystem services in seasonally dry tropical forests*. Washington D.C: Ecology and Conservation. Island Press.

- Banco de la República de Colombia. (2012). *ACTIVIDAD CULTURAL*. Recuperado el 05 de Septiembre de 2016, de EL LIBRO HUILENSE Y SU FOLCLOR-IDENTIDAD HISTORICA- CULTURAL DEL PUEBLO HUILENSE: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/folclor/pueboy/pueboy1.htm>
- Banco de la República de Colombia. (2015). *Actividad cultural*. Obtenido de Ecosistemas: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/ciencias/ecosistema>
- Banco de la República de Colombia. (2015). *Cobertura Vegetal*. Obtenido de http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/ayudadetareas/ciencias/cobertura_vegetal
- Banda, K. (2012). *Fitogeografía y conservación del bosque seco en Colombia* . Obtenido de <http://www.ecosistemassecos.org/Proyectos/proyecto2.pdf>
- Baral, H., Keenan, R., Sharma, S., Stork, N., & Kasel, S. (2014). Spatial assessment and mapping of biodiversity and conservation priorities in a heavily modified and fragmented production landscape in north-central Victoria. Victoria, Australia : Ecological Indicators .
- Batista, M. F., Romero, L. P., & Vargas, J. A. (2016). *Diversidad y servicios ecosistémicos del bosque tropical seco del Alto Magdalena (Huila, Colombia)*. Bogotá, Colombia: U.D.C.A; Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES).
- Belnap, J. (2006). The potential roles of biological soil crusts in dryland hydrological cycles. *Hydrological Processes*, 3159-3178.
- Bertrand, G. (1972). La science du paysage, une science diagonale. *Revue Geographique des Pyrenées et du Sud-Ouest.*, 127-133.
- Bocco, G., Priego, A., & Cotler, H. (2005). La geografía física y el ordenamiento ecológico del territorio. México: Gaeta Ecológica.
- Bolós, M. (1992). *Manual de la ciencia del paisaje: Teoría, métodos y aplicaciones*. Barcelona, España: Masson.

- Borsdorf, A., Dávila, C., Hoffert, H., Isabel, C., & Rangel, T. (12 de Febrero de 2012). *Ríos de aguas blancas*. Obtenido de <http://www.lateinamerika-studien.at/content/natur/naturesp/natur-1179.html>
- Burgos, A., & Maass, M. (2004). Vegetation change associated with land-use in tropical dry forest areas of western México. . Mexico: Agriculture, ecosystems and environment.
- Cabrera, A., & Willink, A. (1980). *Biogeografía de América Latina*. Washington D.C: Organización de los Estados Americanos .
- Cadena-Vargas, C., Moreno, L., Andrade, G., & Rueda, C. (2015). Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia. Bogota D.C., Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Caetano, S., & Naciri. (2011). The biogeography of seasonally dry topical forest in South America. . En R. Dirzo, H. Young, M. Mooney, & G. Ceballos. Washington D.C: Seasonally Dry Tropical Forest, Island Press.
- Campbell, J. (1996). Introduction to Remote Sensing. *The Guilford*, 1-3.
- Carvajal, A. F. (01 de Enero, Junio de 2010). *Servicios ecosistémicos: su relación con la geografía y la toma de decisiones ambientales*. Recuperado el 30 de Diciembre de 2016, de <http://revistanadir.yolasite.com/resources/Servicios.pdf>
- Castellanos, C. (2013). *Análisis funcional de bosques secos tropicales secundarios en una región del Caribe Colombiano*. Obtenido de <http://www.ecosistemassecos.org/Proyectos/ejecutados.html>
- Castillo-Monroy, A., & Maestre, F. (2011). La costra biológica del suelo: Avances recientes en el conocimiento de su estructura y función ecológica. *Revista Chilena de Historia Natural* , 1-21.
- Castro, D. (2003). Ensayo sobre tipología de suelos colombianos, énfasis en génesis y aspectos ambientales. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencia* , 319-341.

- Chaves, M., & Santamaria, M. (2006). *Informe sobre el avance en el conocimiento y la informacion de la biodiversidad 1998-2004*. Bogotá D.C : Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Tomo II).
- CIP-FUHEM. (1984). *Centro de Investigaciones Para la Paz*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de <http://www.red-redial.net/centro-de-investigacion-1014.html>
- Comisión Europea. (2010). *Bienes y servicios ecosistémicos* . Obtenido de http://ec.europa.eu/environment/pubs/pdf/factsheets/Eco-systems%20goods%20and%20Services/Ecosystem_ES.pdf
- Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2004). *Enfoque por Ecosistemas*. Obtenido de <https://www.cbd.int/doc/publications/ea-text-es.pdf>
- Dahm, C., Boulton, A., Corea, L., Kingsford, R., Jenkins, K., & F, S. (2013). *The role of science in planning, policy and conservation of river ecosystems* . Sabater & A. Elosegí. Fundación BBVA.
- Daily, J. C., Mooney, H., Ehrlich, P., Quesada, M., Miranda, A., Jaramillo, V., . . . Sarukhán, R. A. (2005). *Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico*. *Ecology and Society* . Recuperado el 20 de Diciembre de 2016, de <http://www.ecologyandsociety.org/vol10/iss1/art17/>.
- De Groot R, M. W. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 393-408.
- De la Fuente, H. D. (2010). *Cepal*. Recuperado el 24 de 03 de 2017, de Cepal: <http://www.cepal.org/publicaciones/xml/6/4496/duran.htm>
- Delgado, M., & Samir, C. (2015). *LA ECONOMÍA DEL DEPARTAMENTO DEL HUILA: DIAGNÓSTICO Y PERSPECTIVAS*. Bogotá: fedesarrollo.
- Departamento Nacional de Planeación . (2015). *Estado comunitario desarrollo para todos*. Bogotá D.C.

- Diaz, H. J. (Abril de 2016). Ecosistemas de Colombia .
- Díaz, J. (2006). *Bosque Seco Tropical Colombia* . Cali, Colombia : Banco de Occidente, IM Editores.
- Dirzo, R., Young, H., Mooney, H., & Ceballos, G. (2011). Seasonally Dry Tropical Forest. Washington D.C: Island Press.
- Dominguez, J. A. (2014). *Biodiversidad Caribe y Servicios Ecosistemicos*. Barranquilla: Universidad del Norte.
- Duivenvoorden, J., Svenning, J., & Wriqth, S. (2002). BEta diversity in tropical forests . *Science* , 636-637 .
- ECO-SER. (2017). *Foro ECOSER*. Obtenido de <http://www.eco-ser.com.ar/>
- Ekins, P. (2003). A framework for the practical application of concepts of critical natural capital and strong sustainability. *Ecological economics. Volumen 44, número 2-3*, 165-185.
- Eldridge, D. (2000). New frontiers in bryology and lichenology - Ecology and management of biological soil crusts: Recent developments and future challenges. *Bryologist 103*, 742-747.
- Eldridge, D., & Greene, R. (1994). Microbiotic soil crusts: a review of their role in soil and ecological processes in the rangelands of Australia. *Australian journal of soil research*, 389-415.
- Eldridge, D., Bower, M., Maestre, F., Mau, R., & Papadopolous, J. (2010). Interactive effects of three ecosystem engineers on infiltration in a semi-arid mediterranean grassland. *Ecosystems*, 499-510.
- Elosegi, A., & Sabater, S. (2013). Effects of hydromorphological impacts on river ecosystem functioning: a review and suggestions for assessing ecological impacts. *Hydrobiologia*, 129-143.
- EMGESA S.A. E.S.P. (02 de Octubre de 2008). *ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO EL QUIMBO*. Recuperado el 20 de Octubre de 2016, de http://www.proyectoelquimboemgesa.com.co/site/portals/0/documents/estudio_ambiental.pdf

- Equipo de Trabajo Interinstitucional de Sistemas de Información Geográfica. (2015). *Equipo de Trabajo Interinstitucional de Sistemas de Información Geográfica*. Obtenido de http://www.etisig.catamarca.gov.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=86&Itemid=103
- Esse, C., Valdivia, P., Encina-Montoya, F., Aguayo, C., Guerrero, M., & Figueroa, D. (2014). *Modelo de análisis espacial multicriterio (AEMC) para el mapeo de servicios ecosistémicos en cuencas forestales del sur de Chile*. Obtenido de http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002014000300004
- Estades, C. (2003). *Pérdida y fragmentación del hábitat*. Chile: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias.
- Etter, A., McAlpine, C. A., & Possingham, H. (2008). Historical patterns and drivers of landscape change in Colombia since 1500: a regionalized spatial approach. *Annals of the Association of American Geographers* 98(1), 2-23.
- Etter, A., McAlpine, C., Wilson, K., Phinn, S., & Possingham, H. (2006). Regional patterns of agricultural and use and deforestation in Colombia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 114:369–386. .
- Evaluación de Ecosistemas del Milenio. (2004). *Un informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio*. Recuperado el 30 de Octubre de 2016, de <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>
- Fajardo, Z. R. (2013). *Campoalegre Noticias "La voz de la Comunidad"*, págs. 27-28.
- FAO. (2002). *ESTADO ACTUAL DE LA INFORMACION SOBRE RECURSOS FORESTALES Y CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA (INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - (IDEAM), CONSULTORES FAO)*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/AD392S/AD392s10.htm>
- FAO. (2005). *Definiciones más importantes*. Obtenido de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/006/X0105S/X0105S10.pdf>
- FAO. (2005). *Métodos de conservación* . Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/012/a1250s/a1250s20.pdf>
- FAO. (2006). *Base referencial mundial del recurso suelo*. Recuperado el 03 de Enero de 2017, de Un marco conceptual para la clasificación, correlación y comunicación internacional : <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>

- FAO. (27 de MARZO de 2006). *LOS BOSQUES Y EL CAMBIO CLIMATICO*. Recuperado el OCTUBRE de 2016, de <http://www.fao.org/Newsroom/es/focus/2006/1000247/index.html>
- FAO. (2008). *Conservación de recursos genéticos* . Recuperado el 30 de Diciembre de 2016, de Conservación in situ: <http://www.fao.org/docrep/006/AD111S/AD111S05.htm>
- FAO. (2010). *Definiciones mas importantes*. Roma, Italia: FAO.
- FAO. (2010). *Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales* . Obtenido de Informe principal : <http://www.fao.org/docrep/013/i1757s/i1757s.pdf>
- FAO. (2011). *Ecología y enseñanza rural*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2016, de El clima: <http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s05.htm>
- FAO. (2015). *Servicios ecosistémicos y biodiversidad*. Recuperado el 30 de Diciembre de 2016, de <http://www.fao.org/ecosystem-services-biodiversity/background/culturalservices/es/>
- Figeroa, Y., & Galeano, G. (2007). Lista comentada de las plantas vasculares del enclave seco interandino de la Tatacoa (Huila). Huila- Colombia: Calsadia.
- Flórez, A. (2009). La Geografía Física: en geografía y ambiente: enfoque y perspectivas. En *Lecturas en teoría de la geografía* (págs. 33-95). Bogotá: Universidad de la Sabana: G. Montañez, E. Rodríguez, R. Torres, F. Antonio, M. Franco.
- Folke, C. C. (2004). Regime shifts, resilience, and biodiversity in ecosystem management. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematic* 35, 557-581.
- Fonseca, J. J., & Gómez, S. M. (2012). *Análisis multitemporal mediante imágenes satelitales Landsat caso de estudio: cambio de área laderas de la ciénaga de Tumaradó Parque Natural los Katíos*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de <http://repository.unimilitar.edu.co:8080/bitstream/10654/9268/2/FonsecaJohnJairo2013.pdf>

- Francisco de Paula Gutiérrez . (2010). *Los recursos hidrobiológicos y pesqueros continentales de Colombia*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Franco, A., Baptiste, M., & Rivera-Brusatín, A. (2006). *Biodiversidad amenazada de Colombia. Tomo I. 296-311*. En: Chaves, M.E. y Santamaría, M. (editoras).
- Fundación Ecosistemas Secos de Colombia . (2011). *Creación de corredores de conectividad que aporten a la conservación del bosque seco tropical en el corregimiento de Hibácharo área de influencia de la Reserva Florestal Protectora (El Palomar) municipio de Piojó, Atlántico*. Obtenido de <http://www.ecosistemassecos.org/Proyectos/proyecto1.pdf>
- Fundación Ecosistemas Secos de Colombia. (2008). *Creación de un área protegida de orden regional cuyo objetivo de conservación es principalmente el bosque seco y el Tití Cabeciblanco (Saguinus oedipus) en el norte del departamento de Bolívar*. Obtenido de <http://www.ecosistemassecos.org/Proyectos/proyecto8.pdf>
- Fundación Ecosistemas Secos de Colombia. (2012). *RED DRYFLOR*. Obtenido de Proyectos en desarrollo: <http://www.ecosistemassecos.org/Proyectos/proyecto3.pdf>
- Fundación Ecosistemas Secos de Colombia. (2013). *Análisis funcional de bosques secos tropicales secundarios en una región del Caribe colombiano*. Obtenido de <http://www.ecosistemassecos.org/Proyectos/proyecto5.pdf>
- Fundación Ecosistemas Secos de Colombia; Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2010). *PROPUESTA DE MONITOREO Y DIAGNÓSTICO DEL ESTADO DE CONOCIMIENTO Y CONSERVACIÓN DEL BOSQUE SECO TROPICAL EN COLOMBIA*. Bogotá, Colombia.
- Fundación Natura. (18 de Octubre de 2016). *Así avanza el Plan Piloto de Restauración Ecológica del Bosque Seco Tropical en cuatro municipios del Huila*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de <http://www.natura.org.co/asi-avanza-el-plan-piloto-de-restauracion-ecologica-del-bosque-seco-tropical-en-huila/>

- Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible. (2013). *Análisis de conectividad de bosque seco tropical en cuatro ventanas del Caribe colombiano analizadas a una escala más detallada que 1:250.000*. Obtenido de http://fcds.org.co/site/wp-content/uploads/2016/10/7.-CONECTIVIDAD-BST-CARIBE_4VENTANAS.pdf
- G.Brown, J. M. (2012). Public participation GIS: a method for identifying ecosystem services. *Society and Natural Resources* 25 (7), 633-651.
- Gamarra, A. H., & Nieto, L. H. (25 de Junio de 2013). *Caracterización física, demográfica, social y económica de los municipios ribereños de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del río grande de la Magdalena* . Recuperado el 12 de Enero de 2017, de http://dc02eja.cormagdalena.gov.co/recursos_user/PMA/Caracteriza%20R%C3%ADo%20Magdalena.pdf
- García, H., & Pizarro, C. (2014). *Bosque Seco Tropical en Colombia* . Recuperado el 15 de Diciembre de 2016, de <http://www.humboldt.org.co/es/investigacion/proyectos/en-desarrollo/item/158-bosques-secos-tropicales-en-colombia>
- Gentry, A. (1988). Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* , 33-34.
- González, E. (1999). El ambiente: mucho más que ecología. *UICN*, 1-2.
- Gregorio, D. (2005). *Sistemas de Clasificación de la cobertura de la tierra*. Roma: Fao.
- Grisolía, S. (2012). *El Suelo*. Castilla: IES Santiago Grisola.
- Groot, R. D., Wilson, M., & Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics.*, 393-408.
- Gutierrez, J. A. (2004). *Guía Teórica de Geomorfología*. Merida: Universidad de los Andes.

- Gutiérrez, Karen. J. (2016). *Transformación del paisaje en el departamento del Meta una zona de conflicto armado*. Bogotá D.C: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. Tutora, Grace Andrea Montoya Rojas .
- Hall, L., Krausman, P., & Morrison, M. (1997). El concepto de hábitat y un argumento para la terminología estandar. *Boletín de la Sociedad de Vida Silvestre*, 173-182.
- Hammen, V. d. (1992). *Historia, ecología y vegetación*. Bogotá, Colombia : COA-Fondo FEN-FPC Banco Popular .
- Hans, J. (1993). *Pragmatism and Social Theory*. Chicago, EE.UU: University of Chicago Press.
- Heagle, A. (1982). Interactions between air pollutants and parasitic plant diseases. London: Butterworth Scientific.
- Hoekstra, J., Boucher, T., Ricketts, T., & Roberts, C. (2005). Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters*, 23-29.
- Holdridge. (1967). *Zonas de vida*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/atlas_tierras_secas/files/assets/downloads/page0024.pdf
- Holling, C. (2001). Understanding the complexity of economic, ecological, and social systems. En *Ecosystems*. 390-405.
- Holling, C. S., & L. H. Gunderson, S. S. (1995). Barriers and bridges to the renewal of ecosystems and institutions. New York: Columbia University Press.
- INEGI. (01 de 01 de 2013). *Dirección general de Geografía y Medio Ambiente*. Recuperado el 31 de 12 de 2016, de <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/landsat.aspx>
- Ingeominas; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (1998). *Estudio hidrogeológico y plan de manejo de aguas subterráneas en el sector nororiental de la cuenca del río Magdalena en el departamento del Huila*. Recuperado el 20 de Octubre de 2016, de Convenio Ingeominas-CAM: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/15025/31ZONASHIDROGEOLOGICASHOMOGENEASDECOLOMBIA-dic9-2005.pdf/dd9add89-9cfe-4551-a9ae-0ad9789b661f>

- INGETEC S.A. (04 de Octubre de 2008). *Estudio de Impacto Ambiental del proyecto Hidroeléctrico El Quimbo*. Huila, Colombia: EMGESA S.A E.S.P.
- Instituto Colombiano de Geología y Minería INGEOMINAS. (Diciembre de 2004). *Programa de Exploración de Aguas Subterráneas*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de <http://www2.sgc.gov.co/getattachment/92fd1dc3-e4a6-4450-96b5-b19abf276144/Programa-exploracion-aguas-subterranas.aspx>
- Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras. (1985). *Inventario de Cuencas Hidrograficas en Colombia. Congreso de Cuencas Hidroraficas en Cali - Bogota*. Bogota: HIMAT.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia . (2014). *Definiciones*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia . (2014). *Estudio Nacional del Agua* . Bogotá D.C.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (1996). *Memoria de actualización del mapa de coberturas vegetales uso y ocupación del espacio en Colombia*. Obtenido de Análisis de la dinámica sucesional en áreas boscosas con alta dinámica de uso y recuperación: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap8.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2001). *Distribución areal de Zonas Hidrogeológicas en el territorio Nacional*. Recuperado el 2016 de Octubre de 2016, de http://www.ideam.gov.co/documents/14691/15025/ZonasHidrogeol%C3%B3gicas_Colombia_dic9_05.pdf/3f0b52e4-e508-48cb-b8f6-e52a418cc211
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2001). *Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena-Cauca y los elementos para su Ordenamiento Territorial*. Bogotá, Colombia.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2001). *Zonas hidrogeológicas homogéneas de Colombia*. Recuperado el 21 de Octubre de 2016, de http://www.igme.es/Boletin/2006/117_1_2006/Art.4.PDF
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2002). *Características de las Cuencas Hidrogeológicas Montanas e Intramontanas de Colombia*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de http://www.ideam.gov.co/documents/14691/15025/%5Btablas%5DZONAS_HIDRO_HOMOGeNEAS_COLOMBIA+_dic9_05.pdf/6f70d35e-3039-4229-8d6a-a2b8e2dc56d1
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (08 de Julio de 2007). *MAPA DE ECOSISTEMAS CONTINENTALES, COSTEROS Y MARINOS DE COLOMBIA, ESCALA 1:100.000*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/222663/Presentaci%C3%B3n+final+mapa+ecosistemas.pdf/c33bef40-e727-49db-8fb7-4201cffa37af>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2008). *Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca*. Obtenido de Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021521/LIBROCORINEFINAL.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2010). *Estimacion de las reservas actuales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022100/EstimaciondelasReservas2010.pdf>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (Diciembre de 2013). *Guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos a escala 1:100.000*. Recuperado el 09 de Enero de 2017, de [http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152722/Guia_Enero_201401+\(1\).pdf/501aa421-a0e4-4a1d-a5c8-d6cb1b0de520](http://www.ideam.gov.co/documents/11769/152722/Guia_Enero_201401+(1).pdf/501aa421-a0e4-4a1d-a5c8-d6cb1b0de520)
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (Noviembre de 2013). *ZONIFICACION Y CODIFICACION DE CUENCAS HIDROGRAFICAS*. Recuperado el 01 de Septiembre de 2016, de ZONIFICACION

Y CODIFICACION DE UNIDADES HIDROGRAFICAS E HIDROGEOLOGICAS DE COLOMBIA:
<http://www.ideam.gov.co/web/agua/zonificacion-hidrografica>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Recuperado el 21 de Octubre de 2016, de Distribución del sistema de acuífero en la zona de estudio por Área Hidrogeológica y Provincia Hidrogeológica: http://capacitacion.siac.ideam.gov.co/SIAC/imagenes/mapas_PDF/agua/DistribucionSistemasAcuiferosENA2014.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2014). *Hidrología*. Recuperado el 22 de Enero de 2017, de Cuerpos de agua : <http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/hidrologia>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2014). *Regionalización de Colombia según la estacionalidad de la precipitación media mensual a través de análisis de componentes principales (ACP)*. Obtenido de <http://modelos.ideam.gov.co/media/dynamic/clima/colombia/regionalizacion-colombia.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2015). *Colombia Magia Salvaje. Protagonistas*. Obtenido de <http://www.magiasalvaje.org/infografia/index.html>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (08 de Julio de 2015). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:100.000*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/222663/Presentaci%C3%B3n+final+mapa+ecosistemas.pdf/c33bef40-e727-49db-8fb7-4201cffa37af>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2015). *Memoria técnica de la cuantificación de la deforestación histórica nacional, escalas gruesa y fina*. Bogotá D.C.

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt & Fundación Ecosistemas Secos de Colombia. (2010). *Propuesta de Monitoreo y Diagnóstico del estado de conocimiento y conservación del Bosque seco tropical en Colombia*. Obtenido de <http://www.ecosistemassecos.org/Proyectos/proyecto6.pdf>

- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2014). *Bosques secos tropicales en Colombia*. Recuperado el 2016 de Diciembre de 2016, de <http://www.humboldt.org.co/es/investigacion/proyectos/en-desarrollo/item/158-bosques-secos-tropicales-en-colombia>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (1998). *COLOMBIA MEGADIVERSA*. Bogotá D.C. Recuperado el 2016
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (1998). *Programa de Inventario de la Biodiversidad*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA: <http://media.utp.edu.co/ciebreg/archivos/bosque-seco-tropical/el-bosque-seco-tropical-en-colombia.pdf>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2011). *Bosques para las personas*. Obtenido de Memorias del año internacional de los bosques: [file:///D:/Users/Mafe/Downloads/Bosques_para_las_personas%20\(1\).pdf](file:///D:/Users/Mafe/Downloads/Bosques_para_las_personas%20(1).pdf)
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2012). *Revista Biota Colombiana*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de [http://www.humboldt.org.co/images/Atlas%20de%20paramos/Biota13\(2\)-Bosque_Seco.pdf](http://www.humboldt.org.co/images/Atlas%20de%20paramos/Biota13(2)-Bosque_Seco.pdf)
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (15 de Septiembre de 2013). *El Bosque Seco Tropical en Colombia*. Recuperado el 12 de Diciembre de 2016, de <http://www.humboldt.org.co/es/bibliotecaypublicaciones/biblioteca>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2014). *Bosques secos tropicales en Colombia*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2016, de <http://www.humboldt.org.co/es/investigacion/proyectos/en-desarrollo/item/158-bosques-secos-tropicales-en-colombia>
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2014). *MEMORIA TÉCNICA PARA LA VERIFICACIÓN EN CAMPO DEL MAPA DE BOSQUE SECO TROPICAL EN COLOMBIA, Escala 1:100.000*.

Recuperado el Septiembre de 2016, de <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/investigacion/gonzalez-m-et-al-2014-memoria-tecnica-verificacion.pdf>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2016). *Biodiversidad 2015. Estado y tendencias de la biodiversidad continental de Colombia*. Bogotá Colombia: Panamericana Formas e Impresos S.A. Recuperado el 12 de Diciembre de 2016, de <http://www.humboldt.org.co/es/noticias/item/898-bio2015>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (s.f). *Bosques*. Recuperado el 30 de Octubre de 2016, de <http://www.humboldt.org.co/es/investigacion/proyectos/en-desarrollo/item/158-bosques-seco-tropicales-en-colombia>

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2009). *Herramientas de manejo para la conservación de biodiversidad en paisajes rurales* . Obtenido de file:///D:/Users/Mafe/Downloads/herramientas-de-manejo-para-la-conservacin.pdf

Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt; Universidad Nacional de Colombia; Missouri Botanical Garden. (2012). Biota Colombiana. Volumen 13-Número 2. *Biota Colombiana, Volumen 13-Número 2*, 04.

Instituto SINCHI. (Diciembre de 2009). *Bosque de galería y ripario*. Recuperado el 22 de Enero de 2017, de http://siatac.co/web/guest/productos/coberturasdelatierra/fichasdepatrones?p_p_id=54_INSTANCE_K1kl&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&_54_INSTANCE_K1kl_struts_action=%2Fwiki_display%2Fview&_54_INSTANCE_K1kl_

Instituto SINCHI. (Diciembre de 2009). *Bosque denso alto de tierra firme*. Recuperado el 22 de Enero de 2017, de http://siatac.co/web/guest/productos/coberturasdelatierra/fichasdepatrones?p_p_id=54_INSTANCE_K1kl&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&_54_INSTANCE_K1kl_struts_action=%2Fwiki_display%2Fview&_54_INSTANCE_K1kl_

Instituto SINCHI. (Diciembre de 2009). *Bosque fragmentado con vegetación secundaria*. Recuperado el 22 de Enero de 2017, de http://siatac.co/web/guest/productos/coberturasdelatierra/fichasdepatrones?p_p_id=54_INSTANCE_K1kl&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&_54_INSTANCE_K1kl_struts_action=%2Fwiki_display%2Fview&_54_INSTANCE_K1kl_

Instituto SINCHI. (Diciembre de 2009). *Mosaico de cultivos*. Recuperado el 22 de Enero de 2017, de http://siatac.co/web/guest/productos/coberturasdelatierra/fichasdepatrones?p_p_id=54_INSTANCE_K1kl&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&_54_INSTANCE_K1kl_struts_action=%2Fwiki_display%2Fview&_54_INSTANCE_K1kl_

Instituto SINCHI. (2015). *Arbustal abierto mesófilo*. Recuperado el 30 de Octubre de 2016, de http://siatac.co/web/guest/productos/coberturasdelatierra/fichasdepatrones?p_p_id=54_INSTANCE_K1kl&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&_54_INSTANCE_K1kl_struts_action=%2Fwiki_display%2Fview&_54_INSTANCE_K1kl_

Instituto SINCHI. (2015). *Biomás*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia colombiana SIAT-AC: <http://siatac.co/web/guest/biodiversidad>

Instituto SINCHI. (2015). *Vegetación secundaria o en transición*. Recuperado el 03 de Mayo de 2017, de Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia colombiana SIAT-AC: http://siatac.co/web/guest/productos/coberturasdelatierra/fichasdepatrones?p_p_id=54_INSTANCE_K1kl&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-2&p_p_col_count=1&_54_INSTANCE_K1kl_struts_action=%2Fwiki_display%2Fview&_54_INSTANCE_K1kl_nodeName=Fichas+de+Patrones&_54_INSTANCE_K1kl_title=Vegetaci%C3%B3n+secundaria+o+en+transici%C3%B3n

INVEMAR. (s.f). *Bosque subandino*. Obtenido de http://cinto.invemar.org.co/siam/tesauro_ambiental/B/Bosque%20subandino.htm

- Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (1998). *Informe Nacional sobre el Estado de la Biodiversidad 1977*. Bogotá D.C: Ministerio de Ambiente.
- IPBES. (2013). *The Economics of Ecosystems & Biodiversity*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2016, de <http://www.teebweb.org/resources/ecosystem-services>
- Irons, J. R. (10 de 01 de 2017). NASA. Recuperado el 17 de 01 de 13, de NASA: <http://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-7/>
- Janzen, D. (1988). *Tropical dry forests: the most endangered mayor tropical ecosystem*. Washington. D.C.: National Academy Press.
- Jaramillo, V., Martínez-Yrizar, A., & Sanford, R. (2011). *Primary productivity and biogeochemistry of seasonally dry tropical forests*. Washington D.C: Island Press.
- Jiménez-Segura, L., Álvarez-León, R., Gutiérrez-Bonilla, F., Hernández, S., Valderrama, S., & Villa-Navarro, F. (2011). *La pesca y los recursos pesqueros en los embalses colombianos* .
- Ledec, G., & Quintero, J. (2003). *Good and bad dams, environmental criteria for site selection of hydroelectric projects*. Banco Mundial Región Latinoamérica y el Caribe.
- Linares, J., & Orozco, M. (2009). Estado del bosque seco tropical e importancia relativa de su flora leñosa, islas de la Vieja Providencia y Santa Catalina, Caribe colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* , 5-16.
- Lindermayer, D., & Fischer, J. (2006). *Habitat Fragmentation and Landscape Change: An Ecological and Conservation Synthesis*. Washington D.C: Island Press.
- Lopez, H. (2014). *ABC De Biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- López, M., & González, J. (2007). Biodiversidad y bienestar humano: el papel de la diversidad funcional. *Ecosistemas*, 79-80.

- López, P. L. (2006). *Derecho Ambiental*. Mexico: UIRE editores. Recuperado el 24 de 03 de 2017, de <http://www.corteidh.or.cr/tablas/29157.pdf>
- Maass, J., Balvanera, P., Castillo, A., Daily, G., Mooney, H., Ehrlich, P., . . . Martínez-Yrizar, A. (2005). Ecosystem services or tropical dry forest: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society*, 01-07.
- Maes J, B. E. (2012). Mapping ecosystem services for policy support and decision making in the European Union. *Ecosystem Services* 1, 31-39. .
- Malacalza, L. (2013). Ecología y ambiente. En L. Malacalza. La Plata, Argentina: AUGM-Comite de Medio Ambiente.
- Mancera, C. C. (2014). Aptitud de uso de las unidades de paisaje en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca. En *Perspectivas sobre el paisaje* (pág. 345). Tocancipá, Cundinamarca: Jardín Botánico José Celestino Mutis; Universidad Nacional de Colombia .
- Marín, R. R. (1992). *Estadísticas sobre el recurso agua en Colombia*. Bogotá, Colombia : Ministerio de Agricultura, Himat.
- Martinez, A. (1990). *Los ecosistemas: Origen e importancia del concepto*. Mexico: Ciencia. Obtenido de <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/bibliografia.html>
- Mateus, F. A., & Caicedo, Y. L. (2014). *Efecto de la transformación del paisaje sobre la prestación del servicio ecosistémico de provisión de hábitat del Humedal "El Tunjo" (Bogotá-Colombia) de 1940 a 2014*. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A).Tutora: Luz Piedad Romero Duque
- Melo, J. O. (1998). *Historia de Colombia; la denominacion española* . Bogotá. Colombia : Biblioteca familiar de la Presidencia de la República.
- Mera, A., González, A., Morales, R., Oltra, B., & Orellana, V. (2006). Datos sobre la vegetación de los Llanos occidentales del Orinoco (Venezuela). Venezuela: Acta Botanica Malacitana.

- Merlano, J. M. (2006). *BOSQUE SECO TROPICAL, COLOMBIA*. Santiago de Cali: IMPRELIBROS S.A.
- Merlano, J. M., & Veira, S. M. (2006). *BOSQUE SECO TROPICAL COLOMBIA*. Cali, Colombia: Banco de Occidente.
- Miles, L., Newton, A., DeFries, R., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., & Gordon, V. K. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 491-505.
- Miles, L., Newton, A., DeFries, R., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., . . . Gordon, J. (2006). A global overview of the conservation status of traopical dry forest. *Journal of Biogeography* , 491-505.
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Un informe de la evaluación de los ecosistemas del milenio*. Recuperado el 30 de Diciembre de 2016, de <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.439.aspx.pdf>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being*. EE.UU: Island Press.
- Miller, M., Belote, R., Bowker, M., & Garman, S. (2011). *Alternative states of a semiarid grassland ecosystem: implications for ecosystem services* . Recuperado el 03 de Enero de 2016, de <http://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/viewFile/783/751>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2002). *Zonas de vida según holdridge*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de http://www.miambiente.gob.pa/images/stories/atlas_tierras_secas/files/assets/downloads/page0024.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2012). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémico* . Obtenido de http://www.siac.gov.co/PDF/250712_politica_nacional_biodiversidad.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). *Páramos* . Recuperado el 30 de Octubre de 2016, de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/410-plantilla-bosques-biodiversidad-y-servicios-ecosistematicos-12>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Restauración Ecológica, Rehabilitación y Recuperación de Áreas Disturbadas*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACION%20N_2.pdf
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (Septiembre de 2004). *Plan de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía*. Obtenido de http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Zonas-Secas/5596_250510_plan_lucha_desertificacion.pdf
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2011). Recuperado el 30 de Octubre de 2016, de <http://www.minvivienda.gov.co/sobre-el-ministerio/planeacion-gestion-y-control>
- Mojica, J., & Dorado, J. (1987). El Jurásico anterior a los movimientos intermálmicos en los Andes colombianos. Volkheimer W. .
- Molina, M. F., & Farinós, H. M. (2011). *Los componentes alfa, beta y gamma de la biodiversidad. Aplicación al estudio de comunidades vegetales*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16285/Microsoft%20Word%20-%20articulo%20docente%20def.pdf?sequence=1>
- Montes, C. (2014). Biodiversidad Caribe y servicios ecosistémicos. Barranquilla: Universidad del Norte : J. Aldana Domínguez.
- Montoya-Rojas, G. (2011). *Tesis doctoral: La zonificación ambiental en la cuenca hidrográfica media del río Negro. Un modelo de aplicación en Útica (Cundinamarca, Colombia)*". Útica, Colombia: Universidad de Salamanca. Director: Valentín Cabero Diéguez .
- Montoya-Rojas, G. (Septiembre de 2016). Notas de clase: Ecología del paisaje. Bogotá D.C: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.

- Montoya-Rojas, G., Posada, A., Martín, J., Garnica, L., Peña, P., & Ramírez, A. (2016). Gestión integral de la industria cauchera en el municipio de San José Guaviare, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 21(2), 277-298. doi: 10.19053/01233769.5854.
- Morlánds, C. M. (2000). *Estructura del paisaje (matríz, parches, bordes, corredores) sus funciones, fragmentacion del hábitat y su efecto borde*. Recuperado el 23 de Octubre de 2016, de <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/004-estructuradepaisaje.pdf>
- Murphy, P., & Lugo, A. (1995). Dry forests of Central America and the Caribbean islands. Cambridge: Seasonally.
- N. Crossman, B. B.-L. (2013). A blueprint for mapping and modelling ecosystem services. *Ecosystem Services* 4, 4-14.
- Naciones Unidas. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Recuperado el 21 de Enero de 2017, de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
- Narváez, L., Lavell, A., & Pérez, G. (2009). *La gestión del riesgo un enfoque basado en procesos*. Recuperado el 07 de Enero de 2017, de http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/procesos_ok.pdf
- Nassauer, J. (1995). Culture and Changing Landscape Structure . *Landscape Ecology*, 229-237.
- Natural Capital Project. (2011). *InVEST*. Recuperado el 06 de Enero de 2017, de <http://www.naturalcapitalproject.org/invest/>
- Natural Capital Project. (2017). *Nuestro Software*. Recuperado el 2 de Marzo de 2017, de <http://www.naturalcapitalproject.org/software/#pygeoprocessing>
- Niño, J. C. (2011). *Flora nativa promisoría del bosque seco tropical en Sincelejo, Lórica y Montería, apta para la alimentación humana*. Obtenido de Trabajo de grado. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá.: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8981/Ni%C3%B1oS%C3%A1nchezJuanCarlos2012.pdf?sequence=1>

- Observatorio del Programa Presidencial de Derechos Humanos y Derecho Internacional Humanitario. (Marzo de 2003). *Panorama actual del Huila*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de http://historico.derechoshumanos.gov.co/Observatorio/Publicaciones/documents/2010/Estu_Regionales/04_03_regiones/huila/huila.pdf
- ODUM. (1972). *Ecología Tercera edición*. Mexico: Nueva Editorial Interamericana.
- Palmer, M., & McDonough, O. (2013). *Ecological restoration t conserve river ecosystem services*. Sabater & A.Elosegi. Fundación BBVA.
- Paria, U. P. (2012). *Universidad Politecnica territorial de Paria*. Obtenido de <http://uptparia.edu.ve/documentos/DESARROLLO%20SUSTENTABLE.pdf>
- Parra, J. P. (2005). *Biodiversidad y conservación en los parques nacionales naturales de Colombia*. Recuperado el 17 de Diciembre de 2016, de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2016/04/Biodiversidad.pdf>
- Pedroli, B., Pinto-Correira, T., & Cornish, P. (2006). Lanscape – What is in it? Trends in European Landscape Science and Priority Themes for Concerted Research. *Revista Landscape Ecology*, Volumen 21. Página 421-430.
- Pennington, R., Lavin, M., & Oliveira-Filho, A. (2009). Woody plant diversity, evolution, and ecology in the tropics: perspectives from seasonally dry tropical forests. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 437-457.
- Pennington, R. T., Prado, D., & Pendry, C. (2000). Neotropical seasonally dry forests and quaternary vegetation changes. Washington D.C: Journal of Biogeography.
- Pennington, R., Linares-Palomino, R., & Oliveira-Filho. (2011). Neotropical seasonally dry forests: diversity, endemism, and biogeography of woody plants. En R. Dirzo, H. Young, H. Mooney, & G. Ceballos. Washington D.C: Seasonally dry tropical forests. Ecology and Conservation. Island Press.
- Pennington, T., Dexter, K., & Kidner, C. (2012). *Fitogeografía y conservación del bosque seco en Colombia* . Obtenido de <http://www.ecosistemassecos.org/Proyectos/proyecto2.pdf>

- Pizano, C., & Garcia, H. (2014). El bosque seco tropical en Colombia. En *El bosque seco tropical en Colombia* (pág. 354). Bogotá D.C, Cundinamarca, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. Recuperado el 2017
- Portillo-Quintero, C., & Sánchez-Azofeifa, G. (2010). Extent and conservation of tropical dry forest in the Americas. *Biological Conservation* .
- Posada, Adriana. (Septiembre de 2016). Notas de clase: Ordenamiento territorial. Bogotá D.C.
- Prado, D., & Gibbs, P. (1993). Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. *Missouri: Annals of the Missouri Botanical Garden*.
- Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente . (2007). *POLITICA NACIONAL PARA LA GESTION INTEGRAL DE LA BIODIVERSIDAD Y SUS SERVICIOS ECOSISTEMICOS (PNGIBSE)*. Colombia: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Rangel-Ch., J.O (ed.) 2000. Colombia. Diversidad biótica III. La región de vida paramuna. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá
- Real Academia Española. (2006). *Diccionario Panhispánico de Dudas (Segunda edición)* . Madrid: Santillana S.A.
- Remsen, J., Cadena, C., Jaramillo, A., Nores, M., Pacheco, J., Pérez-Eman, J., . . . Zimmer, K. (2013). A classification of the bird species of South America. *American Ornithologist Union*, 45.
- Rodríguez, G. M., Banda, K. R., Reyes, S. P., & González, A. E. (2012). Lista comentada de las plantas vasculares de bosques secos prioritarios para la conservación en los departamentos de Atlántico y Bolívar. Caribe colombiano: Biota colombiana.
- Rodríguez, G., Gil, J., & García, E. (1996). *Metodología de la investigación cualitativa*. Granada. España: Aljibe.
- Rodríguez, J. A. (2005). *Condiciones Cognitivas para un desarrollo Sostenible*. Gotemburgo Suecia: G.U.

- Rodríguez, Z. F. (2015). *CAM y PNUD fortalecen alianza para conservar el bosque seco tropical del Huila*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de <https://campoalegrenoticias.com/9718-2/>
- Romero, L. P., Batista, M. F., & Vargas, J. A. (2016). *Diversidad y servicios ecosistémicos del bosque seco tropical del Alto Magdalena (Huila, Colombia)*. Bogotá, Colombia: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA); Ecopetrol.
- Romero, M., Cabrera, E., & Ortiz, N. (2008). *Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2006-2007*. Bogotá, D.C. Colombia. 186 p.: Instituto de Investigación Alexander von Humboldt .
- Ruiz, B., & Rodríguez-Padilla, V. (2006). *Renewable energy sources in the Colombian energy policy, analysis and perspectives*. Colombia: Energy Policy.
- Ruiz, L. C. (2011). *Caracterización de algunos aspectos fisiológicos y bioquímicos del musgo (Pleurozium Schreberi) relacionados con su capacidad de tolerancia a la deshidratación*. Bogotá, Colombia : Universidad Nacional de Colombia.
- Ruiz, L. F. (2004). Agricultura general. *DEA*, 1-84.
- Sabaté, J. (2002). *De la Preservación del Patrimonio a la Ordenación del Paisaje*. Obtenido de <http://www.revista-ambiente.com.ar/imagenes/99/Joaqu%EDn%20Sabat%E9.pdf>.
- Sánchez, J. C., & González, C. O. (2015). *Proyecto Mixteca*. Recuperado el 10 de Enero de 2017, de http://proyectomixteca.org.mx/wp-content/uploads/2015/11/20_Cal_Hab_Biod_INVEST_PGEFMixteca.pdf
- Santiago, L., Kitajima, K., Wright, S., & Mulkey, S. (2004). Coordinated changes in photosynthesis, water relations and leaf nutritional traits of canopy trees along a precipitation gradient in lowland tropical forest. *Oecologia*, 495-502.
- Sarría, F. A. (2000). *Sistemas de Información Geográfica*. España: Universidad de Murcia.

- Sarukhán, J. (2009). Capital Natural de México. Síntesis: conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad . *Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. México.*
- Sauer, C. O. (1925). The Morphology of Landscape. University of California. *Revista Geography. Volumen 2. Número 2.,* 19-53.
- Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1991). *Constitución Política de Colombia 1991.* Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4125>
- Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (20 de Septiembre de 2007). *Decreto 3600 de 2007 Nivel Nacional.* Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=26993>
- Servicio Geológico Colombiano. (Diciembre de 2004). *Programa de Exploración de aguas subterráneas.* Recuperado el 20 de Octubre de 2016, de <http://www2.sgc.gov.co/getattachment/92fd1dc3-e4a6-4450-96b5-b19abf276144/Programa-exploracion-aguas-subterranas.aspx>
- Soria, S. (1969). *Curso de Ecología de insectos.* Costa Rica: Centro de enseñanza e investigación .
- Tallis, H., Benitez, S., Davidson, S., Ennaanay, D., McKenzie, E., & Goldman, R. (2010). Linking People and Nature through Watershed Conservation in the East Cauca Valley. Valle del Cauca, Colombia .
- Terrado, M., Sabater, S., Chaplin-Kramer, B., Mandle, L., Ziv, G., & Acuña, V. (2015). *Model development for the assessment of terrestrial and aquatic habitat quality in conservation planning.* Recuperado el 10 de Enero de 2017, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715003393>
- Thapa, G., & Weber, K. (1990). Actors and factors of deforestation in Tropical Asia. *Environ,* 19-27.
- Trejo, I., & Dirzo, R. (2002). Floristic diversity of Mexican seasonally dry tropical forests. . *Biodiversity and Conservation ,* 206-208.

- Trueba, G. (2012). Carl Troll y la geografía del paisaje: vida, obra y traducción de un tecto fundamental. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* , 173-200.
- Turner, M. (2005). Landscape Ecology: What is the State of the Science? Annual Review of Ecology. *Revista Evolution and Systematics*, Volumen 36. Página 319-344.
- UNCCD. (01 de Enero de 2012). *Desertification: a visual syntesis*. Recuperado el 22 de Enero de 2017, de <http://www.unccd.int/Lists/SiteDocumentLibrary/Publications/Desertification-SP.pdf>
- UNCPBA. (2012). Curso de sensores remotos. *UNCPBA*, 1-5.
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2014). *Plan de expansión de referencia Generación-Transmisión 2014-2028*. República de Colombia: Ministerio de Minas y Energía.
- United Nations Convention to Combat Desertification. (1977). *Convención de las Naciones Unidas para la lucha contra la Desertificación*. Paris: UNCCD.
- United Nations Environment Programme, W. C. (2005). ¿What is biodiversity? *United Nations Environment Programme, World Conservation Monitoring Centre*, 212-213.
- Universidad de Valladolid . (1996). *Teledetección y estudio de la vegetación* . Obtenido de http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad2/td_ndvi.htm
- USDA. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos, Décima segunda Edición*. Recuperado el 22 de Octubre de 2016, de http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_051546.pdf
- USGS. (11 de 01 de 2015). Recuperado el 13 de 01 de 2017, de <https://lta.cr.usgs.gov/L8>
- USGS. (02 de Mayo de 2016). *El ciclo del agua: The water cycle*. Recuperado el 13 de Agosto de 2016, de <http://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html#evaporation>

- Utrera, A. (2004). Basada en el recurso de fauna silvestre. *Methodology to evaluate sensitivity of habitat based on wildlife as a resource* , 19.
- Valencia-Duarte, J., Ortiz, L. N., & Rios, O. V. (2012). Dinámica de la vegetación en el enclave semiárido del río Chicamocha. Colombia: Biota Colombiana.
- Vargas, W. (2012). Los bosques secos del Valle del Cauca, una aproximación a su flora actual. Valle del Cauca: Biota colombiana.
- Viglizzo et al. (2011). *Valoración de bienes y servicios ecosistémicos*. Recuperado el 23 de Octubre de 2016, de http://www.agro.uba.ar/users/paruelo/libros/Laterraetal_ValoracionServEcosistemicos.pdf
- Villareal, H. (2006). *Ecosistemas terrestres naturales*. En En: Cháves, M. E. Y M. Santamaría. (eds.). 2006. *Informe sobre el avance en el conocimiento y la información de a biodiversidad 1998 – 2004*. Bogotá D.C. Colombia. 2 tomos: Instituto de investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Wiens, A. (2009). Landscape Ecology as a Foundation for Sustainable Conservation. *Revista Landscape Ecology*, Volumen 24. Página 1053-1065.
- Wieringa, M., & Morton, A. (1996). Hydropower, adaptive management and biodiversity. . *Enviromental Management*, 831-840.
- Wu, J., & Hobbs, R. (2002). Key Issues and Research Priorities in Landscape Ecology: An Idiosyncratic Synthesis. *Revista Landscape Ecology*, Volumen 17. Página 355–365.
- Zuluaga, L. Z. (2016). *Evaluación estructural del escosistema Bosque Seco Tropical en el municipio del Cármen de Bolívar (Bolívar) y determinación de sus beneficios ecosistémicos* . Obtenido de Universidad de Manizales: http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/2576/Zuluaga-Zuluaga_Liliana_2016.pdf?sequence=1.