

**EVALUACIÓN DEL PAISAJE COMO INSUMO PARA EL ANÁLISIS DE
VULNERABILIDAD A VARIABILIDAD CLIMÁTICA PERIODO 2011 – 2040, EN
LA CUENCA TORCA - BOGOTÁ D.C.**

Presentado por:

MICHAEL ESTEBAN RIVERA MARROQUÍN

Dirigido por:

GRACE ANDREA MONTOYA ROJAS

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

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C., COLOMBIA.

2018

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

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL



EVALUACIÓN DEL PAISAJE COMO INSUMO PARA EL ANÁLISIS DE
VULNERABILIDAD A VARIABILIDAD CLIMÁTICA PERIODO 2011 – 2040, EN LA
CUENCA TORCA - BOGOTÁ D.C.

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

Michael Esteban Rivera Marroquín

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

AGRADECIMIENTOS...

Agradecer inicialmente a mi madre, Zoraida Marroquín, que por medio de su profesión de Docente logró inculcarme desde una edad temprana el gusto y la dedicación por el estudio y el aprendizaje. Le agradezco porque gracias a ella soy lo que soy actualmente, y porque por ella crece mi motivación por formarme aún más profesionalmente y como persona. Le agradezco porque fue quien, con mucho esfuerzo, me proporcionó los incentivos económicos y anímicos para estudiar y motivarme cada vez más a mejorar.

Le agradezco también a la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A., por ser mi alma mater durante estos 5 años; por mostrarme la carrera profesional más hermosa del mundo y enseñarme el verdadero valor del conocimiento. Agradezco a toda la planta de Docentes con los que en alguna oportunidad compartí, y con los que no también, porque sin duda alguna son la esencia de la Universidad y las personas que sacan adelante el claustro académico.

Un gran y especial agradecimiento a mi tutora la Doctora Grace Andrea Montoya Rojas, por la paciencia que tuvo en el acompañamiento y por la constante asesoría que me brindó cuando en algunas instancias de la investigación se presentaban pormenores. Agradecerle porque fue la persona que dio ese último brochazo para adentrarme en el mundo de la investigación y brindarme el apoyo necesario y el respaldo cuando aún la iniciativa y el tema de investigación no estaba en su totalidad definido. Y, por último, agradecerle por su conocimiento impartido tanto en las clases como en las asesorías, el cual fue muy valioso para el desarrollo del presente trabajo.

Con ánimo, pero no espacio, de hacer extenso el agradecimiento a demás Docentes que me colaboraron y me guiaron en esta etapa, no me queda más que nombrarlos y decirles que me motivan un profundo respeto y admiración por el nivel de personas que son, por la calidad de profesionales que representan y por las diferentes vivencias que se experimentaron así fuese en un salón de clase. Sencillamente gracias a:

- Adriana Posada
- Nohora Carvajal
- Juan Antonio Gómez
- Alejandro Salamanca García
- Jonathan Vásquez Lizcano
- Javier Díaz Perdomo
- Jorge Enrique Gómez, y demás que no fueron mencionados.

Agradecerles a mis compañeros de estudio, tanto con los que compartí en mi instancia en la Universidad como los que se quedaron años atrás del bachillerato, por enriquecerme con experiencias e ideales que han contribuido a mi formación y crecimiento como persona y profesional. Sobre todo, a mi círculo de amigos cercanos que mediante los diversos espacios en los que compartimos, siempre hubo un momento para el debate y compartir conocimiento en diferentes temas. Gracias a ellos, adquirí la capacidad de preguntarme por todo lo que no conozco y aprender sobre ello, siendo esto motivación principal para adentrarme en la investigación.

Sencillamente, ¡muchas gracias a todos!

Contenido

CONTENIDO	V
ÍNDICE DE TABLAS.	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.	VIII
RESUMEN.	1
ABSTRACT.	2
I. INTRODUCCIÓN.	3
II. OBJETO DE ESTUDIO	7
1. ÁREA DE ESTUDIO	7
1.1. <i>Contexto geográfico.</i>	7
1.2. <i>Elementos de la EEP dentro del área de estudio.</i>	10
1.3. <i>Jurisdicción sobre el área de estudio.</i>	13
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	15
2.1. <i>Problema de investigación.</i>	15
2.2. <i>Pregunta de investigación.</i>	20
2.3. <i>Hipótesis.</i>	20
3. OBJETIVOS.	21
3.1. <i>General.</i>	21
3.2. <i>Específicos.</i>	21
4. JUSTIFICACIÓN.	21
4.1. <i>Alcance e impacto.</i>	24
III. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	25
5. ANTECEDENTES	25
5.1. <i>Variabilidad y cambio climático ante el panorama internacional.</i>	25
5.2. <i>Avances en el estudio de variabilidad climática, cambio climático, mitigación y vulnerabilidad a nivel nacional, regional y local.</i>	32
5.3. <i>Experiencias en el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico y ecosistemas.</i>	35
6. MARCO CONCEPTUAL.	38
6.1. Concepto de Geosistema y Componentes Ambientales para el diagnóstico del paisaje.	38
6.1.1. Paisaje, Teoría General de Sistemas y geosistema.	38
6.1.1.1. Unidades de paisaje.	41
6.1.1.2. Ciclo geográfico.	42
6.1.2. Componentes Ambientales.	44
6.2. Contexto hidrográfico.	46
6.2.1. Cuenca hidrográfica como unidad de estudio.	48
6.2.2. Cuenca hidrológica.	48
6.2.3. Cuencas hidrográficas del país.	51
6.2.4. Cuencas distribuidas en la ciudad de Bogotá.	52
6.2.5. Subsistemas hídricos de la cuenca.	53
6.2.5.1. Humedales.	53
a. Humedales en Colombia.	55
b. Humedales en Bogotá D.C.	55
c. Servicios ecosistémicos de los humedales frente al cambio climático.	57

6.2.5.2.	Aguas subterráneas. _____	60
6.2.5.3.	Subsistemas hídricos frente a cambio climático. _____	61
6.3.	<i>Contexto climático.</i> _____	62
6.3.1.	Variabilidad climática y cambio climático. _____	63
6.3.2.	VARIABLES CLIMÁTICAS DE ESTUDIO. _____	66
6.3.3.	Riesgos de las variaciones climáticas. _____	67
6.3.4.	Escenarios de Trayectorias de Concentración Representativas (RCP) y proyecciones. _____	70
6.3.5.	Concepto de vulnerabilidad a cambio climático. _____	71
6.4.	<i>Contexto edáfico.</i> _____	73
6.4.1.	Clima del suelo. _____	75
6.4.1.1.	Régimen de humedad. _____	75
6.4.1.2.	Régimen de temperatura. _____	78
7.	MARCO LEGAL. _____	82
IV. METODOLOGÍA _____		86
8.	DESCRIPCIÓN DE ETAPAS _____	86
8.1.	<i>Etapa I. Análisis de los Componentes Ambientales y relaciones de los modelados del paisaje.</i> 86	
8.2.	<i>Etapa II. Síntesis de información edafoclimática y escenario climático 2011 – 2040.</i> _	90
8.3.	<i>Etapa III. Matriz de síntesis.</i> _____	91
V. RESULTADOS _____		92
9.	ETAPA I. DIAGNÓSTICO DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES Y RELACIONES DE LOS MODELADOS DEL PAISAJE. 92	
9.1.	<i>Componentes ambientales.</i> _____	92
9.2.	<i>Modelados del paisaje y sus relaciones estratégicas.</i> _____	116
10.	ETAPA II. SÍNTESIS DE INFORMACIÓN EDAFOCLIMÁTICA Y ESCENARIO CLIMÁTICO 2011 – 2040. _____	121
10.1.	<i>Información edafoclimática.</i> _____	121
10.2.	<i>Análisis información edafoclimática sobre escenarios climáticos.</i> _____	125
11.	ETAPA III. MATRIZ DE SÍNTESIS. _____	131
VI. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN. _____		138
12.	<i>Etapa I. Diagnóstico de los Componentes Ambientales y relaciones de los modelados del paisaje.</i> 138	
13.	<i>Etapa II. Síntesis de información edafoclimática y escenario climático 2011 – 2040.</i> 149	
VII. CONCLUSIONES. _____		153
14.	<i>Componentes ambientales y características sistémicas.</i> _____	153
15.	<i>Ciclo geográfico y construcción de paisajes.</i> _____	156
16.	<i>Análisis sistémico bajo variabilidad climática.</i> _____	157
VIII. RECOMENDACIONES. _____		159
IX. REFERENCIAS. _____		162

Índice de tablas.

TABLA II-1. UBICACIÓN EN COORDENADAS GEOGRÁFICAS Y PLANAS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ (PUNTO DEL DATUM: OBSERVATORIO ASTRONÓMICO DE BOGOTÁ).	7
TABLA II-2. ELEMENTOS POR COMPONENTES DE LA EEP, DENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO.	12
TABLA II-3. ALGUNOS POSIBLES IMPACTOS SOBRE EL RECURSO HÍDRICO Y LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS A RAÍZ DEL INCREMENTO EN LA TEMPERATURA.	16
TABLA III-1. ALGUNOS MECANISMOS E INSTANCIAS INTERNACIONALES RELEVANTES PARA LA INVESTIGACIÓN, QUE HAN SURGIDO EN TORNO A TEMAS CLIMÁTICOS Y AMBIENTE (DESDE EL PUNTO DE VISTA DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS).....	27
TABLA III-2. COMPONENTES, FACTORES Y VARIABLES AMBIENTALES.	45
TABLA III-3. REGÍMENES DE HUMEDAD DEL SUELO.	77
TABLA III-4. REGÍMENES DE TEMPERATURAS DEL SUELO.	80
TABLA III-5. MARCO LEGAL O NORMATIVO.	82
TABLA IV-1. MATRIZ DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA OBTENIDA, FUENTE, ESCALA Y AÑO	88
TABLA V-1. VARIABLES DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES ANALIZADOS.	92
TABLA V-2. MODELADOS DEL PAISAJE Y RELACIONES ESTRATÉGICAS.	117
TABLA V-3. MATRIZ DE COMPONENTES EVALUADOS EN ESCENARIO ACTUAL VS ESCENARIO 2011 -2040.	132

Índice de figuras.

FIGURA II-1. UBICACIÓN Y PRESENTACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (SUBCUENCA TORCA). ESCALA 1:30.000.....	9
FIGURA II-2. LOCALIDADES Y UPZ QUE CONTIENEN A LA CUENCA TORCA.....	14
FIGURA III-1. GEOSISTEMA, SUS ENTRADAS Y SALIDAS.	41
FIGURA III-2. COMPONENTES Y PROCESOS DEL PAISAJE.....	43
FIGURA III-3. REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LOS COMPONENTES O ESFERAS DEL SISTEMA GLOBAL. FUENTE: PABÓN & CHAPARRO, 1998.	44
FIGURA III-4. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA DULCE EN EL MUNDO.	47
FIGURA III-5. DIVISORIAS PARA LA DELIMITACIÓN DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS E HIDROLÓGICAS.	49
FIGURA III-6. PROVINCIAS HIDROGEOLOGICAS DE COLOMBIA.....	50
FIGURA III-7. CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE COLOMBIA.	51
FIGURA III-8. CUENCAS O SUBCUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.....	52
FIGURA III-9. ESQUEMA ILUSTRATIVO DE LA DISTRIBUCIÓN Y DESEMBOCADURA DE LOS PRINCIPALES RÍOS DEL ÁREA URBANA DE LA CIUDAD DE BOGOTÁ D.C.	53
FIGURA III-10. DISTRIBUCIÓN Y ÁREA DE LOS HUMEDALES RECONOCIDOS PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ.....	56
FIGURA III-11. VÍNCULOS ENTRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y EL BIENESTAR HUMANO. FUENTE: NACIONES UNIDAS, 2003.	58
FIGURA III-12. ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA DEL AGUA SUBTERRÁNEA, Y SU CONEXIÓN CON SISTEMAS HÍDRICOS EN LA SUPERFICIE.	61
FIGURA III-13. ESQUEMA TENDENCIAS Y RIESGOS GLOBALES. A) TOP 5 RIESGOS GLOBALES EN TÉRMINOS DE PROBABILIDAD; B) TOP 5 RIESGOS GLOBALES EN TÉRMINOS DE IMPACTO; C) RED DE INTERCONEXIONES GLOBALES DE RIESGOS Y TENDENCIAS.....	67
FIGURA III-14. RIESGOS IMPULSADOS POR EL CAMBIO CLIMÁTICO. EN VERDE LO DE CATEGORÍA AMBIENTAL Y ROJO DE CATEGORÍA SOCIAL.....	68
FIGURA III-15. MAPA O RED DE INTERCONEXIÓN DE RIESGOS GLOBALES.	69
FIGURA III-16. CAMBIO ANUAL DE TEMPERATURA SUPERFICIAL MEDIA Y CAMBIO PORCENTUAL PROMEDIO EN PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL PARA EL PERIODO 2081 – 2100 VS 1986 – 2005.	71
FIGURA III-17. TEMAS DE ANÁLISIS EN LOS ESTUDIOS DE VULNERABILIDAD.	73
FIGURA III-18. REGÍMENES DE HUMEDAD DEL SUELO EN LATINOAMÉRICA.	76
FIGURA III-19. REGÍMENES DE HUMEDAD PREDOMINANTES EN COLOMBIA PARA EL AÑO 1995.....	78
FIGURA III-20. REGÍMENES DE TEMPERATURA DEL SUELO EN LATINOAMÉRICA.	79
FIGURA III-21. LÍMITES PROPUESTOS PARA ESTABLECER REGÍMENES DE TEMPERATURA ADOPTADOS A LAS CONDICIONES COLOMBIANAS.	81
FIGURA V-1. CORTE HIDROGEOLOGICO CUENCA RÍO BOGOTÁ	95
FIGURA V-2. HIDROGRAFÍA CUENCA TORCA.	101
FIGURA V-3. HUMEDAL TORCA. FUENTE: EAAB, 2015.	101

FIGURA V-4. HUMEDAL GUAYMARAL	102
FIGURA V-5. HUMEDAL LA CONEJERA.	102
FIGURA V-6. HIDROGEOLOGÍA DE LA SABANA DE BOGOTÁ.....	105
FIGURA V-7. NGQ: COMPLEJO ACUÍFERO NEÓGENO-CUATERNARIO; PG: COMPLEJO ACUITARDO DEL PALEÓGENO; KG: COMPLEJO ACUÍFERO GUADALUPE.	106
FIGURA V-8. PERFIL ALTITUDINAL CON VEGETACIÓN POTENCIAL DE LA SABANA DE BOGOTÁ.....	108
FIGURA V-9. UNIDADES DE PAISAJE PARA EL HUMEDAL LA CONEJERA	109
FIGURA V-10. COBERTURAS DEL SUELO PARA LA RTVDH, AÑO 2013. ESCALA 1:10.000.....	109
FIGURA V-11. USO ACTUAL DEL SUELO. ESCALA 1:10.000.....	110
FIGURA V-12. OBJETOS DE CONSERVACIÓN DE LA RTVDH. ESCALA 1:10.000.	110
FIGURA V-13. TRANSECTO QUE COMPRENDE LOS MODELADOS DEL PAISAJE DEL ÁREA DE ESTUDIO.	116
FIGURA V-14. MAPA DE REGÍMENES DE HUMEDAD EN LOS SUELOS DE COLOMBIA.	122
FIGURA V-15. MAPA DE REGÍMENES DE TEMPERATURA EN LOS SUELOS DE COLOMBIA.....	122
FIGURA V-16. RÉGIMEN ÚDICO Y ÚSTICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO, AÑO 1995.....	122
FIGURA V-17. RÉGIMEN ISOTÉRMICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO, AÑO 1995.....	124
FIGURA V-18. RÉGIMEN DE HUMEDAD ACUICO Y ÚDICO EN EL ÁREA DE ESTUDIO PARA EL AÑO 2012.	125
FIGURA V-19. MAPA DE ESCENARIO DE INCREMENTOS EN LA TEMPERATURA 2011 – 2040.	126
FIGURA V-20. MAPA DE ESCENARIO DE INCREMENTOS EN LA TEMPERATURA 2041 – 2070.	127
FIGURA V-21. MAPA DE ESCENARIO DE INCREMENTOS EN LA TEMPERATURA 2071 – 2100.	127
FIGURA V-22. MAPA DE ESCENARIO DE INCREMENTOS EN LA PRECIPITACIÓN 2011 – 2040.....	128
FIGURA V-23. TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN PROMEDIO PARA EL PERIODO 2071 – 2100, EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA.	129
FIGURA VI-1. DISTRIBUCIÓN DE LOS DÉFICIT Y EXCESOS DE HUMEDAD.....	139
FIGURA VI-2. CORTE O PERFIL ESQUEMÁTICO DEL ÁREA DE ESTUDIO Y SUS ZONAS DE RECARGA Y DESCARGA.	140
FIGURA VI-3. USO ACTUAL DE LA RTVDH, AÑO 2014.	145
FIGURA VI-4. ESQUEMATIZACIÓN DE LA INTERACCIÓN DE COMPONENTES AMBIENTALES Y LAS RELACIONES SISTÉMICAS DE LA CUENCA TORCA.....	149

Resumen.

La cuenca Torca es una de las áreas naturales más importantes para la ciudad de Bogotá por poseer elementos con valores ambientales significativos para el mantenimiento ecosistémico y ecológico de la Capital. La importancia de esta área se manifiesta por medio de las unidades del paisaje trabajadas en esta investigación, las cuales pertenecen a la Estructura Ecológica Principal de la ciudad, siendo pilares fundamentales para la estrategia de ordenamiento y ocupación territorial.

Por otro lado, la variabilidad climática es un fenómeno global de carácter natural, que se manifiesta por medio de la fluctuación de los parámetros climáticos normales en diferentes temporalidades, incidiendo sobre el comportamiento de variables como la precipitación y temperatura que a su vez generan cambios en los paisajes.

Los análisis paisajísticos constituyen una herramienta bastante útil para la evaluación de los procesos de transformación y dependencia que se dan en el paisaje, permitiendo obtener información valiosa en cuanto al funcionamiento integral del mismo. De esta manera, se aplica una metodología de análisis sistémico de componentes ambientales, que en sinergia con la evaluación de los modelados del paisaje y un análisis de la vulnerabilidad frente al escenario climático 2011 – 2040, permite identificar la posible influencia que tendrá la variación climática sobre el funcionamiento sistémico de la cuenca Torca.

Palabras clave: Unidades del paisaje, variabilidad climática, análisis paisajísticos, diagnóstico de componentes ambientales, modelados del paisaje, vulnerabilidad, funcionamiento sistémico.

Abstract.

The Torca basin is one of the most important natural areas for the city of Bogotá because it has elements with significant environmental values for the ecosystem and ecological maintenance of the Capital. The importance of this area is manifested through the landscape units worked on in this research, which belong to the Main Ecological Structure of the city, being fundamental pillars for territorial planning and occupation strategy.

On the other hand, climatic variability is a global phenomenon of natural character, which is manifested through the fluctuation of the normal climatic parameters in different temporalities, affecting the behavior of variables such as precipitation and temperature that in turn generate changes in the landscapes.

The landscape analysis is a very useful tool for the evaluation of the processes of transformation and dependence that occur in the landscape, allowing to obtain valuable information regarding its integral functioning. In this way, a methodology of systemic analysis of environmental components is applied, which in synergy with the evaluation of landscape modeling and an analysis of vulnerability against the climatic scenario 2011 - 2040, allows identifying the possible influence that climate variation will have. on the systemic functioning of the Torca basin.

Key words: Landscape units, climate variability, landscape analysis, diagnosis of environmental components, landscape modeling, vulnerability, systemic functioning.

I. Introducción.

La presente investigación obedece a un estudio semi-detallado¹, que integra una serie de etapas que proporcionan información sobre los diferentes factores y variables que interactúan de forma sistémica en el paisaje. Esta información obtenida, puede ser utilizada para evaluar bajo diferentes escenarios las afectaciones que pueden derivarse de la variabilidad climática, enmarcada en un fenómeno global como el cambio climático, sobre la estructura y funcionalidad del paisaje².

La característica principal de este tipo de estudios, es facilitar un entendimiento integral del área bajo análisis, reconociendo cada uno de los elementos que interactúan ella y la relevancia que reciben estos dentro de la oferta de servicios ecosistémicos y ambientales.

La cuenca Torca es el área de estudio seleccionada, la cual es idónea por reunir una serie de elementos tanto naturales como antrópicos, que interactúan para un beneficio común y que permiten ser analizados desde su funcionalidad y su conectividad.

Los paisajes se someten a constantes procesos de transformación o evolución, donde por medio de fuerzas tanto internas como externas, configuran su distribución espacial y su funcionalidad. Las variaciones en las condiciones climáticas manifestadas en cambios bruscos en algunas variables en momentos determinados o una alteración estadística del

¹ Aspecto aclarado como conclusión del documento.

² Es conveniente clarificar que el presente estudio se encuentra dentro del marco del proyecto de investigación: Análisis Edafoclimático, para la Adaptación al Cambio Climático, dirigido por la Dra. Grace Andrea Montoya Rojas.

valor medio a través de las últimas décadas, son una fuerza de transformación que según sea el tipo de paisaje y la ubicación geográfica, influirá de una manera u otra.

Frente a un acelerado crecimiento demográfico, el aumento de la infraestructura y malla urbana, la rápida propagación del sector industrial y, por consiguiente, el aumento en las emisiones de GEI³, las características climáticas a nivel local, regional y global están cambiando (IGBP, 2012). El interés por estudiar este tipo de fenómenos de carácter global sobre una escala local, es para identificar la forma en que el primero afecta mediante su dinámica a las áreas de importancia ambiental local – regional, para así mismo concentrar esfuerzos y capacidades en las áreas que son de menor tamaño frente a escalas nacionales y no son generalmente consideradas dentro de las políticas públicas o instrumentos de protección nacional.

Esta investigación surge de un interés académico por proporcionar una herramienta de apoyo para las decisiones en torno a planificación, ordenamiento territorial y gestión ambiental, que recuperen, protejan y potencian la cuenca Torca dentro de un concepto de crecimiento y desarrollo sostenible.

Para conseguir lo estipulado, se utilizó una metodología de análisis de componentes ambientales, que destaca el comportamiento y funcionalidad sistémica del área de estudio por medio del análisis de las variables que interactúan en cada uno de los componentes esféricos (Atmosférico, Geosférico, Hidrosférico, Biosférico y Antroposférico). Para ello, se reunió información proveniente de las entidades públicas y privadas que han tomado muestras, datos o analizado algún elemento o unidad del paisaje contenida en la cuenca.

³ Gases de Efecto Invernadero.

Esta información era tanto de carácter teórica como espacial, donde esta última fue procesada y/o digitalizada en un software SIG⁴ para su posterior interpretación.

También se identificó mediante un transecto en el área de estudio, los diversos modelados del paisaje para posteriormente analizarlos bajo dos ejes fundamentales dentro de la ocupación y gestión del territorio como “Ocupación y usos de suelo” y “Ciclos geográficos y aspectos ecológicos”.

Por otro lado, se evaluó la información edafoclimática en diferentes temporalidades, para apreciar el régimen de temperatura y humedad que predomina en la cuenca y así mismo también someterlo bajo los escenarios climáticos; esto con la finalidad de conocer posibles o futuras alteraciones del recurso suelo y la forma en que esto se reflejará sobre otros recursos del paisaje.

Finalmente, se generó una matriz que sintetiza toda la información recogida y la traslada al escenario climático 2011 – 2040, percibiendo así varios aspectos que se detallan en las conclusiones.

En el Capítulo II se define el objeto de estudio, la relevancia de la cuenca Torca para la ciudad de Bogotá y su contexto geográfico.

En el Capítulo III, se profundiza en los conceptos de apoyo e información teórica que ayudará a entender diversos conceptos utilizados en el trabajo, además de la importancia prestada al componente geosférico y al hidrosférico.

⁴ Sistemas de Información Geográfica

En el Capítulo IV se explica la metodología aplicada, recogiendo las principales fuentes y aportes de autores que fueron fundamentales para el desarrollo del presente trabajo.

En el Capítulo V se presentan los resultados obtenidos por etapas, cada etapa corresponde a un objetivo planteado.

Y en el Capítulo VI y VII se presenta el análisis y su respectiva discusión, además de las conclusiones y posibles recomendaciones para líneas de trabajo futuras.

II. Objeto de Estudio

1. Área de estudio

1.1.Contexto geográfico.

La ciudad de Bogotá como Distrito Capital de Colombia, cuenta con una extensión cercana a los 1.636 km² de los cuales 413 km² son área urbana (Secretaría Distrital de Planeación., 2009), convirtiéndola en la ciudad más extensa del país. A una altura promedio de 2.640 m.s.n.m., enclavada en los cerros orientales, y una ubicación bastante centralizada (Tabla II-1), Bogotá se constituye como el nodo político (sede de Gobierno), económico, industrial, financiero, cultural y de servicios a nivel nacional (Mantilla, 2009), además de ser la ciudad más poblada con un número de habitantes para el año 2018 igual o cercano a los 8.181.047 personas (DANE, 2005).

Tabla II-1. *Ubicación en coordenadas geográficas y planas de la ciudad de Bogotá (punto del Datum: Observatorio Astronómico de Bogotá).*

Ubicación	Coordenadas geográficas	Coordenadas planas
<u>Latitud/Norte</u>	<u>4° 35' 46,3215"</u>	1.000.000 metros
<u>Longitud/Este</u>	<u>74° 04' 39,0285"</u>	1.000.000 metros

Fuente: Elaboración propia, basado en IGAC, 2004.

Geográficamente, la ciudad se ubica sobre el altiplano Cundiboyacense, el cual está inmerso en la Cordillera Oriental. El altiplano a su vez se compone de varias regiones planas dentro de las cuales destaca la Sabana de Bogotá como la más extensa de los Andes Colombianos (Donkin, 1968), extendiéndose ésta desde las Provincias de Rionegro y Valle de Ubaté hasta la Provincia del Sumapaz y Páramo de Sumapaz. La Sabana de Bogotá

comprende cerca de 863.4 km² de la ciudad de Bogotá, alcanzando a abarcar toda la zona urbana de la ciudad junto a municipios aledaños.

En términos administrativos, Bogotá limita al norte con el municipio de Chía y Sopó; al oeste con los municipios de Cota, Funza, Mosquera, Soacha (hasta acá son los límites de su área urbana), Pasca, Arbeláez, San Bernardo, Venecia y Cabrera; al este con los municipios de La Calera, Choachí, Ubaque (hasta acá son los límites de su área urbana), Chipaque, Une y Gutiérrez; y por el sur su área urbana se extiende hasta la localidad de Usme, siguiendo más allá la extensión de la ciudad hasta los límites con los Departamentos del Meta y Huila.

El área de estudio seleccionada para la presente investigación es la subcuenca⁵ Torca (Figura II-1) perteneciente a la cuenca media del río Bogotá en su trayecto por la ciudad. La motivación principal para su elección obedece a ser un área extensa que posee diversos elementos con importancia ambiental como parques distritales metropolitanos y zonales, corredores ecológicos, ecosistemas hídricos o acuáticos continentales (humedales), zonas con remanentes de bosque nativo, reservas forestales y una red de corrientes de agua compuesta de canales y quebradas, que pertenecen a la EEP⁶ de la ciudad de Bogotá y además funcionan como un sistema estratégico de conectividad entre dos de los elementos ambientales más importantes de la ciudad como lo son el valle aluvial del río Bogotá (Guzmán, s.f.) y los Cerros Orientales (Hernández, Barón, Betancourt, & Garay, 2015). Por otro lado, la cuenca Torca es una unidad de análisis y de planificación ambiental idónea

⁵ Bajo los parámetros de escala que se emplean en la investigación, y para facilidad de la misma, el término subcuenca es homólogo a cuenca. De esta manera, de ahora en adelante se hablará de la cuenca Torca.

⁶ Estructura Ecológica Principal.

para entender de forma integral los elementos y variables que interactúan en ella y que han llevado a la actual configuración del paisaje, partiendo de que su delimitación surge en función de limitantes o condiciones naturales.

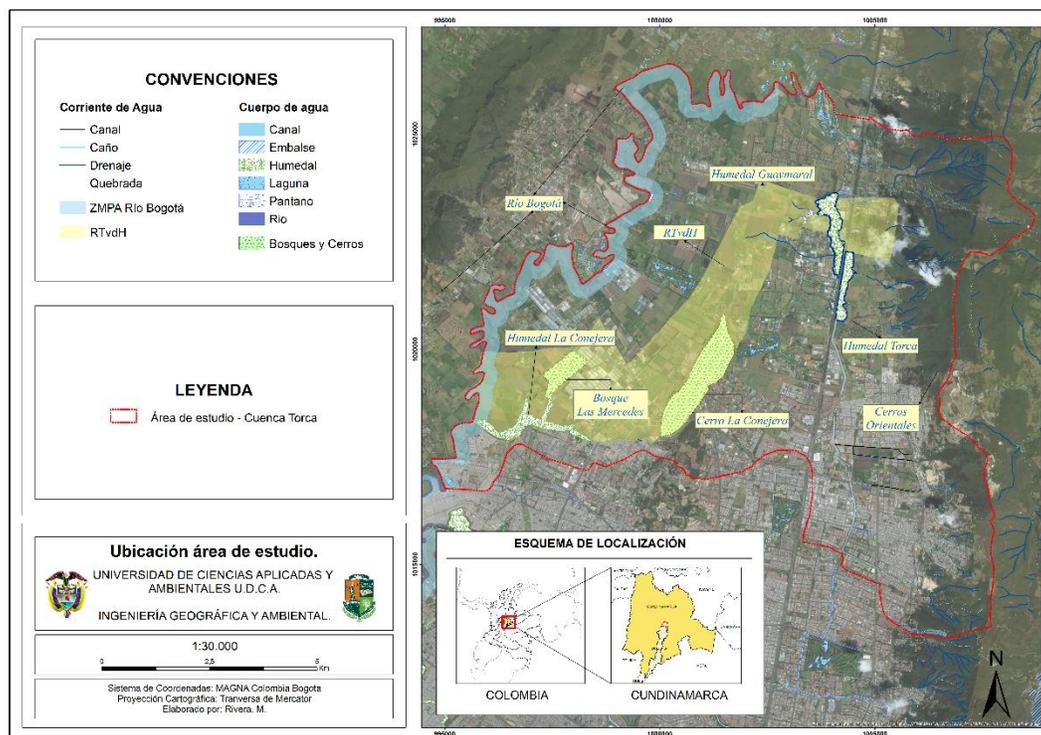


Figura II-1. Ubicación y presentación del área de estudio (Subcuenca Torca). Escala 1:30.000.

Nota: El concepto de cuenca y subcuenca es indistinto para la investigación, principalmente a que se puede referir a la cuenca Torca como cuenca también, dependiendo de la escala gráfica de análisis. Fuente: Elaboración propia.

Según la SDA⁷ (2015), la cuenca Torca posee un eje principal de 13.06 km, con un área de drenaje igual a 6.008,69 hectáreas (ha); naciendo en el “conjunto residencial Bosque de Pinos ubicado en la Carrera 6 con Calle 153 hasta su entrega al río Bogotá” (p. 19). Ésta nace en la parte alta de los cerros orientales, alcanzando a la altura de la Autopista Norte el sistema de humedales Torca – Guaymaral, los cuales alimenta para continuar su

⁷ Secretaría Distrital de Ambiente.

curso hasta el tramo norte del río Bogotá. Adicionalmente, posee 3 microcuencas: El Cedro, San Cristóbal y Serrezuela.

1.2.Elementos de la EEP dentro del área de estudio.

Según el Decreto Distrital 364, la estrategia de ordenamiento y ocupación territorial de la ciudad de Bogotá se ha venido implementando bajo tres (3) principios, de los cuales se destaca el primero como el encargado de la “protección y tutela del ambiente y los recursos naturales y su valoración como sustrato básico del ordenamiento territorial” (2013). En función de ellos, el ordenamiento territorial de la ciudad se soporta específicamente en tres (3) estructuras, donde de igual manera si hay una que deba ser resaltada para la finalidad de la investigación es la EEP, por ser de carácter primordial y de máxima jerarquía en términos de regular el crecimiento, habitabilidad y sostenibilidad de la ciudad. Esto está sustentando en que los elementos que la integran son determinantes ambientales de máxima jerarquía para el POT⁸ y los instrumentos utilizados para su desarrollo, además de ser indispensables para la conectividad ambiental no sólo a nivel local sino regional.

Así, la EEP se define como el:

Sistema de áreas con valores ambientales presentes en el espacio construido y no construido que interconectadas dan sustento a los procesos y las funciones ecológicas esenciales y a la oferta de servicios ambientales y ecosistémicos (actuales y futuros) para el soporte de la biodiversidad y del desarrollo socio

⁸ Plan de Ordenamiento Territorial.

económico y cultural de las poblaciones en el territorio. Esta estructura se configura a partir de la integración de las áreas de origen natural y antrópico, las cuales mantienen una oferta ambiental significativa para los habitantes de la ciudad y la región (Decreto 364, Art. 17, 2013).

La EEP se divide por componentes, siendo estos el Sistema Distrital de Áreas Protegidas, Áreas de Especial Importancia Ecosistémica y Elementos conectores complementarios, los cuales se definen dentro del Decreto 364 y se presentan a continuación:

- El Sistema Distrital de Áreas Protegidas se define como conjunto de espacios geográficos que “buscan proteger el patrimonio natural del Distrito Capital y la Región, cuyos valores de conservación resultan imprescindibles para la adaptación frente al cambio climático, el funcionamiento de los ecosistemas y el desarrollo sostenible de la ciudad” (Decreto Distrital 364, 2013).
- Las Áreas de Especial Importancia Ecosistémica se definen como “áreas y elementos que contribuyen a la regulación del ciclo hidrológico a través de la conservación de los depósitos y flujos naturales del agua superficial y subterránea” (Decreto Distrital 364, 2013).
- Los Elementos conectores complementarios, por su parte, son “espacios que, a partir de la vegetación o los ecosistemas existentes, o de la funcionalidad ambiental que cumplen, ofrecen el soporte cultural, físico, ecológico y paisajístico al Distrito, dotándolo de valores urbanísticos, estéticos, ambientales, organizativos y sensoriales” (Decreto Distrital 364, 2013).

Además de servir como complemento para la conectividad ecológica entre las áreas protegidas y las áreas de especial importancia ecosistémica.

Dentro del área de estudio se encuentran algunos elementos pertenecientes a la EEP (total o parcialmente), que se contemplan en la tabla II-2.

Tabla II-2. *Elementos por componentes de la EEP, dentro del área de estudio.*

Sistema Distrital de Áreas Protegidas	Áreas de Especial Importancia Ecosistémica	Elementos conectores complementarios
<ul style="list-style-type: none"> - Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C., "Thomas Van der Hammen" (RTvdH) - Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Río Bogotá. - Área de Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá - Parques ecológicos Distritales de Humedal: Torca – Guaymaral y La Conejera. - Parque Ecológicos Distritales de Montaña: Cerro de Torca, Cerro La Conejera y parte de los Cerros de Suba - El bosque de las Mercedes y bosque las Lechuzas (incluidos también dentro de la RTvdH) 	<ul style="list-style-type: none"> - Corredor ecológico regional del río Bogotá y demás corredores hídricos - Áreas de recarga de acuíferos - Ríos y quebradas con sus rondas hidráulicas - Zonas de Manejo y Preservación Ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> - Parques de la red general (Urbano de Escala Metropolitana y zonal) - Parque Especial de Protección por Riesgo Torca – Guaymaral - Conectores ecológicos - Canales

Fuente: Elaboración propia, adoptado de Decreto Distrital 364, 2013.

1.3. Jurisdicción sobre el área de estudio.

En términos ambientales, sobre la subcuenca Torca tiene jurisdicción tanto la SDA como la CAR⁹. La CAR se encarga de la elaboración de los POMCA¹⁰, dentro de los cuales está el POMCA del río Bogotá (según Resolución 3194 de 2006), además de elaborar el PMA¹¹ de áreas protegidas ubicadas en la ruralidad de la ciudad; mientras que la SDA tiene bajo su dirección los elementos de la EEP y demás ecosistemas o áreas de protección de carácter Distrital; además, hay algunos elementos ambientales de importancia regional que están bajo jurisdicción de las dos instancias, como por ejemplo la Reserva Forestal Protectora Productora de la Cuenca Alta del Río Bogotá o Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá, donde las 2 actúan de forma conjunta.

Por otro lado, la subcuenca Torca se encuentra inmersa en dos localidades del Distrito, aunque no en su totalidad ya que la cuenca pertenece tanto al perímetro urbano como rural de la ciudad:

- Suba: Localidad No. 11 del Distrito Capital ubicada al noroccidente de la ciudad. Es una de las localidades más extensas de la Capital, llegando a ser la cuarta después de Usme, Ciudad Bolívar y Sumapaz (con vocación rural). Limita al Norte con el municipio de Chía, al Sur con la localidad No. 10 de Engativá; al Oriente con la localidad No. 1 de Usaquén y al Occidente con el municipio de Cota (Bogotá Cómo Vamos, s.f.).

⁹ Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.

¹⁰ Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas.

¹¹ Plan de Manejo Ambiental.

Está compuesta por 12 UPZ¹², dentro de las cuales 2 se contienen totalmente (Guaymaral y La Academia) y 5 parcialmente (San José de Bavaria, Suba, Tibabuyes, Casa Blanca Suba y Britalia) en la subcuenca Torca.

- Usaquéen. Localidad No. 1 del Distrito Capital ubicada en el extremo nororiental de la ciudad. Inicialmente se consolidó como un municipio hasta el año 1954, donde oficialmente se vinculó a la jurisdicción de Bogotá. “Limita al occidente con la Autopista Norte, que la separa de la localidad de Suba; al sur con la Calle 100, que la separa de la localidad de Chapinero; al norte, con los municipios de Chía y Sopó y al oriente, con el municipio de la Calera” (Bogotá Cómo Vamos, s.f.).

Esta localidad está dividida en nueve UPZ, de las cuales 3 se encuentran totalmente (Paseo de los Libertadores, Verbenal y San Cristobal Norte) y 3 parcialmente (La Uribe, Toberín y Los Cedros).

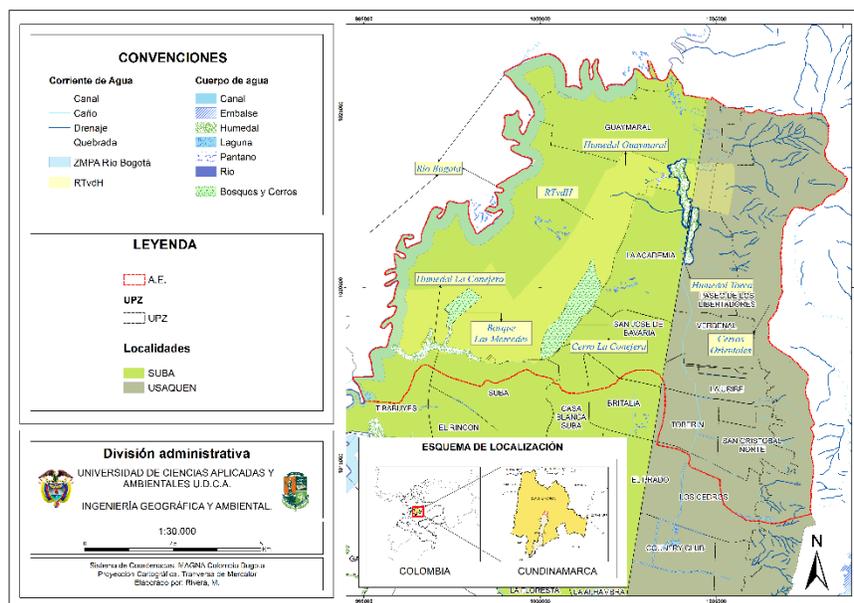


Figura II-2. Localidades y UPZ que contienen a la cuenca Torca.

Fuente: Elaboración propia.

¹² Unidades de Planeamiento Zonal.

2. Planteamiento del problema.

2.1. Problema de investigación.

Las condiciones climáticas cambiantes y extremas que se han venido manifestando desde mediados del siglo XX (IPCC, 2013)¹³, representan una amenaza para el funcionamiento sistémico de los paisajes a través de la alteración espacial, temporal y funcional, de elementos y dinámicas naturales indispensables para el soporte ambiental y ecosistémico de una región. Esta alteración ha sido percibida sobre diferentes elementos, particularmente sobre aquellos que son fundamentales para la conservación y resiliencia de los ecosistemas, además de para la oferta de servicios ecosistémicos.

Uno de estos elementos es el recurso hídrico. La afectación sobre el recurso hídrico se manifiesta sobre la cantidad de agua que ingresa y las tasas de residencia de la misma en las diferentes zonas geográficas de la Tierra, modificando eventualmente las propiedades físicas (Gallart, 2009), químicas (Grimalt & Ginebreda, 2009) y biológicas (Massol & Fuentes, 2002) del mismo, mediante la alteración de los fenómenos atmosféricos que intervienen o participan dentro del ciclo hidrológico (precipitación, temperatura, evaporación, etc.).

A pesar de que no es correcto afirmar de forma exclusiva que el clima es el que provoca cambios en la distribución y calidad del recurso hídrico, sabiendo que es un proceso bastante complejo donde hay otros parámetros indisociables como la vegetación o el uso que se le da al agua que inciden sobre ello (Gallart, 2009), por ejemplo, sí se ha

¹³ Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental del Cambio Climático.

logrado evidenciar y prever los diferentes impactos o efectos que tiene un cambio en las condiciones medias o normales estadísticas del clima sobre la disponibilidad, distribución y calidad del agua (Tabla II-3). Por ejemplo, en términos generales, Prat y Munné (2009) afirman que tras un aumento en la temperatura del agua contenida en los ecosistemas acuáticos se afectará el ciclo biológico de muchas especies, indicando también que un aumento en la tasa de evapotranspiración y un cambio en el régimen de lluvias conllevará a un menor flujo de agua por estos ecosistemas y de forma más irregular, por lo que se reducirán las tasas de renovación y residencia del agua, se modificará el hábitat y se afectarán los procesos que contribuyen en la dinámica de los nutrientes.

Tabla II-3. *Algunos posibles impactos sobre el recurso hídrico y los ecosistemas acuáticos a raíz del incremento en la temperatura.*

Incremento en la temperatura (en grados °C)	Impactos sobre el agua y los ecosistemas acuáticos.
1 °C	<ul style="list-style-type: none"> - Caudal de los ríos sería menor a 5-10 % en algunas cuencas hidrográficas. - 3-10% de más lluvias torrenciales en la mayor parte de las áreas terrestres. - Pequeños glaciares en los Andes desaparecerán completamente - Amenaza de suministros de agua para 50 millones de personas
2 °C	<ul style="list-style-type: none"> - 20 - 30% de disminución en la disponibilidad de agua para regiones vulnerables en el Sur de África y mediterráneo.
3 °C	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción significativa del área de los humedales en 250.000 km². - Disminución de 40% de la disponibilidad de agua en muchas regiones.
4 °C	<ul style="list-style-type: none"> - Los glaciares andinos desaparecerían hacia el final del siglo. En la medida en que los glaciares andinos se derritieran, se producirían grandes inundaciones. Y si los glaciares desaparecieran, las comunidades

dependientes de ellos sufrirían una aguda escasez de agua.

- El nivel del mar subiría, en promedio, un metro, con devastadoras consecuencias, en especial, en las islas y las zonas costeras del Caribe.
-

Fuente: Adoptado de Becerra, Mance, Rey y Arbeláez (2015); Stern, (2006).

Otro de los elementos es el suelo. En cuanto a éste como recurso finito y no renovable, surge una gran preocupación por su manejo adecuado no sólo para la producción de alimentos sino como soporte de diversos servicios ecosistémicos y ambientales como la filtración de agua, participación dentro de los ciclos biogeoquímicos, fijación de carbono, etc., (Orjuela, 2016).

Según la FAO¹⁴ “los suelos sanos son el mayor almacén de carbono terrestre” (2015), por lo que frente a un buen manejo de los mismos serían un elemento importante para la mitigación y adaptación a la variabilidad climática y cambio climático, mediante la captura de carbono y la disminución de GEI en la atmósfera (FAO, 2015). Mediante la restauración y adopción de prácticas de conservación de suelos hay una gran probabilidad de contribuir a la disminución de GEI que derivan de la agricultura, mejorar la capacidad de retención de carbono del suelo (directamente relacionada con el ciclo del carbono) y aumentar la resiliencia frente a variaciones climáticas (FAO, 2015).

Los parámetros físicos, químicos y biológicos del suelo, que surgen a raíz de los factores formadores del mismo (clima, biota, tiempo, geología y geomorfología), se ven alterados también frente a la manifestación de fenómenos asociados al clima.

¹⁴ Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

El aumento de la temperatura y el cambio en los regímenes de precipitación a nivel global, impactan directamente el suelo mediante la alteración de características como la humedad y temperatura del suelo, la circulación de los ciclos biogeoquímicos y nutrientes, la actividad biológica, estructura, permeabilidad, parámetros químicos asociados con acidificación, entre muchas más características.

El aumento de las temperaturas puede acarrear un mayor crecimiento de vegetación y un mayor almacenamiento de carbono en el suelo. Sin embargo, las altas temperaturas también podrían incrementar la descomposición y mineralización de la materia orgánica del suelo, reduciendo el contenido de carbono orgánico (Agencia Europea de Medio Ambiente, 2016)

La Agencia Europea de Medio Ambiente también confirma que “la creciente concentración de dióxido de carbono en la atmósfera puede hacer que los microbios del suelo descompongan la materia orgánica más rápidamente, pudiendo liberar todavía más dióxido de carbono” (2016), planteando así una relación de doble causalidad que deja de manifiesto la sensibilidad edáfica frente a variabilidad y cambio climático, y como a su vez un mal manejo de suelos puede contribuir a agravar o disminuir la capacidad de adaptación a los mismos.

Los desafíos que imponen en la actualidad los riesgos asociados a variabilidad y cambio climático repercuten de forma diferente sobre las ciudades y sus elementos estructurantes (ambiente, sociedad, cultura, infraestructura, servicios, etc.). Por otro lado, los efectos de las variaciones climáticas tienen una gran incidencia no sólo sobre los ecosistemas y el estado ambiental del paisaje, sino además sobre sectores específicos como

la salud (OMS, 2003)¹⁵, o condicionando procesos y dinámicas económicas orientadas al desarrollo territorial y crecimiento sostenible, sector de agricultura (Porrás, 2013) y ganadería (DNP & BID, 2014)¹⁶, aspectos sociales como marginación y pobreza (López, 2014), y servicios de recreación y turismo (UNWTO, OMM y PNUMA, 2007)¹⁷.

El énfasis prestado en estos dos recursos o elementos (suelo y agua) en concreto es la importancia que reciben al ser el principal soporte de vida, para la seguridad alimentaria y desarrollo, además de ser los dos elementos de conectividad y sustento que están presentes en el área de estudio. Tal como indica Orjuela (2010) “Hay una relación sinérgica entre el suelo y el agua y por eso algunos autores conceptúan que hoy en día el desarrollo de los pueblos está directamente ligado a la riqueza de los suelos y a la disponibilidad de agua [...]”. Las funciones de estos dos recursos son cuestiones transversales, característica derivada de la amplia utilización para diferentes sectores a los que son sometidos y su deterioro o transformación en diferentes niveles. Sin mencionar que son dos d

Exponiendo las probables implicaciones que traerá y ha traído un cambio en el clima sobre los procesos edáficos, hídricos y atmosféricos, y lo que esto representa para el funcionamiento de los paisajes; y reflexionando sobre la necesidad ineludible por hacer frente a esas implicaciones para disponer de territorios más resilientes y construir ciudades más sostenibles que garanticen el nivel de vida óptimo para sus ciudadanos, se implementa esta investigación con el propósito de proporcionar una evaluación paisajística semi-

¹⁵ Organización Mundial de la Salud

¹⁶ Departamento Nacional de Planeación y Banco Interamericano de Desarrollo.

¹⁷ Organización Mundial de Turismo, Organización Meteorológica Mundial y Programa de las Naciones Unidas para el Ambiente, respectivamente.

detallada de la cuenca Torca, que permita entrever o percibir las principales relaciones de carácter sistémico que se manifiestan en ella, y su vulnerabilidad desde diferentes aspectos tras un cruce con los escenarios climáticos planteados para los próximos años.

2.2.Pregunta de investigación.

- ¿Qué tan vulnerable es el paisaje desde un enfoque sistémico en la cuenca Torca, frente al escenario climático 2011 – 2040?

2.3.Hipótesis.

Las áreas o unidades estratégicas presentes en la cuenca Torca, por su importancia ambiental y de conectividad, cuentan con un respaldo normativo e institucional acorde con la funcionalidad ecológica que éstas tienen. Sin embargo, este respaldo no ha sido suficiente y en muchas ocasiones ha generado incertidumbre o desconcierto por la forma en que se están manejando algunas áreas; esto ha traído como consecuencia la pérdida o degradación de sus valores ambientales, lo cual es producto de los conflictos que tienen algunas unidades del paisaje como contaminación, malas prácticas de agricultura y ganadería e implementación de proyectos u obras que perturban y fragmentan físicamente el área.

Los dos recursos de mayor importancia dentro de la investigación como lo son el suelo y el agua, no han llegado a considerarse en su totalidad como elementos de conectividad y soporte ambiental, ecológico y ecosistémico de la cuenca. Esto será apreciable por la poca acción ejercida para su verdadera y completa protección y planificación sostenible, además del desconocimiento sobre la relación entre estos recursos

y la oferta de algunos servicios ambientales y/o el mantenimiento de otros elementos importantes en el área de estudio.

3. Objetivos.

3.1.General.

- Estudiar de manera sistemática el paisaje y sus unidades, como insumo para el análisis de la vulnerabilidad de la cuenca Torca frente a variabilidad climática.

3.2.Específicos.

- Generar un análisis sistémico de los componentes ambientales del paisaje que interactúan en la cuenca Torca, identificando además las relaciones entre modelados del paisaje con tópicos como “Ocupación y usos de suelo” y los “Ciclos geográficos y aspectos ecológicos”.
- Interpretar información edafoclimática disponible de los años 1995 y 2012, y analizarla bajo el escenario climático 2011 - 2040, con la finalidad de proyectar posibles transformaciones paisajísticas del área de estudio asociada a variabilidad climática.
- Sintetizar a partir de los objetivos anteriores, una apreciación de la vulnerabilidad del paisaje en la cuenca Torca frente a variabilidad climática, en un análisis matricial que reúna los elementos y unidades más importantes y, por tanto, más vulnerables a la misma.

4. Justificación.

El paisaje es el resultado visible de la interacción de los elementos naturales con la dimensión humana (Mínguez & Álvarez, 2014). El dinamismo de esta interacción “es un reflejo de la relación dialéctica entre sociedad y su entorno, y la construcción de un

“espacio humanizado” donde lo biofísico se combina con elementos sociales y culturales para conformar algo que denominamos paisaje” (Guhl, 2008, p. 334). Por otro lado, pero basados en lo anterior, la transformación de los paisajes es producto de la influencia humana y los procesos naturales; no obstante, cabe resaltar que la actividad humana cada vez es más intensa, propiciando un mayor impacto sobre los mismos (McKenzie, 2011).

Son diversos los factores, procesos o dinámicas que determinan las transformaciones de los paisajes. En la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005) se presentan dos categorías de impulsores de cambio, tanto directos como indirectos. Los cambios de usos de suelo, cambio climático y perturbaciones naturales (sequías, inundaciones, etc.) pertenecen a los impulsores directos; mientras que los indirectos son las dinámicas económicas, sociopolíticas, demográficas, tecnológicas y culturales.

A partir del desarrollo que la ciudad de Bogotá viene experimentando desde inicios del siglo XX (IEU, s.f.), se ha manifestado un crecimiento urbano desordenado y desigual que ha tenido como consecuencia una serie de conflictos ambientales (Ruiz, 2012), aún apreciables. Ese escenario ambientalmente conflictivo y de insostenibilidad se ha visto aún más agravado frente a la manifestación de fenómenos asociados a variabilidad y cambio climático, concretamente por la ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos¹⁸ e hidrometeogeomorfológicos¹⁹.

¹⁸ Fenómenos ligados al comportamiento atmosférico, donde el principal origen o factor causante es el agua (inundaciones, sequías, granizo, heladas, etc.).

¹⁹ Fenómenos ligados al comportamiento atmosférico con riesgos o repercusiones de carácter geológico – geomorfológico (deslizamientos, volcamientos, caídas, reptación, flujos, etc.).

Los análisis del paisaje estudian “la compleja interacción de una multiplicidad de variables a distintas escalas temporales y espaciales” (Guhl, 2008, p. 336), que permiten evidenciar el estado y transformación del espacio humanizado, las variables que lo determinan y las diversas relaciones que mantienen. De esta manera, estos análisis sistémicos adquieren una gran importancia una vez son estructurados como manejo estratégico del paisaje, en respuesta a condiciones del ambiente (variabilidad climática), ya que permiten apreciar y dimensionar conflictos actuales y futuros que pueden incidir sobre ciertos sectores del desarrollo humano y la preservación de valores ambientales.

Tras la identificación y consolidación de la red o estructura ambiental bajo la cual funciona la ciudad (que se pudo observar en el apartado de “Área de estudio”), se deben implementar estrategias que busquen su protección y conservación (y restauración de ser necesario), y utilizarla como un mecanismo de adaptación a variabilidad y cambio climático a partir de las diversas funcionalidades y beneficios que ofrece; sin embargo, para ello, es indispensable analizar sistémicamente los elementos y variables de cada una de esas unidades que interactúan no sólo a nivel superficial sino también en profundidad o transversalidad. Guhl (2008), resalta como el análisis del paisaje ofrece un potencial enorme como “herramienta de planificación para acercarse a un desarrollo más sostenible” (p. 337), donde es posible destacar elementos de conectividad como el suelo y el agua en las propuestas y estrategias de conservación, como componentes constructores de paisajes y, por ende, de soporte de vida y ciclos biogeoquímicos vitales para el desarrollo humano.

Además, la variabilidad climática, y consecuentemente el cambio climático, no sólo se debe ver cómo fluctuaciones en el régimen de precipitaciones, temperaturas u otros aspectos atmosféricos en determinado tiempo, sino además las implicaciones que tienen

sobre los geosistemas (concepto que se detalla más adelante), para así mismo emprender acciones mucho más completas e integrales en términos de adaptación y mitigación.

4.1. Alcance e impacto.

El alcance de este trabajo está directamente relacionado con los resultados esperados en cada uno de los capítulos de esta investigación, desde la construcción de la base teórica hasta el producto final de análisis de vulnerabilidad. A consideración del autor, lo proporcionado en este documento junto a la cartografía realizada constituye insumos que pueden ser ampliamente utilizados dentro de la planificación del área de estudio; además que, como trabajo investigativo, contribuye al entendimiento y estudio de la zona frente a nuevos escenarios y desafíos que impone la dinámica global y que sin duda alguna repercuten o inciden sobre la ciudad.

La investigación entregará como soporte:

- Un documento sobre el proceso investigativo y metodológico, que profundiza en el diagnóstico de las diversas variables y elementos que se desenvuelven en el área de estudio, y las relaciones entre ellos mismos y con otros procesos y ejes que son fundamentales para el desarrollo y la sostenibilidad de la ciudad. Todo enmarcado en el concepto de sistema (más adelante explicado).
- La cartografía base y temática del área de estudio, incluyendo cada una de las salidas gráficas o mapas que se usaron para analizar los diferentes componentes ambientales y el cruce de información edafoclimática con los escenarios climáticos.

III. Fundamentación Teórica

5. Antecedentes

5.1. Variabilidad y cambio climático ante el panorama internacional.

Inicialmente, cabe mencionar que, aunque la investigación que se presenta tiene un enfoque claro hacia variabilidad climática que se podrá evidenciar sobre todo en el desarrollo de los objetivos, puede ser de utilidad introducir antecedentes y conceptos aclaratorios sobre cambio climático, principalmente porque son dos conceptos que están íntimamente ligados (Alzate, Rojas, Mosquera, & Ramón, 2015).

La CMNUCC²⁰ indica que “la historia del descubrimiento científico del cambio climático comenzó a principios del siglo XIX cuando se sospechó por primera vez que hubo cambios naturales en el paleoclima y se identificó por primera vez el efecto invernadero natural” (CMNUCC, s.f.). Por su parte, la diversa información técnica, en términos de adaptación, que ha surgido en torno a cambio y variabilidad climática (y en general respecto a la ocurrencia de fenómenos atmosféricos anómalos y extremos) tiene tanto tiempo como el momento en que se empezaron a percibir estos fenómenos y sus repercusiones sobre diferentes sectores y territorios.

Desde la conformación y fundación de la ONU²¹ como mayor organización internacional en el año 1945, se han venido celebrando diversas conferencias y programas que han tenido como principal objetivo o tema de discusión el deterioro ambiental, cambio climático y desarrollo sostenible.

²⁰ Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

²¹ Organización de las Naciones Unidas.

También, en cabeza de la OMM creada en el año 1950, se empezó a recomendar llevar a cabo diversas investigaciones para entender los procesos de circulación de la atmósfera y los cambios climáticos, distinguiendo las causas naturales o antrópicas de los mismos (ONU, 1973). Producto de esta conferencia, también surgiría en el año 1972 el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), siendo hasta la actualidad la cabeza de los esfuerzos internacionales orientados a la identificación y manejo de problemáticas ambientales, concentrando esfuerzos en el “cuidado del medio ambiente, inspirando, informando y capacitando a las naciones y a los pueblos a mejorar su calidad de vida sin comprometer la de las futuras generaciones” (ONU Medio Ambiente, s.f.). Dentro del trabajo de esta entidad está la evaluación de condiciones y escenarios o tendencias ambientales, contribuyendo a la construcción de instrumentos ambientales y fortaleciendo el actuar de las instituciones de carácter local y regional; además, trabaja con 7 áreas temáticas dentro de las cuales está “cambio climático”, “desastres y conflictos” y “ecosistemas”, encargándose de minimizar la escala e impacto del cambio climático, minimizar las causas ambientales y las consecuencias de la crisis, y proteger y restaurar ecosistemas, junto a sus bienes y servicios, respectivamente.

De aquí en adelante seguirían surgiendo diversos mecanismos e instancias internacionales que harían frente a las problemáticas globales relacionadas con clima y con medio ambiente (Tabla III-1), mediante conferencias, convenciones, decretos o informes técnicos.

Tabla III-1. Algunos mecanismos e instancias internacionales relevantes para la investigación, que han surgido en torno a temas climáticos y ambiente (desde el punto de vista de vulnerabilidad y adaptación de los ecosistemas).

Nombre	Año	Propósito - Descripción
Primera Conferencia Mundial sobre el Clima	1979	* Convocada por la OMM, fue la primera Conferencia que giró entorno del calentamiento global y sus impactos a la actividad humana. Se convocaba a las diferentes entidades internacionales a controlar y prever cambios potenciales en el clima, y sus impactos.
Programa Mundial sobre el Clima (PMC)	1979 - 1980	* “Promueve un mejor conocimiento de los procesos climáticos mediante investigaciones coordinadas internacionalmente y una vigilancia de las variaciones o los cambios del clima. Fomenta también la aplicación de la información y los servicios climáticos para contribuir a la planificación y el desarrollo en los ámbitos económico y social” (OMM, s.f.)
Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono	1985 – 1988	* Entre los objetivos del Convenio están lograr que las Partes promuevan la cooperación mediante observaciones sistemáticas, la investigación y el intercambio de información sobre los efectos de las actividades humanas en la capa de ozono y que adopten medidas legislativas o administrativas contra las actividades que puedan tener efectos adversos sobre la capa de ozono (Secretaría del Ozono, s.f.[a]).
Protocolo de Montreal	1987 - 1989	* Creación de Protocolo de Montreal. * “Fue diseñado para reducir la producción y consumo de sustancias que agotan la capa de ozono reduciendo su abundancia en la atmósfera” (Secretaría del Ozono, s.f.)
Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático o Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC – por sus siglas en inglés-)	1988	* Surge por iniciativa del PNUMA y de la OMM. Su objetivo: “Evaluar la magnitud y cronología de los cambios climáticos, estimar sus posibles efectos ambientales y socioeconómicos y presentar estrategias de respuesta realistas” (MADS, s.f.)

Primer Informe de Evaluación del IPCC	1990	<p>* Recoge aportes de más de 400 científicos y sustenta que el calentamiento atmosférico de la Tierra es real, pidiendo que a nivel internacional se preste atención y se tomen decisiones. Además, se presenta la segunda Conferencia Mundial sobre el Clima, donde se expresa la necesidad de un tratado mundial sobre cambio climático, siendo los primeros pasos para la conformación de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.</p> <p>* Identificación y reflexión sobre problemas ambientales de carácter transnacionales y naciones con repercusión internacional.</p> <p>* Administración de recursos naturales debe integrarse a cuestiones económicas, políticas y sociales (justicia y desigualdad).</p>
		↓
Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD).	1992	<p style="text-align: center;"><u>Desarrollo sostenible.</u></p> <p>* Creación de Declaración de Río.</p> <p>* Creación de Convención Marco sobre el Cambio Climático.</p> <p>* Creación de Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB).</p> <p style="padding-left: 40px;">* Creación de Declaración de Principios Forestales.</p> <p style="padding-left: 40px;">* Creación Agenda 21.</p>
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC o UNFCCC –por sus siglas en inglés-)	1992 - 1994	<p>* Tiene como objetivo “estabilizar las emisiones de gases de efecto invernadero «a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático». Se declara asimismo que «ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible»” (CMNUCC, s.f.[b])</p>

Segundo Informe de Evaluación del IPCC	1995	* Este informe no sólo recoge y actualiza información presentada en el Primer Informe de Evaluación, sino además involucra cuestiones técnicas relacionadas con aspectos y efectos socioeconómicos del cambio climático (a cargo del Grupo de Trabajo III que en el año 1992 se había reorganizado).
Protocolo de Kioto	1997 - 2005	* Acuerdo internacional que establece metas de reducción de las emisiones para 37 países industrializados y la Unión Europea (UE).
		* Aprobación la Declaración del Milenio
		↓
Cumbre del Milenio	2000	Objetivos de Desarrollo del Milenio (con vencimiento al 2015): Objetivo 7: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente
		* Para este informe el enfoque de los Grupos de Trabajo II y III cambió ligeramente respecto al Segundo Informe, por lo que la información que contenía este Tercer Informe también estaba estructurada desde enfoques diferentes.
		↓
Tercer Informe de Evaluación del IPCC	2001	Segundo Informe → Grupo II: Impactos y las opciones de respuesta Grupo III: Aspectos sociales y económicos del cambio climático. Tercer Informe → Grupo II: Vulnerabilidad, consecuencias y opciones. Grupo III: Limitaciones y las opciones de mitigación

Cuarto Informe de Evaluación del IPCC	2007	<p>* El Cuarto informe recoge, al igual que todos los anteriores, los trabajos y avances que en materia han contribuido a ampliar la visión acerca del calentamiento global, cambio climático y sus efectos.</p> <p>* Los datos de emisiones de GEI, gracias a los inventarios que viene elaborando desde el 2006, se actualizan, por lo que los escenarios también están sujetos a cambios y se generan nuevas proyecciones.</p>
Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático.	2011	<p>* “El informe consta de nueve capítulos, que abarcan la gestión de riesgos; los cambios observados y proyectados en los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos; la exposición y la vulnerabilidad a las pérdidas derivadas de tales fenómenos; las opciones de adaptación, desde una escala local a internacional; la función que cumple el desarrollo sostenible en modular los riesgos, y las ideas propuestas en estudios de caso concretos” (IPCC, 2011, p. 3)</p> <p>* Se establecieron vías y mecanismos para conseguir un futuro sostenible en términos de energía, cambio climático y medio ambiente, planificación urbana, entre otros.</p>
Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible Río+20	2012	<p style="text-align: center;">↓</p> <p>“Reconocemos que los ecosistemas desempeñan una función esencial en el mantenimiento de la cantidad y la calidad del agua y apoyamos las iniciativas de protección y ordenación sostenible de esos ecosistemas emprendidas dentro de las fronteras nacionales de cada país.” (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2012, p. 26)</p> <p>“Subrayamos que es importante que en la planificación urbana se tengan en cuenta la reducción del riesgo de desastres, la resiliencia y los riesgos climáticos” (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2012, p. 29)</p> <p>“Así pues, ponemos de relieve que la adaptación al cambio climático representa una prioridad mundial inmediata y urgente” (Asamblea General de las Naciones Unidas, 2012, p. 41)</p>

Quinto Informe de Evaluación del IPCC	2014	<p>Este informe sintetiza la evaluación de cambio climático más completa realizada hasta el momento por el IPCC (siendo la próxima hasta el año 2022).</p> <p>Es el documento precedente a la 21° sesión de la Conferencia de las Partes (COP).</p> <p>* Conformación de la nueva agenda de desarrollo sostenible</p>
		↓
Cumbre de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible	2015	<p style="text-align: center;">17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS):</p> <p>Objetivo 13: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.</p> <p>Objetivo 15: Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar los bosques de forma sostenible de los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y poner freno a la pérdida de la diversidad biológica</p> <p>* La CMNUCC presenta este acuerdo en el marco de la COP 21. Primer acuerdo de carácter histórico y vinculante (195 países) para enfrentar el cambio climático e impulsar medidas, mecanismos e inversiones para un desarrollo bajo en emisiones de carbono, resiliente y sostenible.</p>
Acuerdo De Paris, COP 21	2015	<p>* Es una gran iniciativa frente a la vinculación y compromiso que adquirieron Estados, ONG's, entre otros, no pertenecientes a la COP.</p> <p>* Se estima que entre en vigencia para el año 2020, sin embargo no se hará oficial ni jurídicamente vinculante hasta que por lo menos 55 países, que representen al menos el 55 % de los GEI mundiales, se adhieren al acuerdo a través de la firma seguida de su ratificación o aceptación.</p>

Nota: a) Muchos de los convenios, decretos, convenciones, etc., que se presentan están en constante proceso de ajuste y actualización, estando sujetas a los cambios que en la actualidad se pueden evidenciar. b) Los años en rojo corresponden a los años en que entró en vigencia. Fuente: *Elaboración propia, adoptado de IPCC, 2015; CMNUCC, s.f.[a]*

5.2. Avances en el estudio de variabilidad climática, cambio climático, mitigación y vulnerabilidad a nivel nacional, regional y local.

Las tendencias globales han orientado la generación de políticas, estrategias, programas y proyectos con enfoque nacional, regional y local en el marco de cambio climático. Al trabajar en cambio climático, de forma indirecta se contribuye también a reforzar los territorios y diversos espacios geográficos frente a los fenómenos de variabilidad climática. Como apoyo, esta investigación se centra en generar un aporte a escala regional y local con un mayor énfasis en las fluctuaciones evaluadas durante periodos no mayores a 30 años, tratando de representar posibles consecuencias del aumento de lluvias y temperaturas hasta el año 2040.

En Colombia, frente a la alta vulnerabilidad social, económica y ambiental del país a cambio climático y eventos climáticos extremos, evidenciada, por ejemplo, tras la manifestación de El fenómeno de la Niña en el periodo 2010-2011 (Euscátegui & Hurtado, s.f.) y la fuerte sequía por Fenómeno de El Niño en el año 2016 (Lafuente, 2016), han surgido varios mecanismos e instrumentos que buscan fortalecer la capacidad de respuesta y adaptación de la ciudadanía, y la reducción en las pérdidas humanas, económicas y daños en viviendas e infraestructura.

Frente a la CMNUCC, tras el compromiso que adquirieron algunas Naciones, Colombia presentó su Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático en el año 2001. Esta comunicación sería el primer avance en materia que evaluaría y mediría los impactos del cambio climático en el país, bajo los escenarios e insumos técnicos otorgados por la CMNUCC a través también del IPCC. Ésta contribuyó a entender la forma en que el país aporta al calentamiento global mediante emisiones de GEI (que resultó ser muy baja

con el 0,2 % de emisiones globales) e identificó la vulnerabilidad a la que está sometido el territorio colombiano desde su superficie continental, como zonas costeras y archipiélago.

Para la Segunda Comunicación Nacional entregada en el año 2010, el país incluyó el inventario nacional de GEI que venía elaborando para los años 2000 y 2004, siguiendo las directrices del IPCC. Avanzando además en la identificación de nuevos impactos del cambio climático, pero también en mecanismos para su mitigación y adaptación a nivel regional y nacional; además del fortalecimiento político y legal del tema.

La Tercera Comunicación Nacional por su parte, es el informe más completo y reciente con el que cuenta el país, resultado de un trabajo intersectorial e interinstitucional que muestra avances en materia de circunstancias y contexto nacional, GEI, mitigación, vulnerabilidad, adaptación y educación al público, además de exponer los obstáculos a los que se enfrentan diversas áreas del país en términos de financiación, tecnología y conocimiento del territorio (capacidad adaptativa).

Por otro lado, Colombia cuenta con el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC), cuya finalidad es reducir los niveles de vulnerabilidad del país, contemplando los sistemas humanos y naturales, e incrementar la capacidad de respuesta frente a los impactos, efectos o consecuencias del cambio climático. Es una iniciativa del DNP, donde trabaja de la mano con instituciones como el IDEAM²², UNGRD²³, bajo la orientación y apoyo del MADS²⁴, además de algunos sectores productivos, académicos,

²² Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

²³ Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres

²⁴ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

instancias territoriales y la población. Dentro de este Plan se contempla una serie de programas y proyectos que de igual manera están orientados a la reducción de la vulnerabilidad con la particularidad de trabajar a nivel específico sobre algunos territorios, sectores productivos, sectores económicos, infraestructura y ecosistemas. Como el Programa de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano, que buscaba trabajar en una de las ecorregiones más importantes del país por su biodiversidad y por ser lugar de nacimiento de ríos muy importantes para el país (IDEAM, s.f.), bajo el objetivo de “promover el manejo integrado de los ecosistemas para garantizar la provisión de bienes y servicios ambientales incorporando consideraciones de adaptación al cambio climático” (FAO, s.f.).

A nivel regional, el país cuenta con Planes Integrales de Cambio Climático (PICCs), que son instrumentos de carácter territorial que buscan afianzar mucho más el conocimiento respecto a variabilidad y cambio climático, donde se “identifican, evalúan, y recomiendan medidas y acciones de mitigación de emisiones de GEI y de adaptación para ser implementadas por entidades públicas y privadas en el territorio” (MADS, s.f.[b])

Para la ciudad de Bogotá se diseñó el Plan Regional Integral de Cambio Climático de Bogotá Cundinamarca, como un medio y soporte interinstitucional que “busca generar investigación aplicada y conocimiento técnico orientados a la toma de decisiones para enfrentar el cambio climático y a apoyar la implementación de medidas de mitigación y adaptación que adelanten las instituciones gubernamentales de la Región Capital” (IDEAM, s.f.[b]).

5.3.Experiencias en el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico y ecosistemas.

Desde el punto de vista sistémico y el análisis del paisaje que se pretende proporcionar, resulta preponderante hacer alusión a la relación del medio abiótico con el biótico, por la conectividad de los componentes ambientales (que se abordan con detalle más adelante) y su importancia dentro de los procesos y dinámicas de transformación del paisaje.

En cuanto a experiencias o trabajos que se han desarrollado a nivel nacional en torno al análisis de vulnerabilidad, se encuentra por un lado el presentado por el IDEAM (2011), que consiste en una evaluación de la vulnerabilidad a cambio climático acompañada de un análisis de riesgos hidroclimáticos y la definición y adopción de medidas de adaptación en la cuenca alta del río Cauca. Este trabajo recoge las diversas fases que se llevaron a cabo tanto trabajando con la comunidad (por medio de grupos focales y su percepción de vulnerabilidad) como el trabajo técnico, contemplando desde una recopilación y formulación bibliográfica de una línea base para entender el concepto de vulnerabilidad y la manera en que éste es presentado y articulado a las comunidades; seguido del análisis de vulnerabilidad a cambio climático, a partir de la determinación de sensibilidad y capacidad de adaptación de 5 ejes estratégicos (ecosistemas, agua, salud, sistemas productivos y condiciones socioeconómicas), y la formulación de medidas de adaptación de acuerdo a la información obtenida en la identificación de zonas vulnerables.

El IDEAM también es el encargado de incluir tanto en el Estudio Nacional del Agua (ENA) del año 2010, como en el ENA del año 2014, capítulos orientados exclusivamente a entender los impactos o efectos de los fenómenos de variabilidad y cambio climático sobre

el recurso hídrico. El análisis de estos estudios se centra sobre las áreas, zonas y subzonas hidrográficas identificadas en el país, enfocándose concretamente en aspectos relacionados con disponibilidad y oferta del recurso hídrico superficial, y su correlación o asociación con fenómenos hidroclimáticos. En función del análisis de la precipitación en múltiples escenarios, determinaron los niveles de esorrentía a lo largo del tiempo y su variación espacial, que a su vez permite analizar los cambios en los caudales de los principales ríos del país y sus afluentes. Este análisis es bastante importante sobre todo en cuencas abastecedoras, para determinar las condiciones a las que estarán sometidas las comunidades y sectores que hacen uso del agua, y poder así prever sequías, inundaciones, carga y arrastre de sedimentos y contaminantes, entre otros aspectos (García-González, Carvajal-Escobar, & Jiménez-Escobar, 2007).

Por otro lado, Rojas et al. (2014), formularon una metodología para la determinación y análisis de la vulnerabilidad de una cuenca abastecedora frente a variabilidad climática. En ella trabajaron sobre dos subcuencas del Macizo Colombiano, donde determinaron la vulnerabilidad en función de la evaluación de indicadores para las diferentes dimensiones (biofísica, político – institucional, económico – productiva y socio – cultural) y de 3 componentes (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa). Tras ponderar el valor y peso de cada uno de los indicadores, y evaluarlos bajo los 3 componentes determinantes en la vulnerabilidad, procedieron a generar diversos escenarios que responden a la manifestación de algún evento climático (Escenario presente, El Niño y La Niña (moderados) y El Niño y La Niña (con baja capacidad adaptativa). Con ellos, se evaluaron de nuevo los componentes y proporcionaron un panorama completo del área de estudio y su vulnerabilidad en diferentes escenarios.

A nivel ecosistémico, el IDEAM en asocio con Asocampo y la Asociación de Cabildos - Genaro Sánchez (s.f.), de igual manera trabajó sobre el Macizo Colombiano para la integración de los ecosistemas a un programa de adaptación al cambio climático. Para ello, se evaluaron una serie de indicadores que permitían apreciar elementos de vulnerabilidad como exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación de los ecosistemas del área de estudio. La información para la construcción y ponderación de los indicadores fue obtenida mediante el trabajo mancomunado entre profesionales asignados por los entes participantes, como por representantes de los cabildos y comunidades campesinas.

Etter, et al. (2015), implementaron la Lista Roja de Ecosistemas de la UICN²⁵ como metodología para conocer y evaluar el estado de los ecosistemas colombianos a escala nacional. Dentro del análisis de las presiones a las que están sometidos los ecosistemas, se puede evidenciar la importancia del cambio climático y la necesidad de conocer la vulnerabilidad de los sistemas naturales frente a diferentes escenarios. Lo que hicieron en una etapa del estudio fue evaluar los ecosistemas frente a una serie de criterios; algunos de esos criterios fueron establecidos a partir de los escenarios climáticos presentados por el IPCC para su Tercer y Cuarto Informe de Evaluación (escenarios A1, A2, B1, B2 que asumían líneas de progreso y evolución de la economía, población, tecnologías, etc.), como por ejemplo criterios basados en proyecciones de distribución de especies y disponibilidad de agua.

Son bastantes los estudios e investigaciones que han surgido en torno a entender la vulnerabilidad de los sistemas humanos y naturales frente al cambio climático, los cuales

²⁵ Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.

varían desde la escala espacial, los sectores a los que se enfocan e inclusive la forma en que obtienen los datos para medir la vulnerabilidad.

6. Marco conceptual.

6.1. Concepto de Geosistema y Componentes Ambientales para el diagnóstico del paisaje.

6.1.1. Paisaje, Teoría General de Sistemas y geosistema.

El estudio del paisaje es abordado desde varias ciencias, disciplinas y escuelas como objeto de estudio y unidad de análisis; sin embargo, su principal aplicación y origen obedece a una época marcada por el arte, donde recibiría connotaciones estéticas y de percepción de la naturaleza (Velázquez & Levi, 2015).

Hasta el siglo XIX, el concepto de paisaje se mudaría de un contexto artístico a uno académico, donde mediante el cuerpo de la geografía encontraría su lugar como una “categoría que conjunta y devela elementos naturales y humanos” (Velázquez & Levi, 2015, p. 85). Pulgarín (2002) define al paisaje como:

Unidades totales del entorno que contienen un fuerte contenido de formas y estructuras espaciales, sistemas integrales resultantes de la combinación de la geomorfología, el clima, las plantas y los animales, el agua y de la incidencia de las alteraciones de tipo natural y de las modificaciones antrópicas” (pp. 190-191)

Constituyéndose así, como la imagen externa de los procesos y dinámicas internas entre subsistemas físicos-naturales, atmosféricos y humanos, o, dicho de otra manera, como la exteriorización del punto de encuentro e interacción de diversas esferas.

Durante la década de los años 30's, surge como cuerpo teórico la Teoría General de Sistemas (TGS) de la mano de Ludwig von Bertalanffy, la cual buscaba proponer un marco teórico, metodológico y práctico para las ciencias naturales y sociales. Con esto, Bertalanffy consiguió proporcionar un método para entender desde un modelo holístico e integral la realidad, permitiendo ver relaciones y procesos que antes no eran percibidos. Según Cathalifaud & Osorio (1998), la TGS “se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y, al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias”. Por otro lado, el concepto de sistema se puede definir como el:

Conjunto de elementos que integran un espacio determinado y que se encuentran relacionados entre sí en diferentes niveles de integración; donde se reconoce el comportamiento de los flujos generados dentro de un subsistema, la direccionalidad, influencia y jerarquía dentro de éste; el cual a su vez se encuentra relacionado con otros subsistemas (Rodríguez, 1984).

Este concepto, desde hace algunos unos años, “ha invadido todos los campos de la ciencia y penetrado en el pensamiento y el habla populares” (Bertalanffy, 1989), y esto está sustentado en la necesidad que han tenido diversas ciencias y disciplinas de abordar sus objetos de estudio o alguna problemática desde un enfoque de sistema o sistémico. Retomando a Bunge (1995), el enfoque sistémico “concibe todo objeto como una totalidad compleja” que permite “descubrir los diversos aspectos de una cuestión, así como los problemas relacionados con ella” (p. 7). Bunge destaca el enfoque sistémico como una alternativa al individualismo (remitirse sólo al estudio o análisis de objetos en concreto) y

el holismo (entender las cosas como una totalidad o conjunto), destacando la necesidad de incluir los dos.

La Teoría General de Sistemas, a pesar de no ser el enfoque de este trabajo de investigación, es una herramienta de análisis sistémico que conecta elementos del paisaje con los componentes ambientales, y que se construyen y deconstruyen constantemente de manera interdependiente.

A partir de la articulación de la TGS y la Geografía, se abrió el panorama para hacer estudios sobre el espacio geográfico “sobre una base sistémica y holística de la realidad que considera la configuración de unidades territoriales ordenadas en una estructura jerárquica” (Rodríguez, 2009). De esta manera, las diversas acepciones que recibe el espacio geográfico, entre ellas el paisaje, pueden ser entendidas como “geosistemas”. Este concepto empieza a surgir a medida que se busca una aproximación sistémica en la geografía; Bennet & Chorley (como se citó en Frolova, 2006) para el año 1978, manifestaban los beneficios y ventajas de trabajar con la teoría de sistemas en el estudio interdisciplinar de los problemas del medio ambiente; para el año 1979, aunque venía trabajando en él desde 1963, Viktor Sochava propone la Teoría de geosistema o el sistema de elementos naturales localizado en el espacio (Rodríguez, Vicente da Silva, & Leal, 2012; Frolova, 2006). Según Frolova:

Esta teoría se basa en la idea de la concordancia absoluta entre todos los componentes del paisaje (base litológica, suelos, aguas, masas de aire, vegetación, fauna) que le dan sentido por su interacción y sus intercambios de materia y energía (2006, p. 231).

Los geosistemas funcionan como sistemas abiertos, es decir que están conectados con su entorno por los intercambios y flujos de materia y energía (Frolova, 2006), donde sus entradas se originan en el ambiente y sus salidas igualmente vuelven a él (Valencia, Estrada, & Ramírez, 2015).

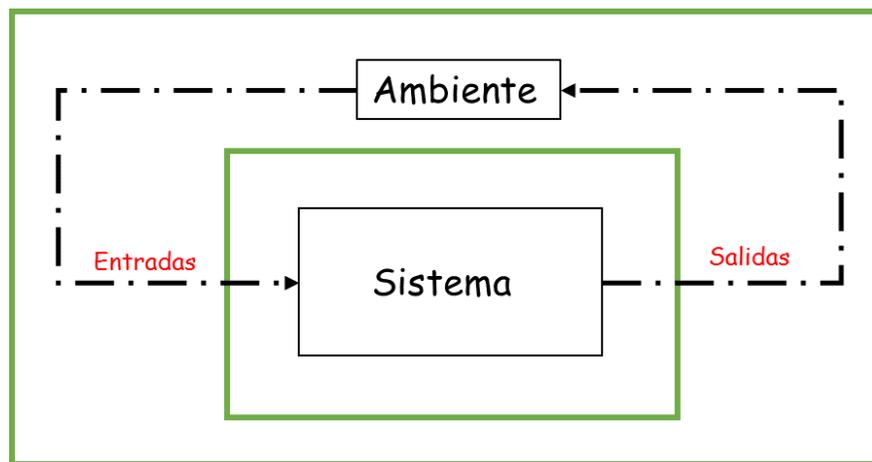


Figura III-1. Geosistema, sus entradas y salidas.
Fuente: Elaboración propia.

6.1.1.1. Unidades de paisaje.

Etter (1991) define las unidades de paisaje (UP) como “un volumen de paisaje que presenta un patrón definido de tamaño y homogeneidad, dependiendo de un grado de generalización” (1991, p. 93). Mazzoni (2014) agrega que es el “nivel de menor generalización y se define como una combinación de elementos que genera, a una determinada escala, una fisonomía particular, una organización morfológica diferenciada y diferenciable, que hace a una parte del territorio distinta de otra” (pp. 62-63). La identificación y delimitación de unidades de paisaje se hace con base en las características

de su expresión externa que se pueden denominar como fenosistema (Etter, 1991). Este fenosistema posee dos expresiones básicas:

- Geoforma: Aspectos asociados con la morfología de la superficie terrestre (relieve, pendientes, etc.).
- Cobertura: Aspectos asociados al recubrimiento (natural o antrópico) de la superficie terrestre (fisionomía y composición de la cobertura vegetal, estratificación de biomasa, coberturas naturales no bióticas como hielo, agua, etc.), coberturas antrópicas (asentamientos, infraestructura, edificaciones, etc.).

Las UP pueden subdividirse en diversos niveles de complejidad según la escala de análisis (Mazzoni, 2014), por lo que sus criterios de delimitación varían según la extensión del área de estudio.

Por todo lo mencionado con anterioridad, el concepto de UP hace parte de los Geosistemas como unidades de análisis menores (subsistemas) o entidades que lo integran. Así, y para los términos de análisis, cada UP es un elemento de la EEP, destacándose la Reserva Thomas van der Hammen,

6.1.1.2. Ciclo geográfico.

La teoría del ciclo geográfico nace con el geógrafo William Morris Davis a finales del siglo XIX (Monsalve, 2009). Davis indica que “Toda la variedad de formas del terreno dependen de –o, como dirían los matemáticos, son función de– tres variables, que pueden ser denominadas estructura, proceso, y tiempo” (1899, p. 481). Estas tres variables determinan o controlan los procesos de deformación y elevación que sufre un paisaje.

El paisaje es un sistema dinámico, “es la expresión de procesos continuos de acreción o levantamiento tectónico (procesos endógenos), y de incisión o erosión por agentes meteóricos (procesos exógenos), actuando simultáneamente en el tiempo” (Monsalve, 2009, p. 50). La Figura III-2 permite esquematizar la representación del paisaje:

“con sus diversas escalas espacio-temporales. Dependiendo de la escala de análisis (espacial y temporal) varios de los componentes pueden considerarse como elementos dinámicos del sistema, sujetos a presentar variaciones, y otros pueden considerarse como condiciones de frontera externas” (Monsalve, 2009, p. 50).

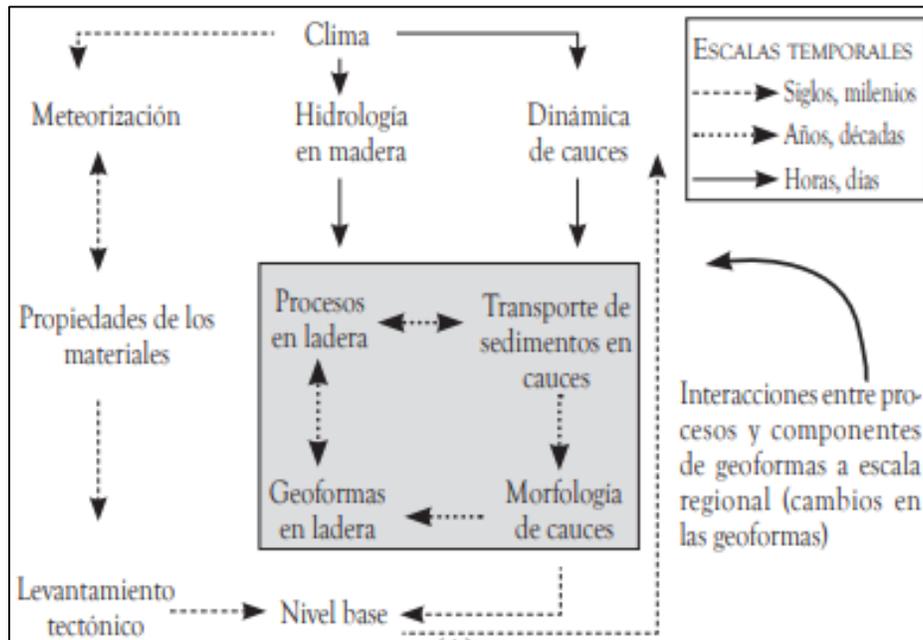


Figura III-2. Componentes y procesos del paisaje
Fuente: Monsalve, 2009.

De esta manera, el ciclo geográfico representa los procesos de transformación del relieve, distinguiendo zonas que están en proceso de agradación (construcción) o degradación o denudación (destrucción). Las zonas en agradación se pueden denominar como paisajes dependientes, y las de degradación como paisajes de sustento.

Esta información es relevante para la investigación, en el sentido en que orientará la apreciación de vulnerabilidad por medio de la comprensión de las UP más sensibles, según sea su tendencia de transformación.

6.1.2. Componentes Ambientales.

El ambiente global, dentro de la denominación de la Tierra como un gran sistema, está conformado por 5 componentes o esferas que resultan de la sumatoria de fuerzas que transforman la dinámica y estado a nivel universal (Figura III-3). Siguiendo la metodología planteada por Montoya-Rojas (2015), estos grandes componentes mantienen una interacción e interconectividad que facilita la materialización y expresión de diversos procesos fundamentales para el desarrollo de la vida en la Tierra. A su vez, estos poseen diversos factores (Tabla III-2) que enfocan y centran el estudio de determinadas variables, para la comprensión integral del objeto o unidad de estudio.

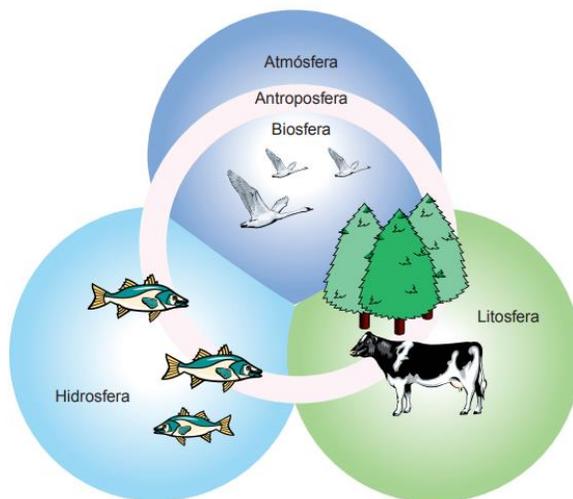


Figura III-3. Representación esquemática de los componentes o esferas del sistema global. Fuente: Pabón & Chaparro, 1998.

Tabla III-2. Componentes, factores y variables ambientales.

Componentes	Factores	Variables
Atmosférico	Astronómicos	Posiciones y rotaciones de la Tierra, influencia de los astros.
	Climatológicos	Temperatura y precipitación promedio. Clasificación Caldas – Lang.
	Meteorológicos	Registro diarios o mensuales del comportamiento atmosférico.
Hidrosférico	Hidrografía	Representación de cuerpos de agua .
	Hidrología	Propiedades del agua (físicas, químicas y biológicas).
	Hidrogeología	Propiedades y distribución del agua subterránea.
Geosférico	Geología	Geología estructural, geología histórica y geología estratigráfica.
	Geomorfología	Paisaje – relieve – fisiografía. Geoformas.
	Edafología	Taxonomía, factores formadores, composición y texturas, etc.
Biosférico	Ecosistemas	Ecosistemas presentes, servicios ecosistémicos y ambientales (ciclos biogeoquímicos).
	Flora y fauna	Distribución de especies, movilización, biodiversidad, dominancia y abundancia, etc.
	Biología	Micro, meso y macro organismos.
Antroposférico	Tecnosistemas	Instrumentos legales de protección del ambiente.
	Antroposistemas	Infraestructura para el desarrollo humano
	Social	Relaciones sociales, mecanismos de participación y control, estrategias comunitarias, etc.
	Cultural	Cosmovisión, formas de percepción y apreciación del entorno, creencias e ideales.
	Económico	Dinámicas y procesos productivos, mercado, producción y transferencia de bienes y servicios.
	Institucional	Formas y mecanismos de organización y control, respaldo, protección, asignación de responsabilidades.

	Político - administrativo	Mecanismos legales, instrumentos de planeación, control, etc.
	Técnico	Avance y desarrollo tecnológico, comunicación, equipamientos, etc.

Nota: Para la elaboración de esta investigación no se utilizaron en su totalidad los factores y variables, por no ser tan representativas para los objetivos planteados o por ser secundarias (más no menos importantes).

Fuente: Elaboración propia, adoptado de Montoya-Rojas 2015 & Montoya-Rojas, 2018.

6.2.Contexto hidrográfico.

Inicialmente, no sobra recordar la importancia del recurso hídrico como un bien estratégico y sustancial para el “desarrollo del ser humano y los demás seres vivos, para los asentamientos humanos y las actividades económicas” (Pulido, et al., 2009). A raíz de ello, ha existido una preocupación mundial por el desperdicio e inadecuada gestión del recurso que se viene identificando desde hace ya varios años, aunado a los riesgos que imponen las variaciones espaciales y temporales del agua disponible como impacto del cambio climático; esto, hace pensar cada vez más en una crisis del agua (WWAP, 2003), a raíz de los cambios evidenciados en el consumo (mayor demanda por crecimiento poblacional), en la utilización, por la actividad del ser humano y cambios en las condiciones ambientales.

Aunque el agua es el elemento más abundante en la Tierra, solo el 2.53% es potable (agua dulce), el resto es salada. Ese 2.53% se distribuye en lagos, ríos, atmósfera, agua subterránea, glaciares y capas polares.



Figura III-4. Distribución del agua dulce en el mundo.

Fuente: Consejo Consultivo del Agua, s.f.

El recurso de agua dulce es renovable mediante el ciclo hidrológico o del agua (Connor, 2016), sin embargo, una alteración del mismo involucraría poner en riesgo las tasas de renovación del recurso, además de su distribución y disponibilidad a través del tiempo y el espacio (Connor, 2016; IPCC, 2014a).

El cambio climático incide directamente sobre la disponibilidad del recurso hídrico, agravando varias de las amenazas que actualmente lo afectan mediante el aumento en la frecuencia, intensidad y severidad de fenómenos atmosféricos extremos (Buytaert, et al., 2016). Por ejemplo, se estima que el cambio climático deteriorará la calidad del agua dulce debido al aumento de la temperatura, aumento de los sedimentos, nutrientes y cargas de contaminantes por las fuertes lluvias y durante las sequías (IPCC, 2014c).

A pesar de ello, es posible trabajar con ayuda de elementos naturales del paisaje, como cubiertas verdes, humedales y canales hábilmente manejados, que tienen el “potencial de proporcionar una mayor capacidad de amortiguación y almacenamiento y

aumentan los beneficios para la sociedad, así como la capacidad de adaptación de los recursos hídricos y la gestión de riesgos” (Buytaert, et al., 2016).

6.2.1. Cuenca hidrográfica como unidad de estudio.

Las cuencas hidrográficas son una unidad de análisis idónea para comprender las dinámicas del paisaje a nivel superficial, donde el agua o recurso hídrico es el eje articulador, estructurador y determinante para la delimitación de la misma, pero que además interactúa junto con otros subsistemas para proporcionar una funcionalidad al sistema en términos económicos, sociales y ambientales. Muñoz así lo indica (como se citó en Galvéz, 2011) al definirla como “una unidad del territorio en donde funciona la combinación de un subsistema hídrico que produce agua, simultáneamente con los subsistemas ecológico, económico, social y político” (p. 7), siendo “un elemento clave para hacer frente a la crisis ambiental; debido a que los principales beneficios de las cuencas, son fruto de las funciones inherentes a los ecosistemas” (p. 7).

6.2.2. Cuenca hidrológica.

A pesar de lo anterior, es necesario distinguir entre el concepto de cuenca hidrográfica y cuenca hidrológica, ya que, desde el punto de vista de la ecología del paisaje, los flujos de agua superficiales modelan el paisaje de una manera y los flujos de agua subterránea moldean el paisaje subterráneo de otra. Por esto, hay estas dos diferenciaciones que son relevantes al momento de estudiar sistemáticamente un paisaje determinado, como es el caso de este trabajo, y más aún si se está incorporando el concepto de geosistema, que vincula la parte hídrica, el suelo, la geomorfología y la geología.

Una cuenca hidrográfica se puede definir como el área geográfica delimitada para una red de corrientes de agua que vierte en un punto y que va en función de la cota más alta definida por el relieve o topografía del lugar, es decir, se delimita por la zona de captación de aguas que escurren. En cambio, la cuenca hidrológica es un concepto mucho más transversal que involucra incluso no sólo el agua que escurre sino la totalidad de la infiltrada, delimitándose en algunas ocasiones de forma diferente por la contribución que hacen cuencas adyacentes (Figura III-5) y que tiene que ver propiedades más específicas del suelo, la geología y la hidrogeología. Este concepto responde fielmente a su nombre de “cuenca hidrológica”, ya que hace alusión al ciclo hidrológico que involucra el agua que se filtra por el suelo y alimenta las reservas subterráneas o acuíferos; este concepto es importante ya que en los balances hídricos no se suelen considerar estas circunstancias (World Vision, 2004). A partir de esto, si bien la cuenca hidrográfica es una adecuada unidad de planeación y manejo ambiental, la hidrológica lo es aún más considerando la amplitud y cobertura que tiene frente al recurso hídrico.



Figura III-5. Divisorias para la delimitación de cuencas hidrográficas e hidrológicas.
Fuente: World Vision, 2004.

Colombia identificó dentro del Estudio Nacional de Agua – ENA (IDEAM, 2010) 16 provincias hidrogeológicas (Figura III-6), en función de características como

“geometría, hidroestratigrafía, propiedades hidráulicas, hidrológicas, uso por los diferentes sectores y reservas estimadas basado en rendimientos específicos y espesores de unidades geológicas con potencial acuífero” (p. 124). En el ENA del año 2014, se identifican 61 sistemas acuíferos (una unidad más detallada que las provincias), haciendo claridad en que a nivel subregional se pueden dividir en cuencas hidrogeológicas a partir de ambientes geológicos y la conexión hidráulica.



Figura III-6. Provincias hidrogeológicas de Colombia.

Fuente: IDEAM, 2013.

6.2.3. Cuencas hidrográficas del país.

Por su ubicación geográfica y características especiales como el relieve, la vegetación, el suelo y parámetros climáticos, Colombia se ubica dentro de las naciones con mayor riqueza hídrica en el mundo (MAVDT, 2010).

Cuenta con 5 cuencas hidrográficas, distribuidas conforme se puede observar en la Figura III-7.

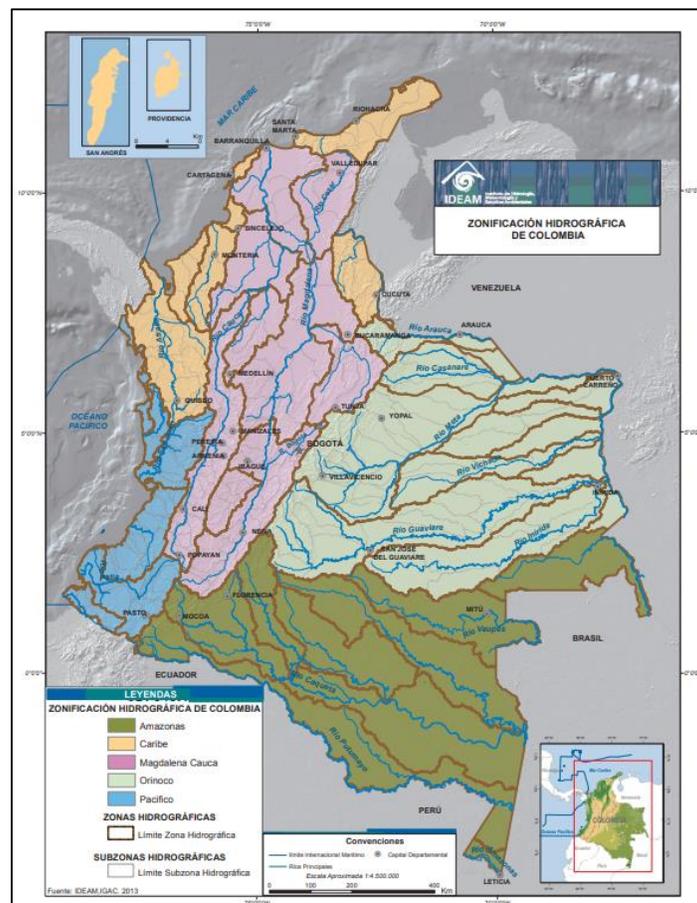


Figura III-7. Cuencas hidrográficas de Colombia.

Fuente: IDEAM, 2013.

La cuenca Magdalena – Cauca se divide en 9 zonas hidrográficas y éstas a su vez en 105 subzonas hidrográficas. Esta gran área es relevante desde distintos aspectos, sobre todo

por ser el territorio más poblado del país y el de mayor actividad económica; sin embargo, también es la que mayores transformaciones ha sufrido en sus ecosistemas (IDEAM & Cormagdalena, 2001).

6.2.4. Cuencas distribuidas en la ciudad de Bogotá.

En cuanto a la ciudad de Bogotá, ésta posee 10 subcuencas hidrográficas (Figura III-8) derivadas del paso del río Bogotá por el costado occidental de la ciudad y de la riqueza hídrica contenida en lagos y humedales que surgieron a raíz de la gran laguna que predominó hace 2.5 millones de años (Pleistoceno) en la Sabana de Bogotá (Van Der Hammen, 1986); además de las diversas corrientes de agua que escurren por el flanco occidental de los cerros orientales y que alimentan los principales ríos que desembocan en el río Bogotá (Figura III-9).

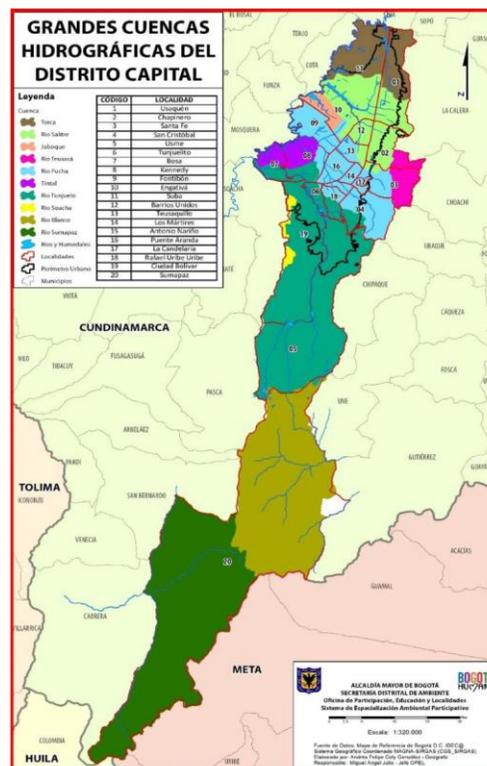


Figura III-8. Cuencas o subcuencas hidrográficas de la ciudad de Bogotá D.C.

Fuente: Secretaría Distrital de Ambiente - SDA, 2015.

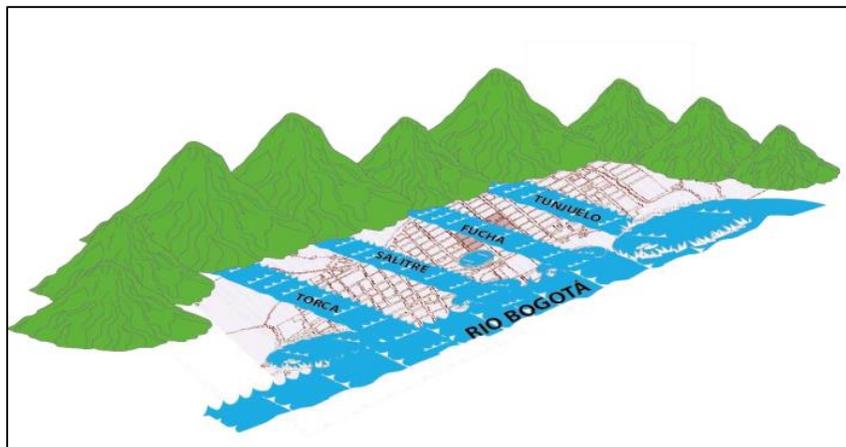


Figura III-9. Esquema ilustrativo de la distribución y desembocadura de los principales ríos del área urbana de la ciudad de Bogotá D.C.

Fuente: SDA, 2014.

6.2.5. Subsistemas hídricos de la cuenca.

6.2.5.1. Humedales.

La Convención Ramsar²⁶, define los humedales como “zonas donde el agua es el principal factor controlador del medio y la vida vegetal y animal asociada a él” (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013), agregando que estos surgen “donde la capa freática se halla en la superficie terrestre o cerca de ella o donde la tierra está cubierta por aguas poco profundas” (p. 7). Dentro de la definición de humedal ampliamente utilizada por La Convención Ramsar (que se ajusta o está sujeta a sus disposiciones) ésta suele incluir a:

Las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya

²⁶ Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas.

profundidad en marea baja no exceda de seis metros (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013, p. 7).

Y que además podrán incluir “sus zonas ribereñas o costeras adyacentes, así como las islas o extensiones de agua marina de una profundidad superior a los seis metros en marea baja, cuando se encuentren dentro del humedal” (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2013, p. 7).

El Comité para la Caracterización de los Humedales de los Estados Unidos (como se citó en Denis, 2010) agrega que “las características esenciales mínimas de un humedal son la inundación o saturación recurrente o sostenida en o cerca de la superficie y la presencia de rasgos físicos, químicos y biológicos que reflejan dichos procesos” (p. 2), destacando también características como los suelos hidromórficos y la vegetación hidrofítica.

Estos ecosistemas son de gran interés debido al valor ecológico, ambiental, cultural y recreacional que representan para diversas regiones; según sea el contexto y las características del humedal (como clase, tamaño y ubicación), brindan una gama de servicios como: son lugares para el esparcimiento y la educación (Guzmán, Triana, & Giraldo, s.f.); son suministros de alimento para las especies de flora y fauna, y los seres humanos (Secretaría de la Convención de Ramsar, 2015; CVC, 2009); pueden cumplir funciones de regulación hídrica que permiten controlar inundaciones o periodos de estiaje (Ministerio del Medio Ambiente, 2002; CVC, 2009), contribuyen además a mantener las reservas de agua subterránea mediante los procesos de recarga y descarga (USGS, s.f.; CVC, 2009; Secretaría de la Convención de Ramsar, 2010); son importantes sumideros o

depósitos de carbono (CVC, 2009; Hernández, 2010); son elementos naturales con fuertes lazos culturales y ancestrales (CVC, 2009; Villa, 2012).

a. Humedales en Colombia.

En el documento Colombia Anfibia Volumen II (2016), se estima un área de 30.781.149 ha de humedales reconocidos a nivel nacional. Esta cifra corresponde a cerca del 20% de la superficie del país, evidenciando así la cantidad considerable de área que cubre este ecosistema a escala nacional.

Según indica el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (2015), Colombia posee al menos 55 tipos de humedales reconocidos. Esto se debe al gradiente altitudinal que contempla el país desde las zonas cercanas al mar en la región Caribe o Pacífica llegando hasta la conformación de los Andes. Esta diversidad en humedales también se debe a la influencia que tiene estar inmerso entre el Mar Caribe y el Océano Pacífico, y a la conformación estructural que se ha dado a través de las eras geológicas.

Estos ecosistemas están sometidos constantemente a una gran presión en el país producto de actividades agrícolas, ganaderas y el crecimiento urbano de las grandes ciudades y municipios. El documento de Colombia Anfibia confirma que el 24.2% de la cobertura de las áreas de humedales del país se encuentran alteradas por ganadería y agricultura.

b. Humedales en Bogotá D.C.

Dentro del contexto local, los humedales son reconocidos dentro del Sistema de Áreas Protegidas de Bogotá, bajo la categoría de Parque Ecológico Distrital de Humedal,

siendo este “un eje estructural de ordenamiento ambiental, en tanto contiene un sistema espacial, estructural y funcionalmente interrelacionado, que define un corredor ambiental de sustentación, de vital importancia para el mantenimiento del equilibrio ecosistémico del territorio” (Secretaría Distrital de Ambiente, s.f.).

Debido a que Bogotá posee humedales tanto en área de la malla urbana como rural, estos se contienen dentro de dos jurisdicciones diferentes. Dentro de la jurisdicción de la Secretaría Distrital de Ambiente (humedales inmersos en el perímetro urbano), el área que corresponde a humedales es de aproximadamente 725.01 ha (Secretaría Distrital de Ambiente, 2017).

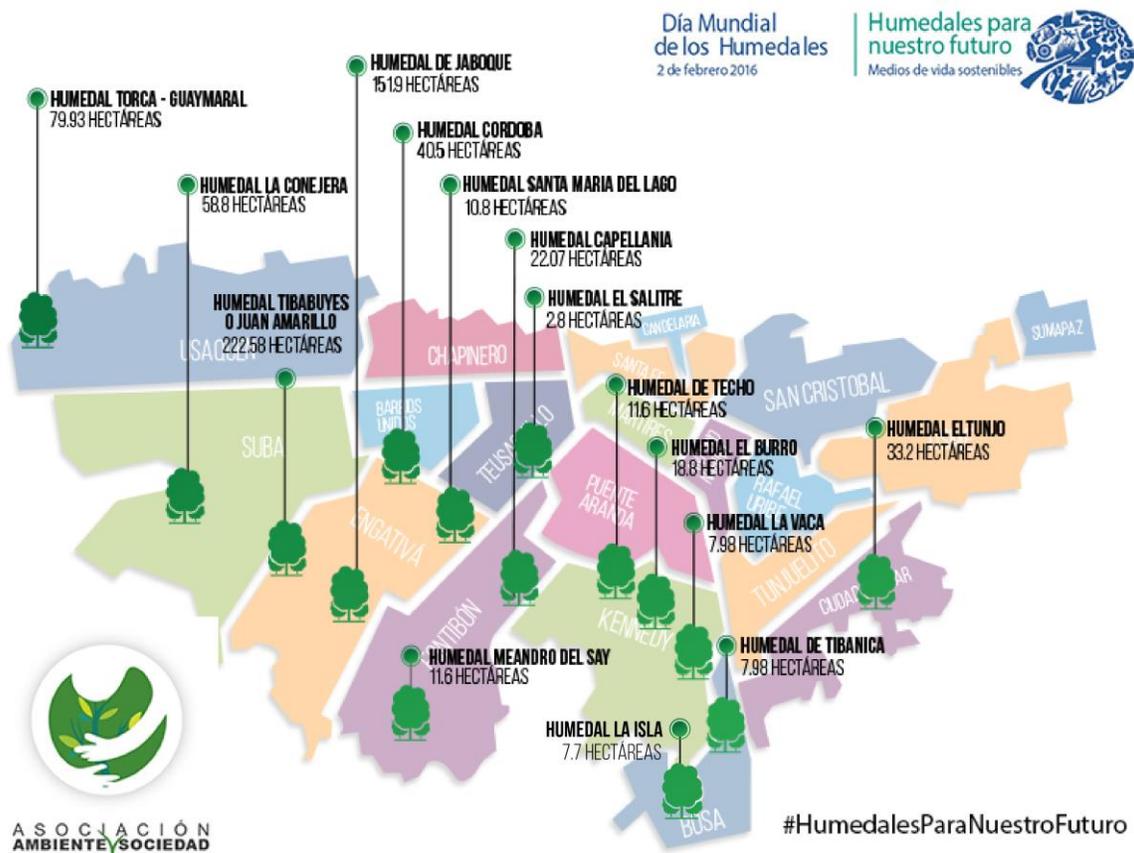


Figura III-10. Distribución y área de los humedales reconocidos para la ciudad de Bogotá.
Fuente: Asociación Ambiente y Sociedad, 2016.

El DAMA²⁷ (2006), destacaba bajo los objetivos y alcances de la gestión ambiental y de recursos naturales, que los humedales del Distrito Capital están constituidos por “una franja a su alrededor que puede cubrirse por inundaciones periódicas (Ronda hidráulica) y una franja de terreno no inundable, llamada Zona de manejo y preservación ambiental” (p. 23).

c. Servicios ecosistémicos de los humedales frente al cambio climático.

Jaramillo, Cortés-Duque, & Flórez (2016) indican que “el medio natural puede proveer energía, materia e información que aprovecha la sociedad para su bienestar”, dentro de lo denominado como sistemas socioecológicos. Las posibilidades y capacidades que tienen los ecosistemas para beneficiar a las diversas comunidades de seres vivos se materializan por medio de los servicios ecosistémicos.

Se pueden encontrar 3 categorías para los servicios ecosistémicos. Los que son de abastecimiento (proveer recursos para la subsistencia), de regulación (control sobre algunas variables ambientales) y culturales (dinámicas sociales y vínculos existentes entre los ecosistemas y la comunidad). Directamente, estos mantienen un beneficio puntual sobre diversos aspectos del bienestar humano y desarrollo económico: en aspectos de seguridad, satisfacción de necesidades básicas, salud y buenas relaciones personales.

²⁷ Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente, ahora SDA.

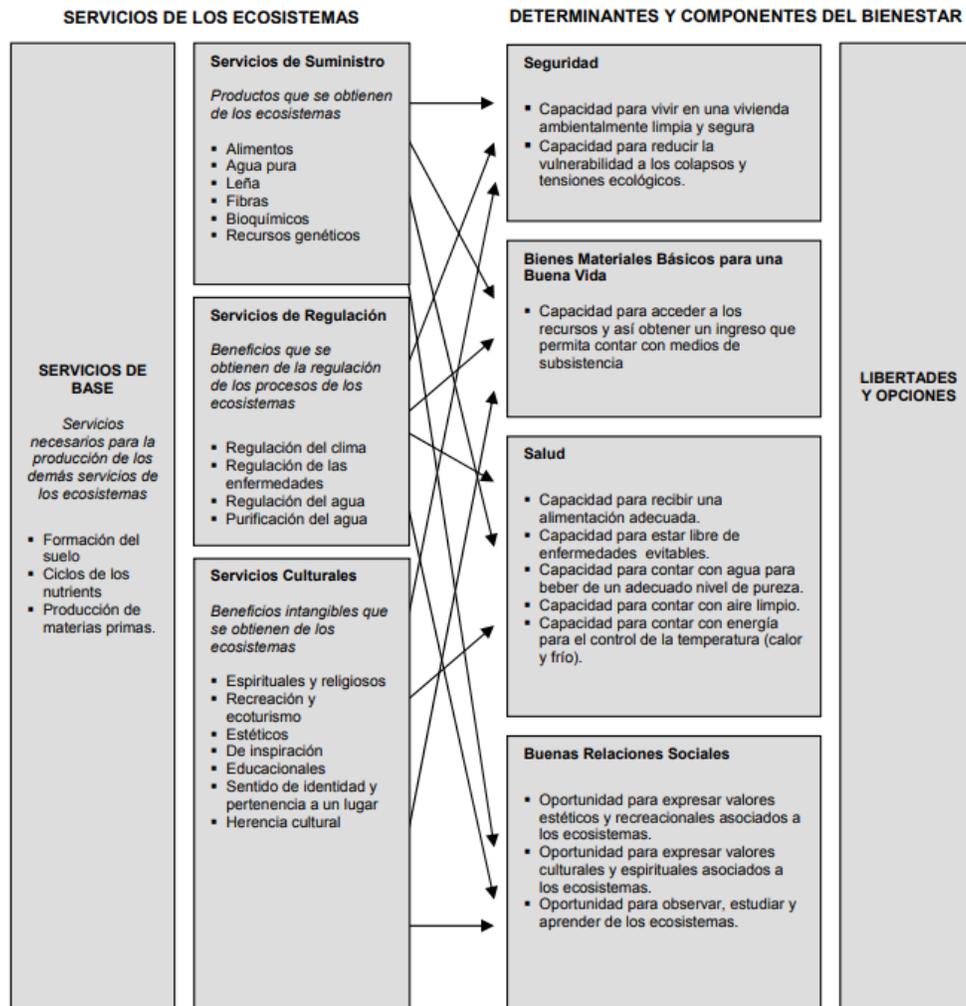


Figura III-11. Vínculos entre los Servicios ecosistémicos y el bienestar humano. Fuente: Naciones Unidas, 2003.

Como se ya se ha mencionado con anterioridad, este tipo de ecosistemas ofrece diversos servicios en función de su clase, tamaño y ubicación. En relación con el cambio climático, en términos de adaptación y mitigación, los servicios de regulación son los que mayor participación tienen debido al control y balance que pueden efectuar sobre algunas variables o elementos atmosféricos, tal como que regulan los procesos climáticos naturales por medio del secuestro y almacenamiento gracias a la vegetación de GEI (Nastar, 2014; Walter, Smith, & Stuart Chapin, 2007), concretamente del CO₂, para luego convertirlo en

carbono orgánico en el suelo (Bergkamp & Orlando, 1999; Hernández, 2010) –son sumideros de cerca del 10 al 20% del carbono terrestre del mundo-; también contribuyen a la regulación hídrica frente a la manifestación de inundaciones y periodos secos (Russi, et al., 2013; Kusler, 2016; Imbach, Molina, Locatelli, & Corrales, 2010), fenómenos claves dentro de la variabilidad mensual, anual y multianual del clima. De igual forma se pueden destacar muchos más como: la provisión de alimento, agua fresca y de buena calidad, la retención de sedimentos frente a contaminación que contribuye a tener limpios los cuerpos de agua lóticos (ríos y arroyos), la amortiguación y moderación de olas y vientos (si son humedales marinos o estuarinos), entre otros que no dejan de ser importantes y contribuyen a la seguridad, adaptación y desarrollo de la sociedad frente los impactos del cambio climático.

Por otro lado, una vulnerabilidad de los ecosistemas frente al cambio climático es su limitada capacidad de adaptación, y esto está sustentado en el III Informe de Evaluación Cambio Climático 2001 (IPCC, 2001). Es hasta este informe en que el estudio de los humedales frente al cambio climático pasa de ser un tema desapercibido a de interés en el ámbito internacional (Moya, Hernandez, & Borrell, 2005).

Las consecuencias de la degradación física y ecosistémica de los humedales trae consigo una agudización de los problemas asociados con cambio climático y la manifestación de fenómenos hidrometeorológicos (Reyes & Volpedo, 2013), dificultando la capacidad de adaptación frente a los mismos e incrementando la vulnerabilidad y sensibilidad de los grupos humanos (Magrin, 2015; UNICEF, 2012); eso, sin mencionar que el cambio climático también es uno de los grandes generadores directos de cambios en los ecosistemas (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), siendo para finales de siglo el

generador dominante de la “pérdida de biodiversidad y de los cambios en los servicios de los ecosistemas a nivel mundial” (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

6.2.5.2. Aguas subterráneas.

El agua subterránea es una de las reservas hídricas dulce más importantes del mundo, siendo aún mayor que la contenida en lagos, lagunas y ríos. Ésta mantiene una relación especial con los sistemas hídricos y ecosistemas de la superficie, ya que es la responsable de mantener el flujo de las corrientes de agua como por ejemplo en los ríos, manantiales, humedales, etc., (Foster, et al., 2006) sobre todo cuando el régimen de precipitación es escaso o bastante bajo (Herráiz, 2009). Gracias a esto, es un factor fundamental para mantener la integridad ecológica de ciertos ecosistemas claves (Foster, et al., 2006).

La utilización y aprovechamiento del agua subterránea data desde la antigüedad, siendo necesaria para la agricultura y el abastecimiento de las poblaciones (Herráiz, 2009); esto se replicaría hasta la actualidad, evidenciando el registro de grandes ciudades que deben hacer uso de esta agua para su desarrollo, tales como México, Shangai, Buenos Aires, Pekín, Paris, Londres, entre otros (Herráiz, 2009)

Dentro del ciclo hidrológico o del agua, no toda el agua que precipita suele disponerse en forma de escorrentía superficial; una proporción se infiltra a través del suelo (sustancial para la circulación de nutrientes y mantenimiento de procesos internos) y otra es utilizada por la vegetación. Del agua infiltrada, según sean las características geológicas, de relieve y el suelo, una gran cantidad se infiltra hasta alimentar los acuíferos (recarga). Ésta, así mismo, alimenta diversos cuerpos de agua en la superficie (descarga), contribuyendo a

que haya un caudal disponible durante diversos periodos, sin importar si se está en épocas secas o lluviosas (o estaciones) (Herráiz, 2009); aunque esto depende según sea la conexión entre los cuerpos de agua superficial con los subterráneos.

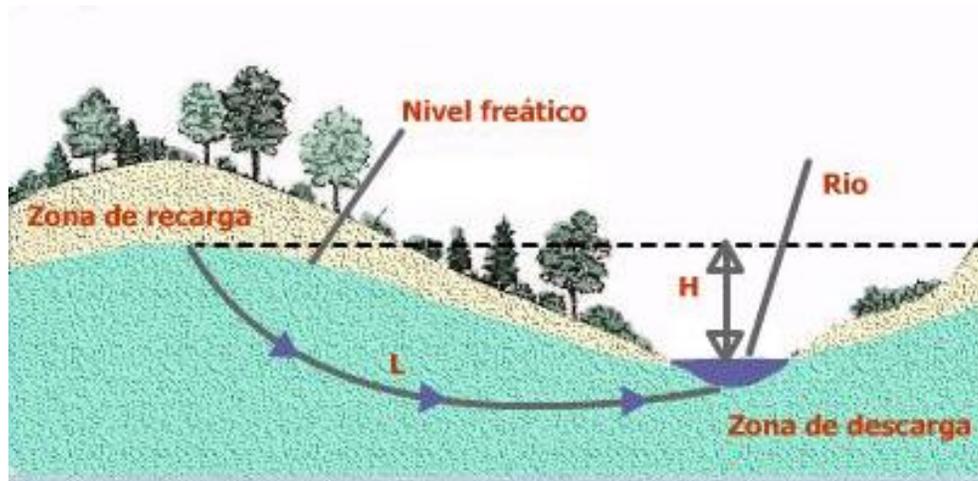


Figura III-12. Zonas de recarga y descarga del agua subterránea, y su conexión con sistemas hídricos en la superficie.

Fuente: Estudios Geotécnicos, 2013.

En Colombia, el uso de este recurso almacenado se da desde épocas de la colonia, donde era necesario utilizarlo para uso doméstico, agrícola e industrial (Serieys, 2004).

6.2.5.3. Subsistemas hídricos frente a cambio climático.

La vulnerabilidad de estos subsistemas frente a la constante presión a la que están sometidos, y el desequilibrio ecológico y posible alteración que eso implica, está determinada, en el contexto local, por su ubicación, ya que al estar inmersos en la ciudad los hace propensos o sensibles a los procesos de crecimiento demográfico, desarrollo de infraestructura y aprovechamiento y utilización para diversos sectores (Sepúlveda, 2010; López de Asiain Alberich, Ehrenfried & Pérez del Real, 2007; Suárez, Puertas, Anta,

Jácome, & J., 2014), sin mencionar la presión del cambio climático y la gestión del recurso ineficaz (Suárez, Puertas, Anta, Jácome, & J., 2014).

Los ecosistemas de agua dulce se consideran entre los más amenazados del planeta (Dudgeon, et al., 2006, p. 164). Las llanuras o planicies de inundación y las áreas de humedales, se han ocupado para el desarrollo urbano y agrícola, en la medida en que muchas ya están funcionalmente desconectadas de sus ríos, cuencas o áreas de captación (Tockner, et al., 2008). Como consecuencia directa de estos y otros impactos, las aguas dulces tienen algunas de las tasas más altas de extinción de cualquier ecosistema, con estimaciones de aproximadamente entre 10.000 y 20.000 especies de agua dulce se han extinguido o están en peligro como consecuencia de la actividad humana (Strayer & Dudgeon, 2010). Se predice que un calentamiento del aire de 3-4 C eliminará el 85% de todos los humedales restantes (Tockner, et al., 2008), y de hecho, frente a esto “una de las formas más efectivas para prevenir el riesgo en el país es el aumento de la resiliencia, a través del mantenimiento de la integridad de los ecosistemas que resultan fundamentales para la regulación hídrica” (IAvH, 2016)

6.3.Contexto climático.

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) define al clima como

El 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 (Pabón, et al., 2001, p. 35)

El sistema climático es un conjunto interactivo y complejo constituido por la atmósfera, hidrosfera, criósfera, litosfera, biosfera (OMM, 2011) y antropósfera (Ballesteros & Aristizabal, 2007); este conjunto es el que determina el clima de la Tierra a partir de las diversas interacciones que se producen entre estos componentes, y bajo la influencia de la radiación solar (dependiente de los movimientos y posición de la Tierra) y las propiedades radiativas de la superficie (OMM, 2011).

Dicho todo lo anterior, el clima es el producto de la interacción espacio temporal de variables que definen las características del sistema climático y que varían según su distribución o ubicación. Requiere de la observación de variables a lo largo de periodos largos de tiempo sobre una misma región y, a diferencia de la meteorología, este no estudia el estado del tiempo en un momento dado sino el comportamiento de ese estado en una ventana temporal definida y amplia.

6.3.1. Variabilidad climática y cambio climático.

El clima varía tanto en escalas de tiempo como de espacio, presentando fluctuaciones en periodos en los que los diferentes elementos del sistema climático modifican o cambian la forma en que interactúan y por causas de factores forzantes, por ejemplo, los radiativos. De esta manera, la **variabilidad climática** se define como ese conjunto de fluctuaciones que ocurren en el sistema climático en periodos relativamente cortos (menores a 30 años). La observación de este fenómeno se da mediante la comparación de los registros obtenidos para los diferentes parámetros climáticos junto con

las medias o promedios de los mismos a lo largo de una ventana de tiempo; la secuencia de datos obtenidos entre la diferencia del registro y el promedio es lo que determina la variabilidad climática (Montealegre, 2009).

Dentro de la variabilidad climática suelen estudiarse diferentes escalas temporales que obedecen a la manifestación de diversos fenómenos naturales asociados al comportamiento del océano, de la atmósfera en general, la incidencia de los rayos solares, posición de la Tierra, entre otros. Montealegre (2009) los describe en su informe técnico entregado al IDEAM:

- Estacional: Fase en la que se estudian las fluctuaciones del clima a escala mensual. Para las latitudes tropicales se evalúan solamente dos fenómenos: temporadas lluviosas y temporadas secas. En Colombia dominan los regímenes de lluvias bimodal (dos temporadas lluviosas y dos secas), monomodal (una temporada lluviosa) y cuasimonomodal (una temporada lluviosa con un período de ligero descenso de las lluvias) (Pabón, s.f.). Según Arango, Dorado, Guzmán y Ruiz (s.f.), el régimen bimodal es característico de la “región Andina y de la región Caribe con excepción de la región del Bajo Nechi, parte de la cuenca del río Sinú y sectores de la vertiente oriental de la cordillera central a la altura de Samaná (Caldas)”, mientras que el régimen monomodal está en las excepciones nombradas anteriormente y en mayor parte de la Orinoquía y Amazonia Colombiana (Arango et al., s.f.).
- Intraestacional: Perturbaciones o fluctuaciones que se presentan entre estaciones, y aunque suelen pasar por desapercibidas determinan las condiciones predominantes del estado del tiempo por varios días.

- Interanual: Fluctuaciones de los parámetros climáticos a escala anual. Esta fase comprende las variaciones en torno al promedio de temperaturas o precipitaciones cada año, por ejemplo. Esto a causa de la manifestación de fenómenos “enmarcados dentro del ciclo El Niño – La Niña – Oscilación del Sur, ENSO y la oscilación Cuasibienal” (Montealegre, 2009).
- Interdecadal: Fluctuaciones del clima a nivel o escala de décadas. Es la fase que comprende las perturbaciones del clima a largo plazo y que es menester estudiar puesto que son esenciales para determinar tendencias o escenarios de ocurrencia de las diferentes variables climáticas a futuro.

Por otro lado, el concepto de **cambio climático**, según la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (1992), artículo 1, se define como “un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables”, que repercute sobre el medio ambiente físico mediante la manifestación de efectos nocivos en los ecosistemas, sistemas socioeconómicos, sistemas productivos, salud y bienestar humano.

Recogiendo el trabajo de Pabón et al., (2001), otros términos importantes que merecen ser aclarados son:

- Norma climática: la norma se define como el valor promedio de una serie continua de observaciones de determinada variable climática en un periodo mayor o igual a 30 años según parámetros internacionales, que permite definir y comparar el clima.
- Anomalía climática: Es la desviación o alteración del clima estadísticamente hablando, la cual se obtiene de comparar una medición de determinada variable para

un periodo específico con respecto a la medida histórica, promedio o norma para ese mismo periodo.

- **Fluctuación climática:** De forma aparentemente casi similar a las anomalías climáticas, las fluctuaciones se definen como “cambios en la distribución estadística usual utilizada para describir el estado del clima” (2001, p. 35), donde esa distribución estadística usual son valores medios de una variable en el tiempo. De esta manera, la variabilidad climática encierra un conjunto aleatorio de fluctuaciones climáticas, que pueden alterar los valores medios de variables climáticas mediante incrementos o disminuciones en alguna medida, presentándose inclusive de forma brusca y representando o permitiendo prever tendencias.

6.3.2. Variables climáticas de estudio.

- **La precipitación** es la cantidad de agua que cae por unidad de área a la superficie terrestre. Ésta, por lo general, se presenta en forma de lluvia, pero también involucra nieve, lloviznas y granizo. Su unidad de medida es mm y se podrá tomar de dos maneras: una que es la precipitación total acumulada en el mes, es decir la suma de todos los datos diarios durante el mes, o la precipitación media mensual que se establece a través del promedio de todos los datos que se tengan de lluvia durante el mes.
- **La temperatura** es la condición térmica de la atmósfera en determinado lugar y tiempo. Varía a lo largo del día y de la época, siendo diferente para las cuatro estaciones que se presentan en los hemisferios norte y sur, e incluso para la zona intertropical. Se mide en grados centígrados (C°) para el contexto nacional y se toman tres tipos de medidas a lo largo del día: Una temperatura máxima, una mínima y una media. Por otro

lado, varía significativamente por los fenómenos extremos del ENSO (El Niño-Oscilación del Sur), por lo que al estudiar su comportamiento a lo largo de los años deben tenerse en cuenta estos fenómenos para saber qué datos despreciar o comprender mejor el porqué de situaciones inusuales.

6.3.3. Riesgos de las variaciones climáticas.

El WEF²⁸ dentro de sus informes y reportes, generó para el año 2017 una serie de insumos que permiten apreciar a nivel global los principales riesgos que pueden incidir sobre la población y sus actividades, en función de las tendencias de los escenarios políticos, sociales, económicos, ambientales y tecnológicos.

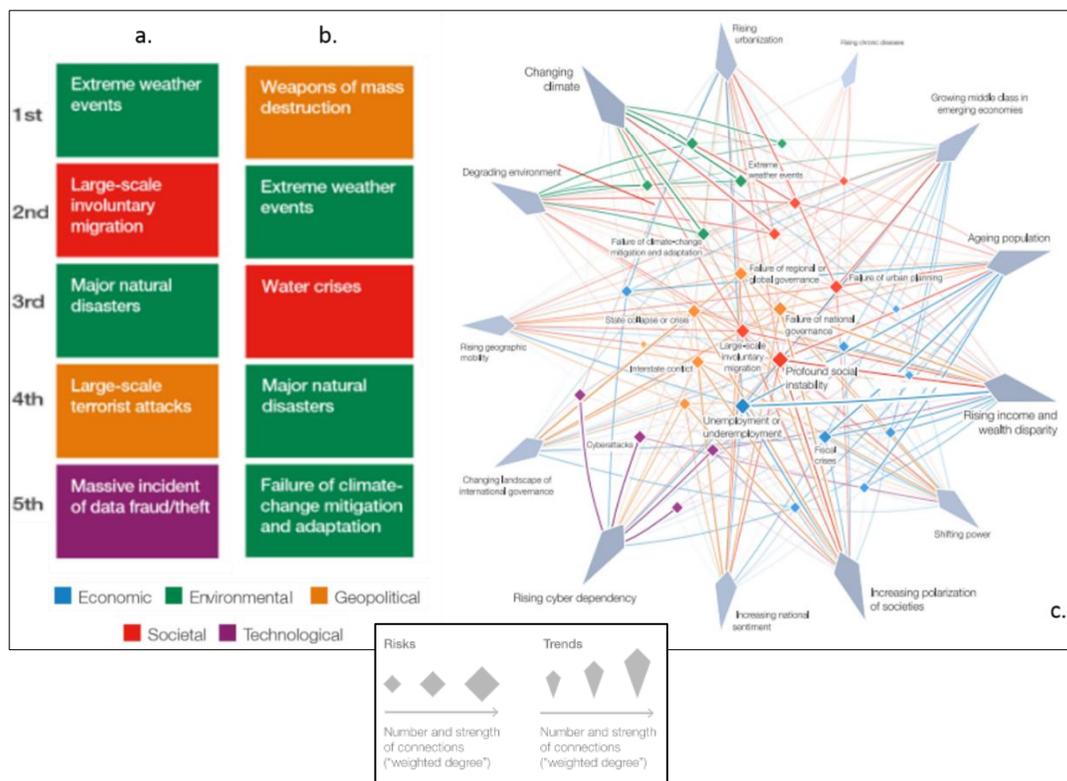


Figura III-13. Esquema tendencias y riesgos globales. a) Top 5 riesgos globales en términos de probabilidad; b) Top 5 riesgos globales en términos de impacto; c) Red de interconexiones globales de riesgos y tendencias. Fuente: Adaptado de WEF, 2017.

²⁸ World Economic Forum o Foro Económico Mundial por sus siglas en español – FEM.

Dentro de las tendencias más importantes destaca el cambio climático, y de forma intrínseca la variabilidad climática²⁹, como uno de los de mayor fuerza³⁰ y que tiene asociados o impulsaría varios riesgos como por ejemplo: pérdida de biodiversidad y colapso de ecosistemas, desastres ambientales provocados por el hombre, fracaso en la mitigación y adaptación al cambio climático, eventos climáticos extremos, desastres naturales, déficit de alimentos, migración involuntaria y crisis del agua.

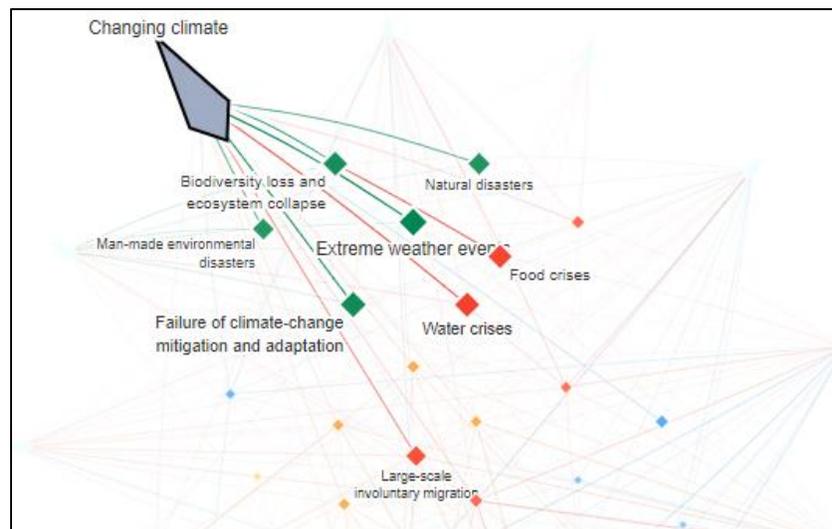


Figura III-14. Riesgos impulsados por el cambio climático. En verde lo de categoría ambiental y rojo de categoría social.

Fuente: WEF, 2017.

Sin embargo, no son los únicos riesgos asociados o que pueden provenir del cambio climático, ya que al estar inmerso todo en una gran red el cambio climático tiene

²⁹ La variabilidad climática se puede incorporar a estas redes interconectadas de análisis, realizados a nivel internacional, a través de, por ejemplo, el impacto y probabilidad de ocurrencia de desastres naturales o eventos extremos.

³⁰ Tendencias que son las más importantes para configurar el desarrollo global en los próximos 10 años.

repercusiones sobre otras tendencias como la creciente urbanización, aumento en enfermedades, aumento en la movilidad geográfica, etc.

Tanto las tendencias (Figura III-13) como los riesgos (Figura III-14) están interconectados, ya que una característica clave de los riesgos globales es su naturaleza sistémica potencial, es decir, que tienen el potencial de afectar a un sistema completo (WEF, 2017).

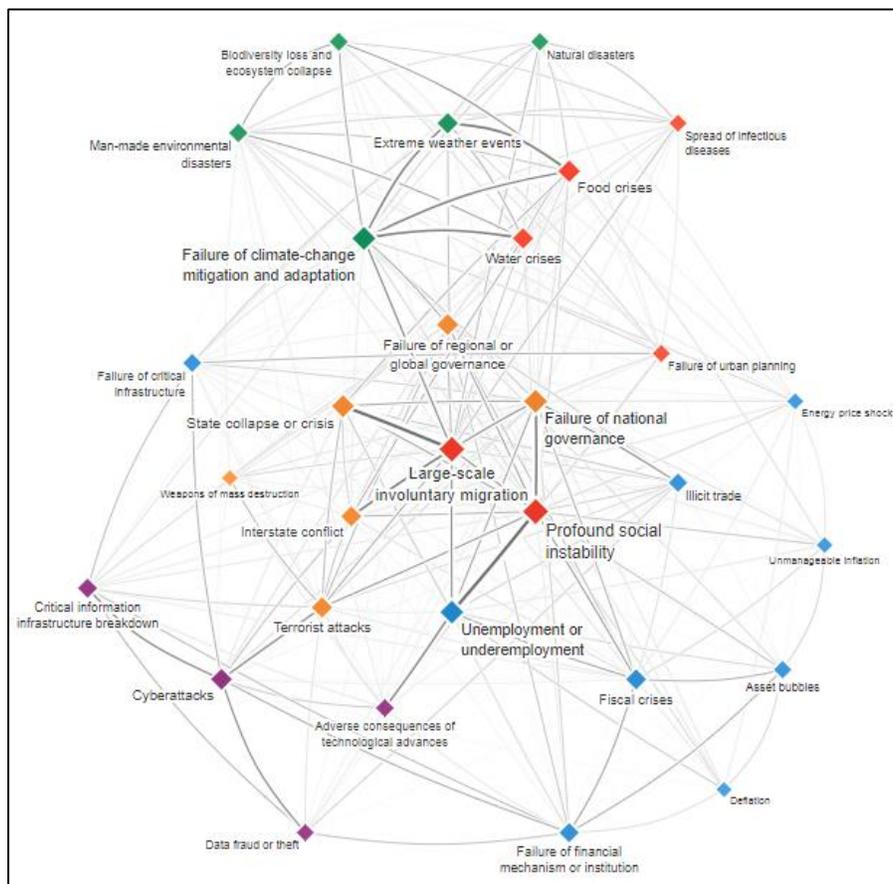


Figura III-15. Mapa o red de interconexión de riesgos globales.
Fuente: WEF, 2017.

Los cambios de clima o de las condiciones atmosféricas predominantes en las diversas regiones de la Tierra, tienen como consecuencia una serie de impactos en los

sistemas naturales y humanos, manifestados a través de la alteración de los recursos naturales como agua, suelo, aire, flora y fauna, y en los sistemas de producción, alimento, comercio, transporte, espacios urbanos, entre otros (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2014; IPCC, 2014).

6.3.4. Escenarios de Trayectorias de Concentración Representativas (RCP) y proyecciones.

Uno de los principales mecanismos de forzamiento radiativo del sistema climático global es la alteración de la composición atmosférica, concretamente la de los GEI (Ballesteros & Aristizabal, 2007). A partir de esto, el IPCC diseñó para su *Quinto Informe de Evaluación* (AR5) cuatro escenarios RCP (Trayectorias de Concentración Representativas o Representative Concentration Pathways –por sus siglas en inglés) que facilitarían la comprensión del comportamiento de las variables climáticas en función de la posible concentración (no emisiones) de GEI en un futuro. Estos son los escenarios RCP2.6 (escenario más optimista), RCP4.5, RCP6 y RCP8.5(escenario más crítico), y se definieron a raíz del forzamiento radiativo esperado para el año 2100 con relación a los valores preindustriales; según el IPCC (2014), y tomando como referencia los escenarios de emisiones 1986 - 2005, para la ventana de tiempo 2016-2035 la temperatura media global puede aumentar en un rango entre 0.3 °C a 0.7 °C (para los cuatro RCP), mientras que para la ventana 2081 - 2100 aumentaría hasta 1.7 °C (RCP2.6), 2.6 °C (RCP4.5), 3.1 °C (RCP6) y 4.8 °C (RCP8.5).

Es probable que, en el marco del escenario RCP8,5, la precipitación media disminuya en muchas regiones secas de latitud media y subtropicales, mientras que es probable que en muchas regiones húmedas de latitud media la precipitación

media aumente. Es muy probable que sean más intensos y frecuentes los episodios de precipitación extrema en la mayoría de las masas terrestres de latitud media y en las regiones tropicales húmedas (IPCC, 2014).

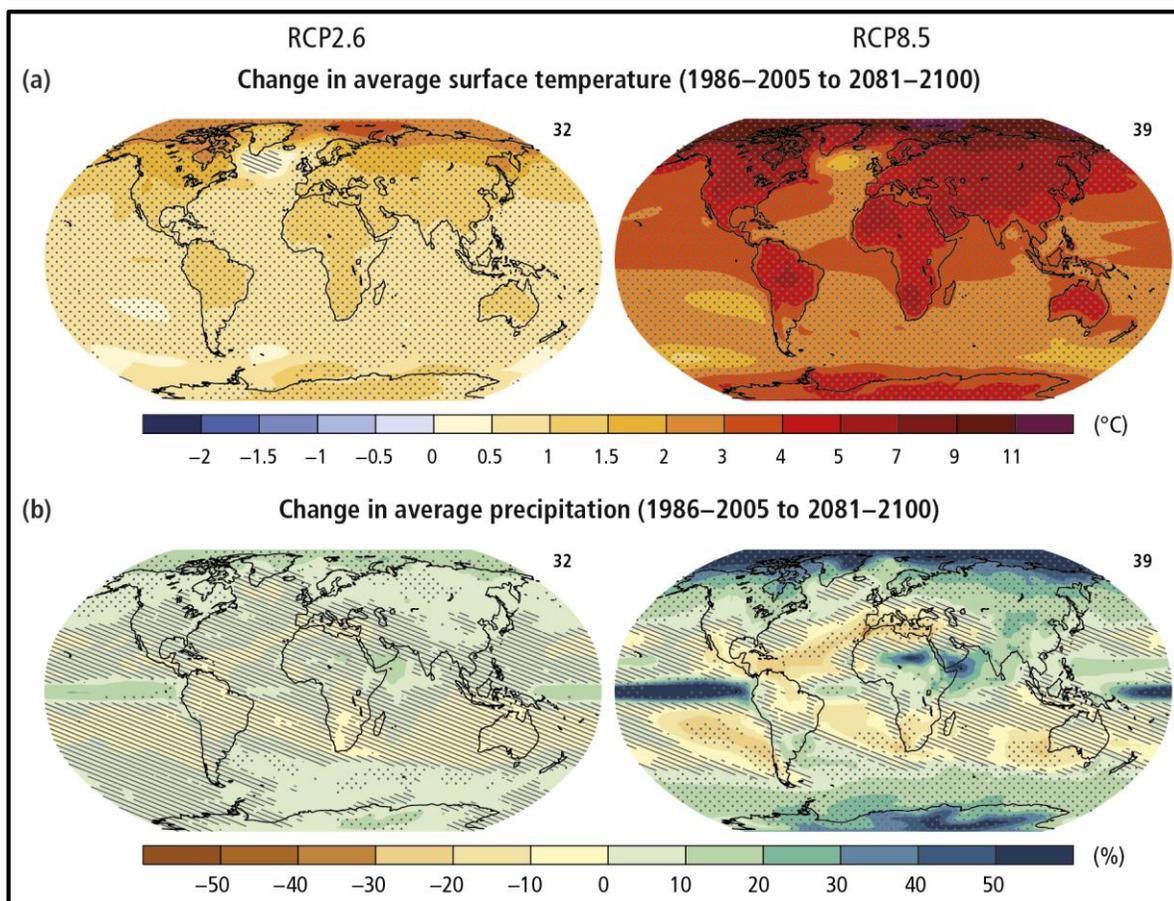


Figura III-16. Cambio anual de temperatura superficial media y cambio porcentual promedio en precipitación media anual para el periodo 2081 – 2100 vs 1986 – 2005.

Nota: (a) Cambio anual de temperatura superficial media, (b) Cambio porcentual promedio en precipitación media anual. Ambos con relación al periodo 1986-2005. Los esquemas de la izquierda obedecen a un escenario de emisiones RCP2.6 mientras que los de la derecha corresponden al RCP8.5. (del más optimista al más crítico). Fuente: IPCC, 2013.

6.3.5. Concepto de vulnerabilidad a cambio climático.

El IPCC (2014b), define la vulnerabilidad como la “propensión o predisposición a ser afectado negativamente” (p. 5) destacando también el “grado en que un sistema natural

o social es capaz o incapaz de afrontar los efectos negativos del cambio climático, incluso la variabilidad climática y los episodios extremos” (IDEAM, 2011).

La vulnerabilidad es el resultado de la evaluación e interacción de 3 elementos: La exposición, la sensibilidad o susceptibilidad al daño, y la capacidad de respuesta y adaptación (IDEAM, 2011; IPCC, 2014b). Según IDEAM (2011):

- Exposición: Grado o naturaleza al que está expuesto un sistema frente a las variaciones climáticas. Representa las condiciones climáticas intrínsecas bajo las cuales un sistema funciona, contemplando el cambio o alteración en las mismas; es decir, son las condiciones climáticas predominantes y sus cambios, pudiéndose entender también como la amenaza (precipitación y temperatura)
- Sensibilidad: Intensidad del impacto de eventos climáticos adversos que recibe o recaen en el sistema.

Los impactos de las amenazas atribuidas a cambio climático se pueden estudiar desde 2 niveles: uno espacial y otro por recursos, sistemas o sectores (Pinzón, et al., 2008); de esta manera, existen estudios aplicados a nivel continental y de naciones, o aplicados a ecosistemas, recursos, poblaciones y sectores (Pinzón, et al., 2008).

Clasificación propia	PNUD (2008)	IPCC (2001)	IDEAM (2001)
Ecosistemas	Ecosistemas y biodiversidad. Aumento del nivel del mar y exposición a riesgos climáticos extremos.	Ecosistemas terrestres y agua dulce. Ecosistemas marinos y zonas costeras.	Coberturas vegetales y ecosistemas Zona costera.
Recursos	Estrés y escasez de agua.	Hidrología y recurso hídrico.	Recurso hídrico. Zonas glaciares.
Poblaciones	Producción agrícola y seguridad alimentaria. Salud humana y acontecimientos climáticos extremos.	Agricultura y seguridad alimentaria. Salud humana. Seguros y otros servicios financieros.	Sector agrícola. Suelos y tierras. Salud humana.

Figura III-17. Temas de análisis en los estudios de vulnerabilidad.
Fuente: Pinzón, et al.,2008.

6.4.Contexto edáfico.

El MADS de Colombia define al suelo como el “componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro, meso y micro-organismos que desempeñan procesos permanentes de tipos biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta” (2016, p. 17)

La riqueza ecosistémica e hídrica del área de estudio es producto de la evolución histórica que ha tenido la Sabana de Bogotá, la cual se remonta hace algo más de 2.5 millones de años (Van Der Hammen, 1986), concretamente gracias a la evolución y adaptación que han tenido los suelos y sedimentos de esta región. Esto en cuanto a que el suelo es la variable soporte de ecosistemas como los humedales, de paisajes como las planicies y valles inundables del río Bogotá, del tipo de vegetación existente, e inclusive de las zonas que permiten la recarga y descarga de aguas subterráneas.

El suelo es un elemento sustancial para el estudio el paisaje, porque según sus características permitirá que se asienten ecosistemas o diferentes modelados del paisaje a

raíz de sus propiedades físicas, químicas y biológicas. De hecho, del “entendimiento de la evolución del paisaje y de sus geoformas asociadas constituye una ayuda valiosa para comprender la dinámica evolutiva de los suelos” (IGAC, 1995), y, de forma recíproca, se puede utilizar información de suelo para “contribuir a resolver cuestiones de índole geomorfológica como, por ejemplo, caracterizar las geoformas o estimar la evolución del paisaje” (Zinck, 2012).

El suelo también es uno de los elementos más expuestos al cambio climático, sintiendo los impactos de las variaciones climáticas en sus propiedades físicas, químicas y biológicas; como, por ejemplo, la aceleración de los procesos de descomposición y mineralización frecuentes frente a aumentos en la temperatura que reducen el contenido de carbono orgánico, la alteración de los ciclos biogeoquímicos o la ocurrencia de fenómenos de desertificación y desecación. El IDEAM, et al. (2015) destaca que tras el incremento la temperatura “sumado a los cambios en el uso del suelo, puede incrementar los procesos de desertificación, disminución de la productividad de los suelos agrícolas y la pérdida de fuentes y cursos de agua” (p. 14). De igual manera, un régimen particular de precipitación y un predominio de flujos descendentes, incide sobre los procesos de lavado de sales, acidificación e incremento en los componentes orgánicos (IGAC, 1995).

Las condiciones climáticas imperantes a lo largo del tiempo son determinantes para la formación y evolución de los suelos, ya que el clima es el elemento formador más determinante (IGAC, 1995) e incide sobre los procesos y dinámicas actuales que se llevan a cabo en el mismo.

6.4.1. Clima del suelo.

El clima ambiental es uno de los factores determinantes en la formación de los suelos. Variables como la precipitación y la temperatura “son los agentes más importantes que actúan durante el proceso de descomposición de las rocas y los minerales que las componen, y en la producción y descomposición de la materia orgánica” (IGAC, 2000).

La relación existente entre el clima ambiental y el clima del suelo es fundamental para entender los procesos de formación y evolución de los suelos, permitiendo además identificar las propiedades, sobre todo, productivas para sectores como la agricultura.

6.4.1.1. Régimen de humedad.

“Los regímenes de humedad del suelo se basan en el nivel del manto freático y la presencia o ausencia de agua disponible para las plantas. Estos regímenes afectan a la formación del suelo y a la gestión y uso del mismo” (Gardi, et al., 2014, p. 20). En términos más precisos, el régimen de humedad “se refiere a la presencia o ausencia, ya sea de un manto freático o al agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos por períodos del año” (USDA, 2014, p. 31).

El régimen de humedad se incluye a nivel de orden (por ejemplo, Aridisol), suborden (por ejemplo, Xeralf) y subgrupo (por ejemplo, Aquic) (Fernández, 1995).

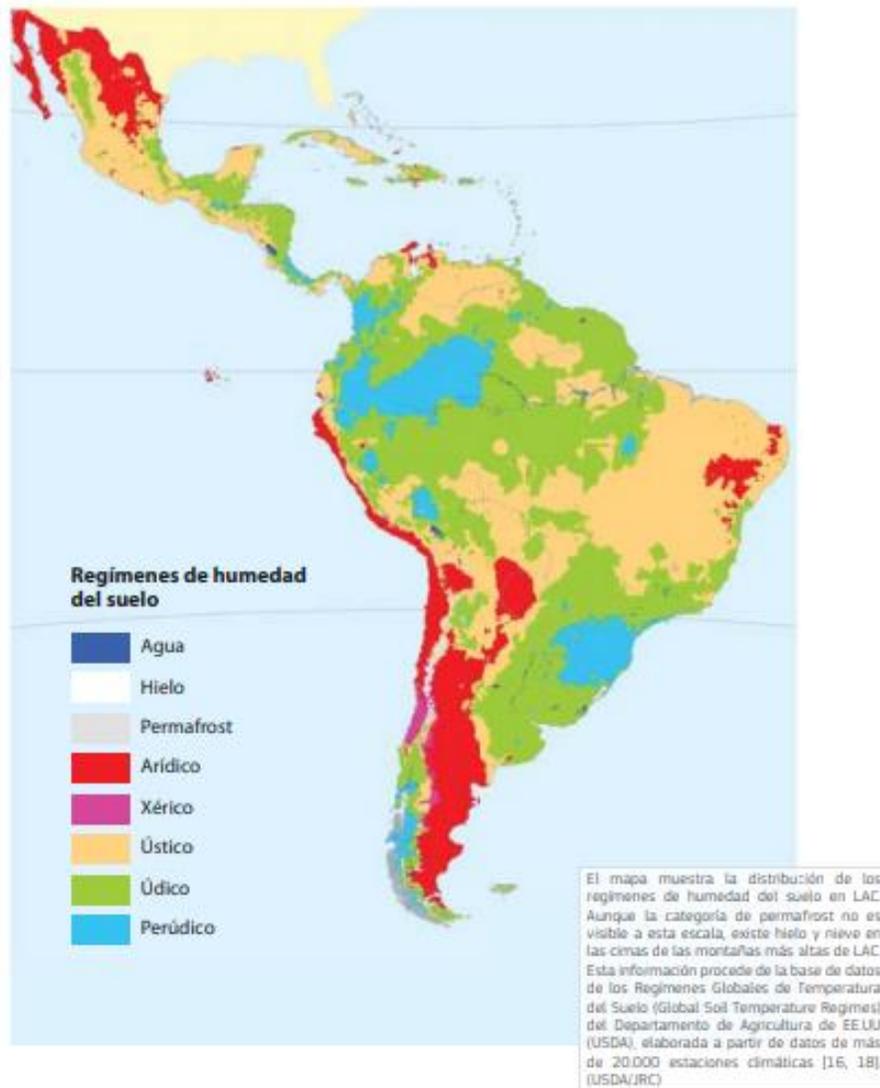


Figura III-18. Regímenes de humedad del suelo en Latinoamérica.
Fuente: Gardi, et al., 2014

Tabla III-3. Regímenes de humedad del suelo.

Régimen	Descripción.
Ácuico	“Es un régimen de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado con agua” (USDA, 2014, p. 32). Según la USDA (2014) el régimen de humedad perácuico se presenta en suelos en los cuales el nivel freático está siempre en o muy cerca de la superficie (por ejemplo, pantanos).
Árido y torrido	<p>En este régimen la sección de control de humedad está en años normales, es decir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Seca en todas partes por más de la mitad de los días acumulativos por año cuando la temperatura del suelo, a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo, es superior de 5°C. ▪ Húmeda en alguna o en todas sus partes por menos de 90 días consecutivos cuando la temperatura del suelo, a una profundidad de 50 cm, es mayor de 8 °C. <p>Estos suelos están normalmente en climas áridos y unos pocos están en climas semiáridos (USDA, 2014).</p>
Údico	<p>Es un régimen en el cual la sección de control de humedad no está seca en alguna parte por un período tan largo como 90 días acumulativos en años normales.</p> <p>“El régimen de humedad del suelo údico requiere, excepto en períodos cortos, un sistema de tres fases: sólido-líquido-gaseoso, en alguna parte o en toda la sección de control de humedad del suelo cuando la temperatura del suelo sea superior de 5 °C” (USDA, 2014, p. 32).</p>
Ústico	El régimen de humedad ústico (L. ustus, quemado; implica sequedad) es intermedio entre el régimen árido y údico. Este régimen tiene humedad limitada, pero ésta ocurre cuando las condiciones son adecuadas para el crecimiento vegetal” (USDA, 2014, p. 33).
Xérico	“Es el régimen de humedad que tipifica a las áreas con climas mediterráneos, donde los inviernos son húmedos y frescos y los veranos son cálidos y secos” (USDA, 2014, p. 33).

Fuente Elaboración propia con información de USDA, 2014.

En Colombia se pueden encontrar los siguientes regímenes:

Régimen de Humedad	Años	Días secos acumulados consecutivos	Días húmedos acumulados y consecutivos
Acuico	10/10		Saturado(reducido) algunos días.
Árido (Tórrido)	>5/10	> 180	< 180 < 90
Údico	>5/10	< 90	> 270
Ústico	>5/10	> 90	> 180 > 90

Figura III-19. Regímenes de humedad predominantes en Colombia para el año 1995.

Nota: El régimen xérico no se encuentra en Colombia (por requerir diferencias de temperatura mayores a 5 °C (entre verano e invierno). Fuente: IGAC, 1995.

6.4.1.2. Régimen de temperatura.

La temperatura es una de las propiedades más importantes del suelo ya que controla directamente los beneficios productivos del mismo, además de los procesos de formación y evolución, control de humedad, actividad biológica, características químicas y físicas, y distribución de la vegetación (Gardi, et al., 2014; Villaseca, 1990; Globe, 2005).

Tal como manifiesta Globe “La temperatura del suelo está directamente asociada a la temperatura de la atmósfera porque el suelo es un aislante del flujo de calor entre la tierra sólida y la atmósfera” (2005, p. 2). Además, los datos obtenidos de temperatura del suelo se pueden utilizar para “predecir cómo el calentamiento y el enfriamiento global afectan a los ecosistemas” (Globe, 2005, p. 2) y para el estudio de cambio climático.

La temperatura varía de un horizonte a otro, siendo el horizonte A o el superficial el más sensible a las fluctuaciones de temperatura durante el día y según la época del año (Villaseca, 1990).



Figura III-20. Regímenes de temperatura del suelo en Latinoamérica.
Fuente: Gardi, et al., 2014

El régimen de temperatura, al igual que el régimen de humedad, está íntimamente conectado con la taxonomía para la clasificación de los mismos; donde aparece en la categorización o a nivel de familias (Frigid, Mesic, Thermic e Hiperthermic) (Fernández, 1995).

Tabla III-4. Regímenes de temperaturas del suelo.

Régimen.	Descripción.
Gélico	“Los suelos en este régimen de temperatura tienen una temperatura media anual del suelo de 0 °C o menos (en los subórdenes Gelic y en los grandes grupos Gelic), o 1 °C o menos (en los Gelisols), ya sea a una profundidad de 50 cm debajo de la superficie del suelo o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, cualquiera que esté más somero” (USDA, 2014, p. 33).
Cryico	“Los suelos en este régimen tienen una temperatura media anual entre 0 y 8 °C, pero no tienen permafrost” (USDA, 2014, p. 33). “Es común que los suelos cryicos que tienen un régimen de humedad ácuico estén mezclados por congelamiento” (USDA, 2014, p. 33).
Frígido	“Un suelo con régimen frígido es más cálido en verano que un suelo con régimen cryico, pero su temperatura media anual entre 0 y 8 °C y la diferencia entre la temperatura media del suelo en verano (junio, julio y agosto) y en invierno (diciembre, enero y febrero) es 6 °C o más, ya sea a 50 cm de profundidad, debajo de la superficie del suelo o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, si está más superficial” (USDA, 2014, p. 33).
Mésico	“La temperatura media anual del suelo es igual o mayor de 8 °C, pero menor de 15 °C, y la diferencia entre la temperatura media del suelo en verano y en invierno es de 6 °C o más, ya sea a 50 cm de profundidad debajo de la superficie del suelo o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, lo que esté más superficial” (USDA, 2014, p. 34).
Térmico	“La temperatura media anual del suelo es igual o mayor de 15 °C pero menor de 22 °C y la diferencia entre la temperatura media del suelo en verano y en invierno es de 6 °C o más, ya sea a 50 cm de profundidad debajo de la superficie del suelo o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, lo que esté más superficial” (USDA, 2014, p. 34).
Hipertérmico	“La temperatura media anual del suelo es igual o mayor de 22 °C y la diferencia entre la temperatura media del suelo en verano y en invierno es de 6 °C o más, ya sea a una profundidad de 50 cm debajo de la superficie del suelo o a un contacto dénsico, lítico o paralítico, lo que esté más superficial” (USDA, 2014, p. 34).

En los regímenes con prefijo “iso”, “la temperatura media de verano y la media de invierno difieren en menos de 6 °C a 50 cm de profundidad o hasta un contacto dénsico, lítico o paralítico, lo que esté más superficial” (USDA, 2014, p. 34).	
Isofrígido	“La temperatura media anual del suelo es menor de 8 °C” (USDA, 2014, p. 34).
Isomésico	“La temperatura media anual del suelo es igual o mayor de 8 °C, pero menor de 15 °C” (USDA, 2014, p. 34).
Isotérmico	“La temperatura media anual del suelo es igual o mayor de 15 °C, pero menor de 22 °C” (USDA, 2014, p. 34).
Isohipertérmico	“La temperatura media anual del suelo es 22 °C o mayor” (USDA, 2014, p. 34).

Fuente Elaboración propia con información de USDA, 2014.

Régimen	Temperatura (°C)	Altura (msnm)	Extensión (ha)	Porcentaje del país
Isofrígido	< 10	> 3800	217.750	0.19
Isomésico	10-14	3.100-3.800	2.488.750	2.58
Isotérmico	14-22	1.800-3.100	6.320.375	5.54
Isohipertérmico	22-27	1.000-1.800	10.515.250	9.21
Isomegatérmico	> 27	< 1.000	94.632.675	82.88

Figura III-21. Límites propuestos para establecer regímenes de temperatura adoptados a las condiciones colombianas.

Fuente: IGAC, 1995.

7. Marco legal.

Tabla III-5. *Marco legal o normativo.*

Norma	Descripción
Acuerdo 6 de 1990 Alcaldía Mayor de Bogotá - Concejo de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Por medio del cual se adopta el Estatuto para el Ordenamiento Físico del Distrito Especial de Bogotá, y se dictan otras disposiciones Estatuto para el ordenamiento físico del Distrito Especial de Bogotá.
Constitución Política de Colombia, 1991 Congreso de Colombia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Artículo 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
Ley 99 de 1993 Congreso de Colombia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Artículo 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución.
Ley 99 de 1993 Congreso de Colombia	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.
Acuerdo 19 de 1994, del Concejo de Bogotá	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Por el cual se declaran como reservas ambientales naturales los Humedales del Distrito Capital y se dictan otras disposiciones que garanticen su cumplimiento.
Ley 164 de 1994	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Colombia ratifica la adopción de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

<p>Acuerdo 19 de 1996, del Concejo de Bogotá</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Por medio del cual se adopta Estatuto General de la Protección Ambiental del Distrito Capital y normas básicas para garantizar la preservación y defensa del patrimonio ecológico, los recursos naturales y el medio ambiente.
<p>Por ley 388 de 1997</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Los procesos de ubicación, delimitación o demarcación de rondas de los cuerpos de agua y zonas de manejo deberán ser incorporados dentro de los POT, donde los municipios y distritos son responsables de la elaboración de los mismos.
<p>Ley 629 del 2000</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ratificación del Protocolo de Kioto.
<p>Conpes 3242</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estrategia institucional para la venta de servicios ambientales de mitigación del cambio climático
<p>Resoluciones expedidas por el MADS en los años 2003 y 2004</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aprobación nacional de proyectos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)
<p>Decreto 190 de 2004 Plan de Ordenamiento Territorial - Concejo de Bogotá</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Por medio del cual se compilan las disposiciones contenidas en los Decretos Distritales 619 de 2000 y 469 de 2003." Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá, D. C. <p>Artículo 72. Definición Estructura Ecológica Principal (EEP)</p> <p>Artículo 75. Componentes EEP.</p> <p>Artículo 79. Definición del Sistema de Áreas Protegidas.</p> <p>Artículo 81. Clasificación del Sistema de Áreas Protegidas.</p> <p>Artículo 83. Planes de manejo del sistema de áreas protegidas del Distrito Capital</p> <p>Artículo 94. Definición de Parque Ecológico Distrital.</p> <p>Artículo 95. Parque Ecológico Distrital.</p>
<p>Secretaría Distrital de Ambiente suscribió con la EAAB-ESP el Convenio 021 de 2005</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “Formular de manera conjunta el plan integral para el ordenamiento y manejo del recurso hídrico del Distrito Capital y avanzar en su implementación”
<p>Decreto 624 de 2007 Alcalde Mayor</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Por el cual se adopta la visión, objetivos y principios de la Política de Humedales del Distrito Capital.

Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico 2010	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “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” (MADS, s.f.[a])
Conpes 3700 de 2011	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Estrategia Institucional para la articulación de políticas y acciones en materia de cambio climático en Colombia
Política Nacional para la Gestión Integral Ambiental del Suelo (GIAS)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “Promover la gestión integral para la conservación del suelo en Colombia, en las dimensiones social, ecológica, económica y política, esto es en lo ambiental, en un contexto en el que confluyan la conservación de la biodiversidad y la calidad del agua y del aire, el ordenamiento del territorio y la gestión de riesgo, con el propósito de garantizar la seguridad, autonomía y soberanía alimentarias del país, una economía sostenible y el bienestar de los colombianos” (MADS, s.f.[d])
Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “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 y a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil” (MADS, s.f.[c]).
Ley 1523 del 2012	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adopción de la Política nacional de gestión del riesgo de desastres y del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) Adaptación al cambio climático como parte del proceso de reducción del riesgo de desastres
Plan Nacional de Desarrollo 2014-2018 Estrategia Crecimiento Verde	
Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático	
Decreto 298 del 2016	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “Por el cual se establece la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático y se dictan otras disposiciones”

Decreto 298 del 2016	<ul style="list-style-type: none">▪ Organización y el funcionamiento del Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA).
Política Nacional de Cambio Climático	<ul style="list-style-type: none">▪ “El objetivo de la Política Nacional de Cambio Climático es incorporar la gestión del cambio climático en las decisiones públicas y privadas para avanzar en una senda de desarrollo resiliente al clima y baja en carbono, que reduzca los riesgos del cambio climático y permita aprovechar las oportunidades que este genera” (MADS, 2017)

Nota: Esta tabla trata de ser lo suficientemente general y mostrar las políticas nacionales y normas que rigen el tema de cambio climático, conservación de ecosistemas y manejo del recurso hídrico, por ello, puede que hayan normas de inferior jerarquía que se hayan omitido, debido a que no son objeto de investigación dentro del marco legal, pero si un referente importante a resaltar. Fuente: SDA, 2017.a; Ministerio del Medio Ambiente, 2002; MADS, 2017.

IV. Metodología

8. Descripción de etapas

Las etapas que se presentan a continuación corresponden a los resultados de los objetivos propuestos en este trabajo de investigación. El marco teórico y los anteriores ítems, han sido la base fundamental para el desarrollo metodológico y la coherencia en función del objetivo general descrito³¹.

8.1.Etapa I. Análisis de los Componentes Ambientales y relaciones de los modelados del paisaje.

Para el desarrollo de la etapa 1 de la presente investigación se recogió información alojada en diferentes bases de datos de entidades e instituciones de carácter público y privado, que permitieran, conocer el estado de los diferentes componentes del paisaje (Tabla IV-1) para su análisis integral. Esta información era tanto escrita, proveniente de artículos científicos, trabajos de grado, acuerdos, etc., como espacial o cartográfica (mapas en pdf, shapefile, etc.)³².

Se adopta la metodología propuesta por Montoya-Rojas (2015), donde se resaltan como “aspectos dinamizadores del territorio” los componentes atmosférico, hidrosférico, geoesférico y biosférico, que permiten comprender la dimensión ambiental del paisaje, discerniendo la importancia que recibe cada una de las variables que interactúan en el área de estudio y la forma en que éstas dependen o repercuten sobre otras variables (recordando

³¹ Cabe recordar que el presente estudio se encuentra dentro del marco del proyecto de investigación: Análisis Edafoclimático, para la Adaptación al Cambio Climático, dirigido por la Dra. Grace Andrea Montoya Rojas.

³² A través de esta diversidad de información también se facilitó la adecuación o nivelación de las escalas de trabajo tanto entre los datos como con el área de estudio.

el concepto de geosistema); además, está el componente antroposférico como la dimensión que reúne las dinámicas y procesos inherentes a la actividad humana y que configuran el territorio. La información utilizada y sus respectivas fuentes se pueden apreciar en la tabla IV-1.

Para la selección y análisis de los modelados del paisaje, se diseñó un transecto que aborda las principales geoformas del área de estudio. Luego, mediante el software Google Earth, se generó un perfil altitudinal del transecto con la única finalidad de percibir las diferencias en la topografía, y así mismo las características, de las geoformas.

Tabla IV-1. *Matriz de información cartográfica obtenida, fuente, escala y año*

INFORMACIÓN	ENTIDAD	ESCALA	AÑO
Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca	IGAC	1:100.000	(2000)
La vocación de uso del suelo.	IGAC	1: 500.000	(2015)
Capacidad de uso de suelo	IGAC	1:100.000	(2000a)
Uso del suelo	IDEAM	1:100.000	(2015a)
Conflicto de uso del suelo	IGAC	1:100.000	(2012)
Zonificación de tierras	IGAC	1:250.000	(2000c)
Distribución propiedades químicas de los suelos	IGAC	1:250.000	(2000b)
Mapa de ecosistemas continentales, Costeros y marinos de Colombia	IDEAM	1:100.000	(2015)
Mapa de Ecosistemas de la jurisdicción de la CAR	CAR & IGAC	1:100.000	(2006)
Taxonomía de suelos por orden	IGAC	1:100.000	(2016)

Cobertura de la tierra	IDEAM	1:100.000	(2012a)
Temperatura media anual	IDEAM	Escala nacional	(2012b)
Precipitación total anual	IDEAM	Escala nacional	(2012c)
Clasificación Climática Caldas - Lang	IDEAM	Escala nacional	(2012)
Geopedología	IGAC	1:100.000	(2012b)
Modelo hidrogeológico conceptual de la Sabana de Bogotá	INGEOMINAS	1:100.000	(2002)
Mapa de referencia de Bogotá D.C.	IDECA	1:1.000 a 1:25.000	(2017)
Hidrogeología de la Sabana de Bogotá	CAR & IGAC	1:350.000	(2011)
Oferta Ambiental	IGAC	1:100.000	(2012a)

Nota: Esta información se usó tanto para el desarrollo del primer objetivo como el resto del trabajo. Fuente: Elaboración propia.

8.2.Etapa II. Síntesis de información edafoclimática y escenario climático 2011 – 2040.

La Etapa II consistió en el análisis de la información edafoclimática a partir de insumos obtenidos en el IGAC en diferentes años (1995; 2012), con la finalidad de identificar el régimen de temperatura y humedad predominante en el área de estudio y luego analizar esa información en prospectiva bajo los escenarios climáticos que proporciona el IDEAM et al. (2015a) en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.

Esta etapa tiene como finalidad poder encontrar e interpretar una posible asociación entre los escenarios climáticos y un posible cambio en las propiedades edafoclimáticas, recordando que el clima ambiental repercute de forma directa sobre el clima del suelo mediante la alteración de variables como temperatura, precipitación, humedad, evaporación, viento y radiación solar.

Los escenarios climáticos fueron facilitados por el IDEAM, junto con una base de datos espaciales y de otras características que respaldan las observaciones y análisis de la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático. Aun así, estos también se encuentran alojados en el catálogo de mapas online del SIAC³³.

³³ Sistema de Información Ambiental de Colombia.

8.3.Etapa III. Matriz de síntesis.

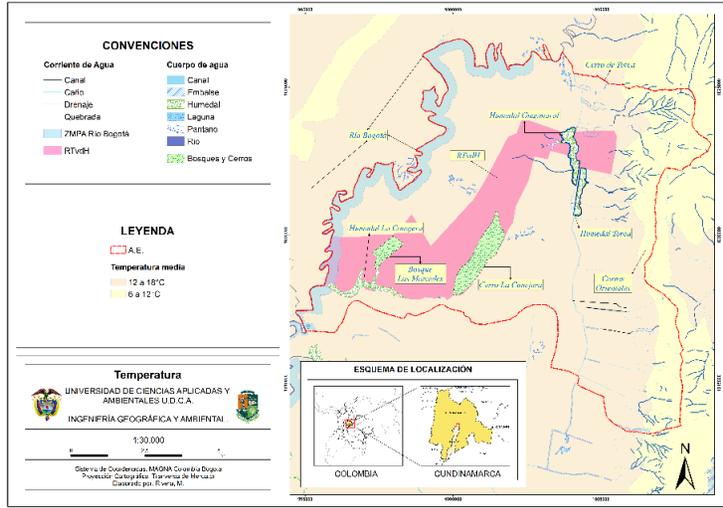
El resultado de esta etapa es un análisis matricial que resume o sintetiza lo obtenido de las etapas anteriores, y lo compila de forma que permita analizar las principales zonas de vulnerabilidad frente a variabilidad climática tras el cruce con la información proporcionada por reportes y escenario climático 2011 – 2040 del IDEAM. El alcance de esta última etapa es generar este análisis matricial como herramienta conceptual para la toma de decisiones prospectivas en torno al manejo y gestión de recursos e intervención de áreas estratégicas.

V. Resultados

9. Etapa I. Diagnóstico de los Componentes Ambientales y relaciones de los modelados del paisaje.^{34 35}

9.1. Componentes ambientales.

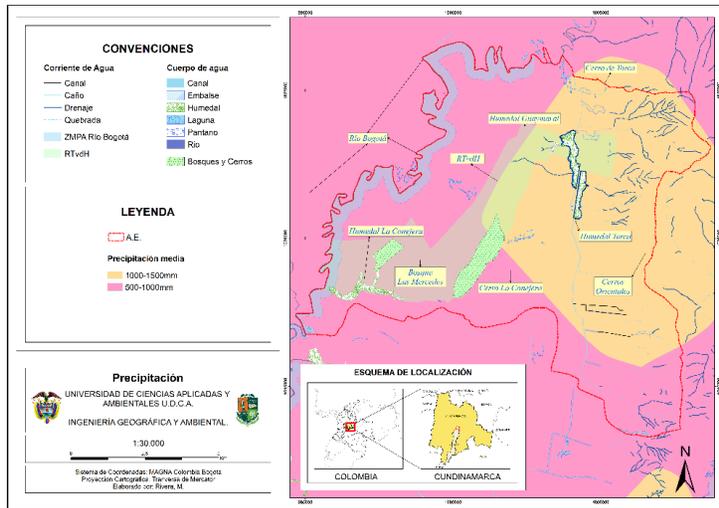
Tabla V-1. Variables de los componentes ambientales analizados.

	Mapa	Descripción.
Componente Atmosférico.	 <p>CONVENCIONES</p> <p>Corriente de Agua: Canal, Cauce, Drenaje, Quebrada, ZIMPA Rio Bogota, RTVCH</p> <p>Cuerpo de agua: Canal, Embalse, Humedal, Laguna, Pantano, Rio, Bosques y Cerros</p> <p>LEYENDA</p> <p>A.E.</p> <p>Temperatura media</p> <p>12 a 18°C</p> <p>6 a 12°C</p> <p>Temperatura</p> <p>UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES U.D.C.A.</p> <p>INGENIERIA GEOGRAFICA Y AMBIENTAL</p> <p>1:30.000</p> <p>Oficina de Coordinación MONGA Cota de la Bogota Proyecto Cartografía Temática de Menudo Clasificado por: Rivera, M.</p> <p>ESQUEMA DE LOCALIZACIÓN</p> <p>COLOMBIA</p> <p>CUNDINAMARCA</p>	<p>La temperatura promedio del área de estudio está entre 12 y 18 °C, predominando en las partes más altas (Cerros orientales y cerro Majuy en Cota) las temperaturas entre los 6 y 12 °C.</p>

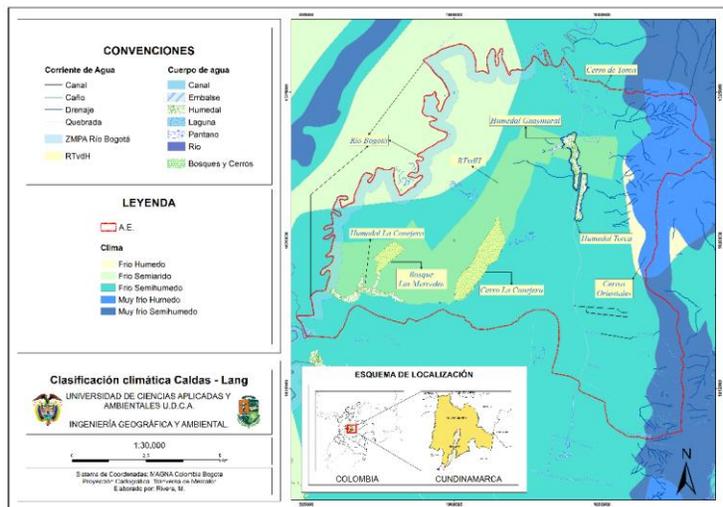
³⁴ Como nota aclaratoria, el “A.E.” de los mapas que se presentan hace alusión a “Área de estudio”.

³⁵ Los mapas mostrados que no poseen fuente son de elaboración propia con datos ya expuestos en la metodología. Por lo mismo, ninguno de ellos fue listado como *Figura* para mantener también el orden del documento.

Componente Atmosférico.

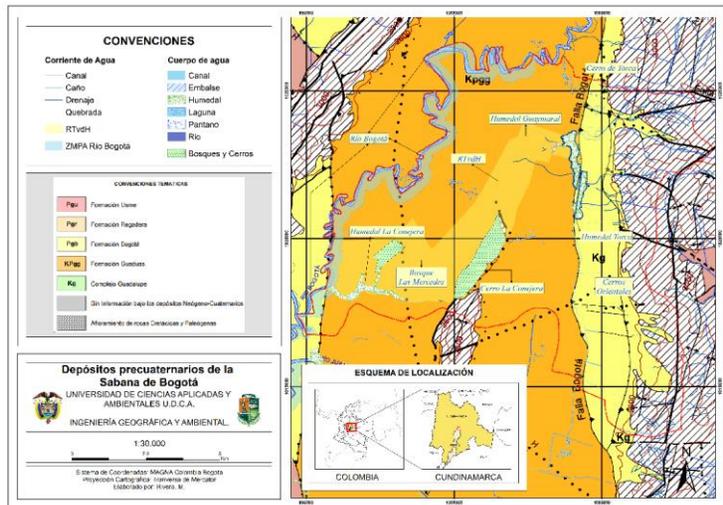
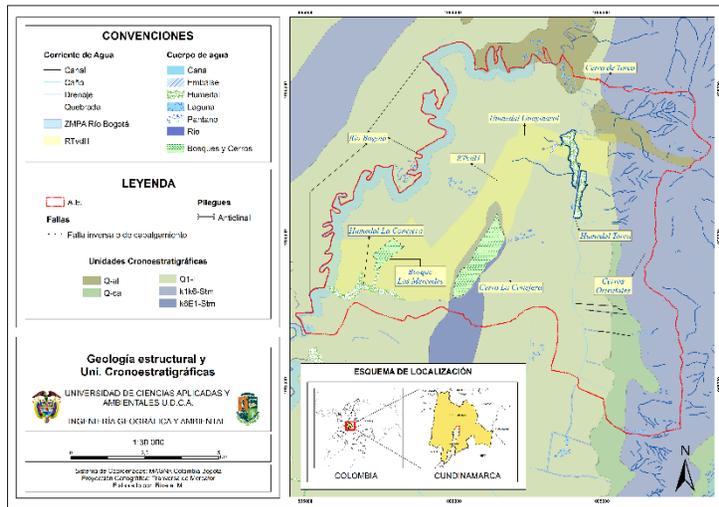


En cuanto a la precipitación total anual, hay una considerable concentración de las mismas en los Cerros Orientales y un área adyacente que encierra el humedal Torca – Guaymaral. Aun así, la mayor concentración de lluvias es en la zona de barlovento, que corresponde al flanco oriental de la cordillera oriental, en el piedemonte llanero; por lo que las nubes a esta parte del país llegan menos cargadas de humedad, y por tanto no hay tanta lluvia.



La clasificación climática de Caldas – Lang reúne los parámetros anteriores y la elevación del lugar para definir 25 regiones climáticas a lo largo del país. En la zona de estudio, hacia el costado noroccidental, se presenta un clima frío semiárido; en el área que soporta el Humedal Torca – Guaymaral, La Conejera, y la red de drenaje que abastece a estos hay una dominancia de un clima frío semihúmedo. A lo largo del tramo oriental del área de estudio que corresponde a los Cerros Orientales, hay una predominancia de muy frío semihúmedo, con una presencia particular de muy frío húmedo y frío húmedo hacia el costado nororiental, donde las pendientes son más suaves.

Componente Geofísico.



La geología estructural del área de estudio se compone del anticlinal de Bogotá, el cual pasa por el costado oriental. Éste se halla fragmentado en varias secciones, de las cuales se puede destacar el anticlinal de Usaquén por su extensión dentro de la cuenca Torca. Por otro lado, hacia los cerros de Majuy, en el municipio de Cota, se presenta una falla de tipo longitudinal que se “desprende del Cerro de Cota, continuando bajo la cobertura cuaternaria, conectándose con la Falla de Bogotá al sur” (Velandia Patiño & De Bermoudes, 2002).

Las unidades cronoestratigráficas que se pueden evidenciar en la cuenca son:

- Q1-1 → Data del pleistoceno, y se describe como arcillas, turbas, y arcillas arenosas con niveles delgados de gravas. Localmente, capas de depósitos de diatomeas. Esta se encuentra justo donde están los cuerpos de agua.
- La unidad k6E1-Stm → Arcillolitas rojizas con intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino, mantos de carbón en la base y data del Maastrichtiano-Paleoceno; además de que está vinculada estructuralmente a la Formación Guaduas.
- La unidad k1k6-Stm → Soporta los Cerros Orientales. Se describe como shales, calizas, fosforitas, cherts y cuarzoarenitas. Con predominio de facies finas al norte del Cocuy y facies más arenosas al sur. Ésta data del Cenomaniano-Maastrichtiano.

Componente Geosférico.

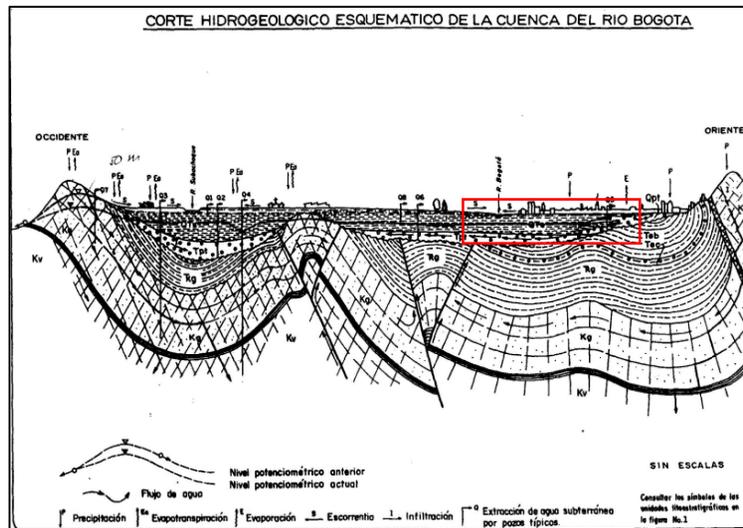


Figura V-1. Corte hidrogeológico cuenca Río Bogotá
Fuente: Uscátegui, 1992.

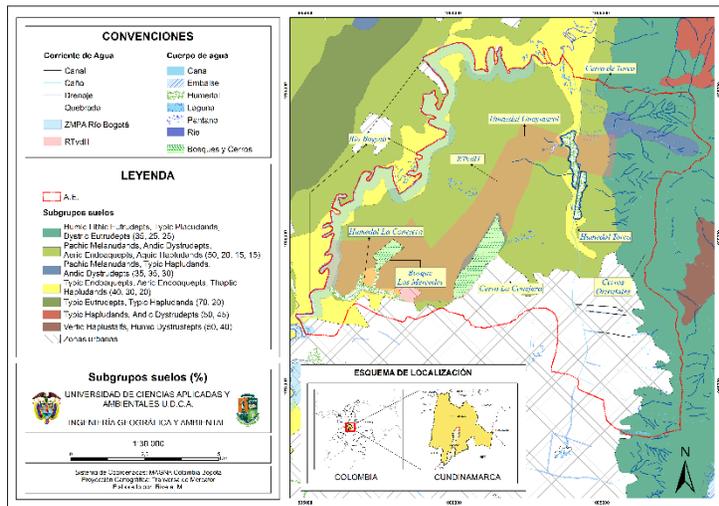
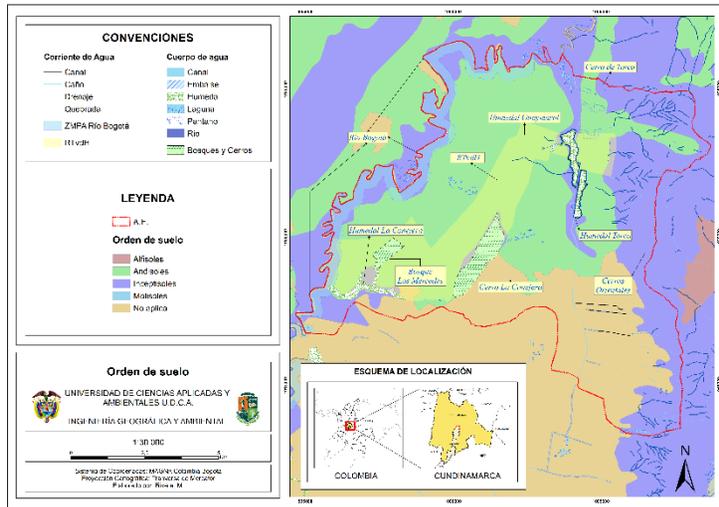
El gran soporte del área de estudio es la Formación Guaduas (KPgg). Esta formación es producto de la planicie costera baja y plana, donde se depositaron arcillas y arenas traídas por ríos (Van der Hammen, 1998). Estos formaron extensas zonas pantanosas, donde se acumulaban los restos de plantas, formando lo que se conoce como turberas (Van der Hammen, 1998).

La formación Guaduas se ubica sobre la formación Guadalupe (Kg) (Uscátegui, 1992), la cual data ~70 – 65 millones de años (final del Cretáceo) cuando aún el mar cubría el área actual de la Sabana de Bogotá. La formación Kg tiene una composición característica de areniscas, provenientes de las playas con las que tenía contacto el mar.

En épocas más recientes, se depositaría la Formación Sabana, la cual corresponde a la parte superior del relleno lacustre del gran lago de la Sabana de Bogotá (Según Hubach como se citó en Uscátegui, 1992).

“Está compuesta en su mayor parte por capas horizontales, poco consolidadas, de arcillas plásticas grises y verdes, y en menor proporción por lentes y capas de arcillas turbosas, turbas, limos, arenas finas hasta gruesas, restos de madera y capas de diatomita. También hay numerosas capas de cenizas volcánicas” (Uscátegui, 1992, p. 6)

Componente Geosférico.



Predominan los suelos del orden andisol (producto de cenizas volcánicas depositadas que al mezclarse con el humus de la vegetación formaron una capa de grosor considerable).

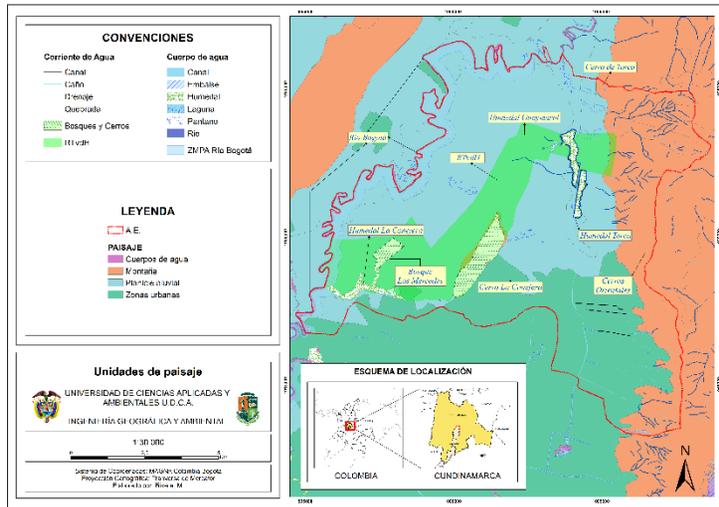
A nivel de subgrupo hay una predominancia de los Pachic Melanudands (50%), seguido de Andic Dystrudepts (20%), Aerico Endoaquepts (15%) y Aquico Hapludands (15%).

Por otro lado, el río Bogotá, el Cerro La Conejera, los Cerros Orientales, el humedal La Conejera y el humedal Torca – Guaymaral, se asientan sobre suelos del orden inceptisol. Siendo estos suelos de “evolución baja a media, ubicados en zonas estables a través del tiempo, con algún grado de desarrollo, fertilidad viable” (IGAC, 2010, p. 21). Como se puede evidenciar, suelen encontrarse en las zonas de influencia de los ríos hasta en zonas montañosas y muy húmedas.

Debajo del humedal Torca – Guaymaral y Humedal La Conejera subyace el subgrupo Typic Endoaquepts (40%), seguidos de Aerico Endoaquepts (30%) y Thapptic Hapludands (20%).

El Cerro La Conejera y los Cerros Orientales, pertenecen al subgrupo Humic Lithic Eutrudepts (35%), seguido de Typic Placidands (25%) y Dystric Eutrudepts (25%).

Componente Geofísico.

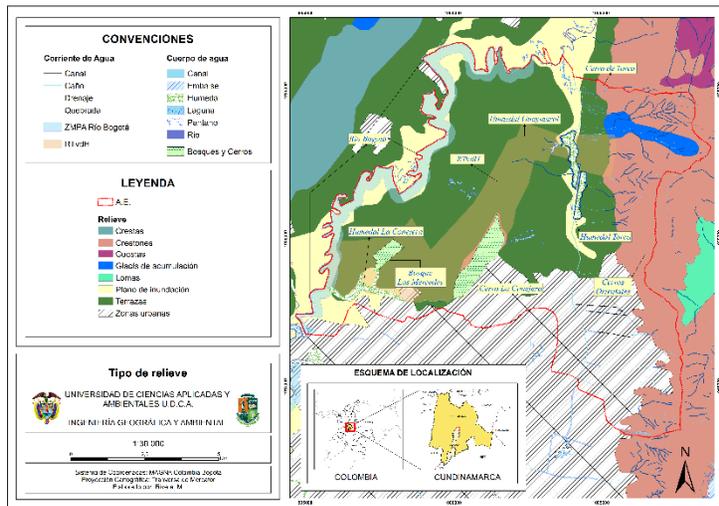


Los cuerpos de agua (humedales y río Bogotá) descansan sobre unidades RLOa, que se caracterizan por pertenecer a un paisaje de planicie y un tipo de relieve de planos de inundación.

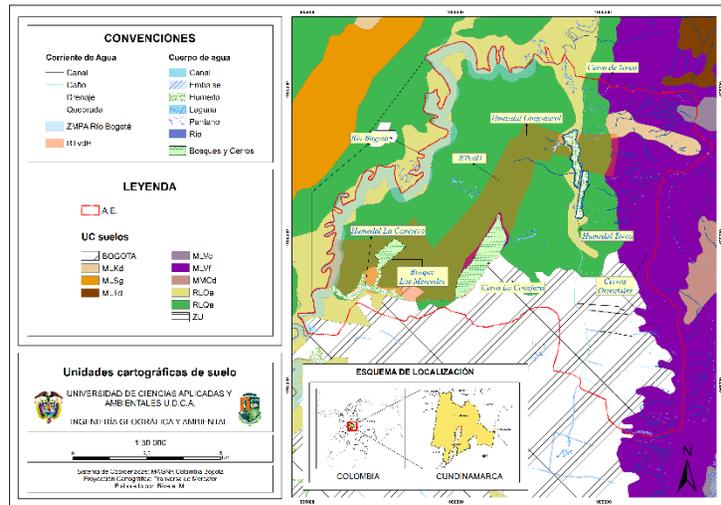
Sobre el símbolo RLQa descansan los tipos de relieve terraza, que consiste en plataformas sedimentarias originarias de los sedimentos que el río ha ido depositando a los lados de su cauce.

Los Cerros Orientales y el Cerro La Conejera obedecen a un paisaje de montaña, de tipo crestones. Esos pertenecen a la unidad cartográfica MLVf, que poseen limitación en profundidad por contacto lítico y pendientes de 12% a 75%.

Hacia el costado nororiental, se presenta un tipo de relieve de glaci coluvial (MLKd), caracterizado por un relieve ligera a moderadamente quebrado, con pendientes de 7.12% y 12-25% (más suaves en comparación con los MLVf); afectado sobre todo por erosión hídrica laminar ligera y frecuente pedregosidad superficial. Este subpaisaje que resalta sobre la unidad MLVf por su aislamiento, posee un suavizado del relieve debido al recubrimiento de cenizas volcánicas (IDEA, 2006).



Componente Geosférico.

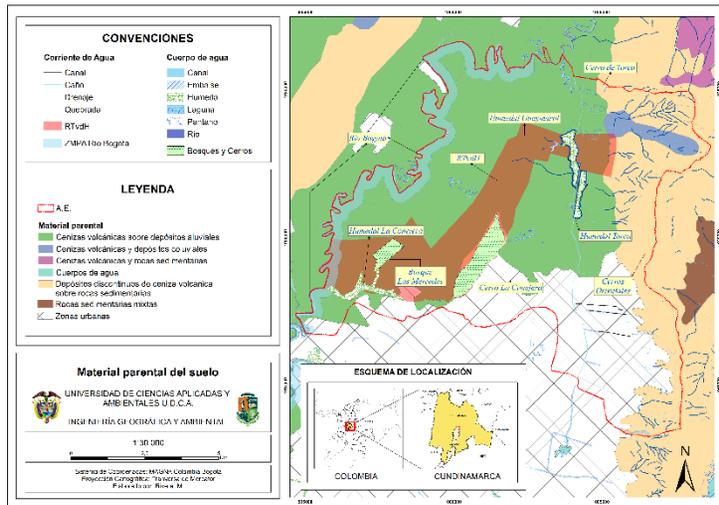


En el Contrato 034/96 de “Diseño y ejecución de obras en el humedal La Conejera” llevado a cabo por el Consorcio Juan Amarillo (como se citó en E.S.P. & Fundación Humedal La Conejera, 2003), se indica que sobre el área del humedal La Conejera se presentan suelos de dos ambientes geomorfológicos:

- Aluvial: Producto de la acumulación de materiales traídos y depositados por los ríos y la acción lacustre.
- Estructural: Producto de la disgregación en el tiempo de las rocas sedimentarias que forman las colinas y los Cerros de Suba y La Conejera.

En el Plan de Manejo Ambiental del Humedal Guaymaral (2006) y del Humedal Torca (2006a), se identificaron las siguientes geformas: Laderas de acumulación, escarpes y frentes estructurales, pendientes estructurales y crestas redondeadas y pedimentos

Componente Geosférico.



El material parental se compone principalmente de cenizas volcánicas sobre depósitos aluviales, concretamente la parte plana de la Sabana de Bogotá. Hacia el norte de Bogotá, lugar donde se encuentra el área de estudio, “los limos y las arcillas orgánicas son los más compresibles, por tratarse de suelos blandos en proceso de consolidación” (Preciado, 2000).

Los suelos de la Sabana de Bogotá, poseen, a rasgos generales, intercalaciones entre capas de ceniza volcánica (que se depositó hace ~30.000 años), junto con arenas y arcillas.

La llanura de inundación conformada por la terrazas altas y bajas del río Bogotá y sus tributarios, está compuesta de limos orgánicos superficiales y de capas de arcillas plásticas (Preciado, 2000). El material parental de la unidad RLOa (planos de inundación) son depósitos clásticos hidrogénicos y sectores mantos de ceniza volcánica (IGAC, 2000). Para la unidad RLQa (terrazas) el material parental es mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos hidrogénicos.

Para la unidad MLVf (crestones Cerros Orientales), el material parental son rocas clásticas arenosas, limoarcillosas y químicas carbonatas con algunos depósitos de ceniza volcánica (IGAC, 2000).

La unidad MLKd (glacis coluvial), posee un material parental de mantos de ceniza volcánica sobre depósitos clásticos gravigénicos (IGAC, 2000).

Componente Hidrosférico.

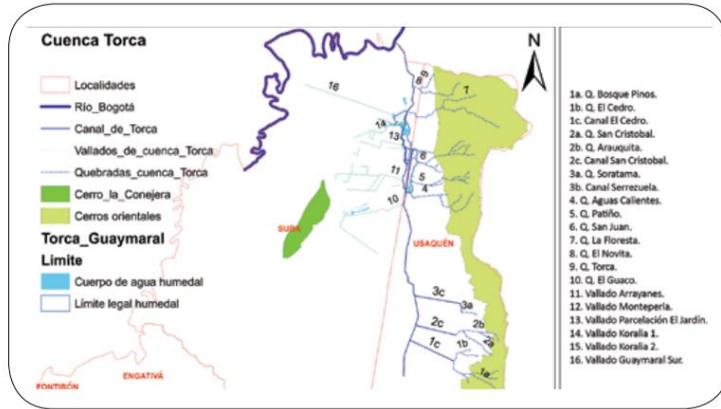


Figura V-2. Hidrografía cuenca Torca.
Fuente: Caho et al., 2015.

9. Q. El Novita también almacena agua lluvia que escurre por los cerros orientales
10. Las quebradas no descritas comunican o desembocan directamente con el humedal Torca.

Por otro lado, tal y como lo señala Caho et al. (2015) era tan alta la materia orgánica y la carga de sedimentos que llevaba el canal Torca hacía el humedal, que saturó su capacidad de almacenamiento y fue necesario comunicarlo mediante un canal perimetral con el humedal Guaymaral (recordando que antes era un solo complejo de humedales).

Componente Hidrosférico.



Figura V-3. Humedal Torca
Fuente: EAAB, 2015.

Dentro del área de estudio se pueden encontrar 2 humedales:

- El humedal Torca – Guaymaral posee una extensión de aproximadamente 79,93 ha y pertenece a las localidades de Usaquén y Suba; esto se debe a que, mediante el artículo 19 de 1994, se declararía a Torca como perteneciente a la localidad de Usaquén y el de Guaymaral a la de Suba. Esta división se debe al establecimiento de la Autopista Norte en el año 1952 que es la frontera entre las dos localidades, dividiendo de igual manera al humedal en 3 cuadrantes: El humedal de Torca, el humedal Guaymaral y la franja en el separador de la Autopista Norte.

Componente Hidrosférico.

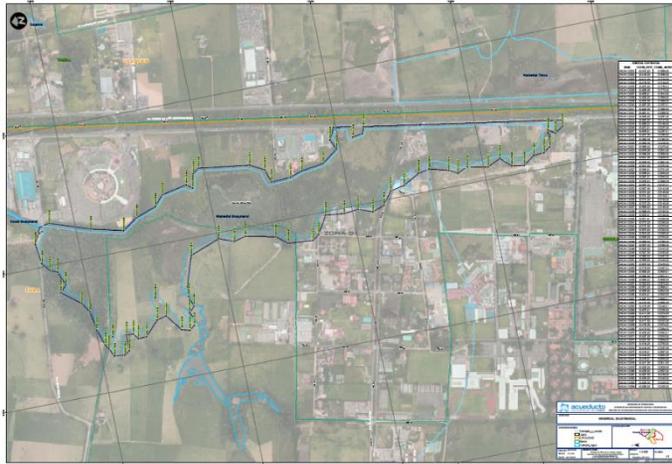


Figura V-4. Humedal Guaymaral
Fuente: EAAB, 2015.

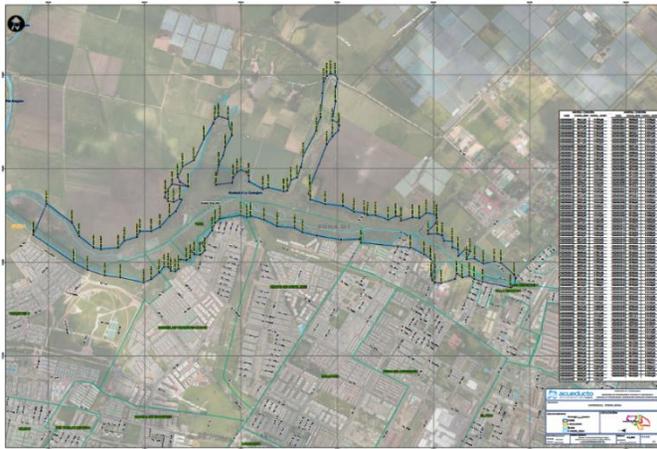
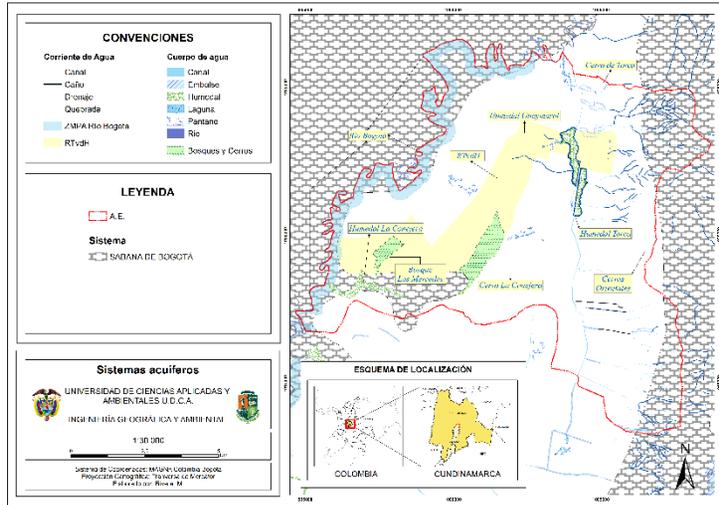


Figura V-5. Humedal La Conejera.
Fuente: EAAB, 2015.

El humedal La Conejera posee una extensión cercana a las 58.8 ha, pertenece a la localidad de Suba y mediante el Acuerdo 019 de 1994 se declaró como humedal.

La ciudad de Bogotá posee una vasta densidad de humedales los cuales se han visto comprometidos y fragmentados por infraestructura para transporte y el nivel de intervención y afectación por urbanización, construcción de vías y rellenos, potrerización y contaminación (Moreno, García, & Villaalba), fenómeno observado desde el año 1538 (Secretaría Distrital de Ambiente, 2017).

Componente Hidrosférico.



El sistema acuífero SAM4.6. Sabana de Bogotá, identificado en el Estudio Nacional de Agua (IDEAM, 2014), es uno de los “principales sistemas explotados para actividades económicas motores de desarrollo regional y nacional” (IDEAM, 2014, p. 142), pensando además que este sistema podrían suplir las necesidades de abastecimiento de aquellas subzonas hidrográficas que cuentan con un índice de aridez moderado a deficitario en el área hidrográfica Magdalena – Cauca (IDEAM, 2014).

Como se puede apreciar, este sistema no se contiene en su totalidad en el área de estudio; sólo llega a cubrir un sector del trayecto del río Bogotá en el costado occidental y una parte de los Cerros Orientales. También hay una zona a destacar y es la que ingresa a la capital soportando en humedal La Conejera y sus corrientes de agua, alcanzado la parte inferior del Cerro La Conejera.

Componente Hidrosférico.

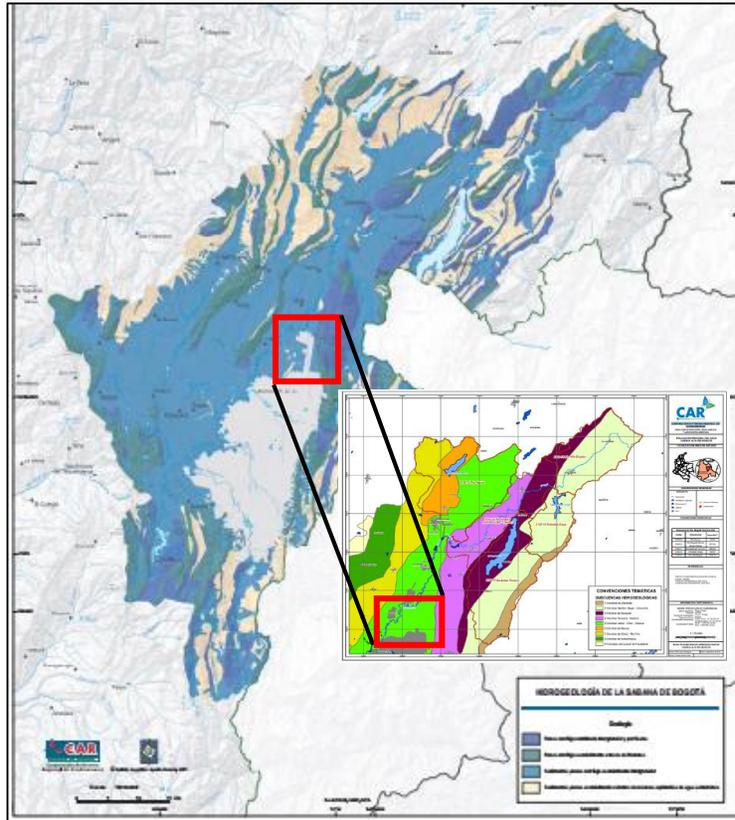


Figura V-6. Hidrogeología de la Sabana de Bogotá.
Fuente: CAR & IGAC, 2011; CAR, 2015.

Los Cerros de Suba y La Conejera están conformados por sedimentos y rocas esencialmente carentes de recursos explotables de agua subterránea (CAR & IGAC, 2011).

La CAR (2015), ubica al área de estudio sobre la subcuenca hidrológica Sinclinal Usme - Chía – Checua, estando bordeada por la subcuenca Sinclinal Teusacá – Suesca (que predomina sobre los Cerros Orientales).

Recarga de acuíferos → El complejo acuífero neógeno – cuaternario es la mayor zona de recarga de aguas lluvias, estando ubicada cerca de los bordes de la planicie ya que allí las capas son generalmente más permeables (Fragala & Neira, 2011). De igual manera, la principal fuente de recarga del acuífero paleógeno son los bordes internos de la cuenca. Para el resto de las áreas de la cuenca se dificulta la infiltración o recarga de acuíferos debido a la predominancia de arcillas aflorantes, sin embargo, esto es una ventaja importante para los acuíferos libres o superficiales locales (INGEOMINAS, 2002); como todas las unidades de esta cuenca están relacionadas y forman una unidad hidráulicamente conectada (INGEOMINAS, 2002), otra fuente de recarga de los acuíferos en la zona interior es la que representan las corrientes superficiales en periodos húmedos, ya que los cauces en la parte plana son pocos profundos alcanzando a estar en contacto con los sedimentos o capas arcillosas.

Componente Hidrosférico.

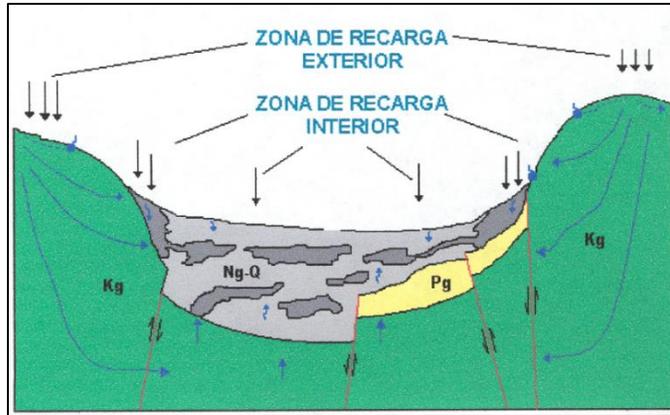


Figura V-7. NgQ: complejo acuífero neógeno-cuaternario; Pg: complejo acuitardo del paleógeno; Kg: complejo acuífero Guadalupe.

Fuente: INGEOMINAS, 2002

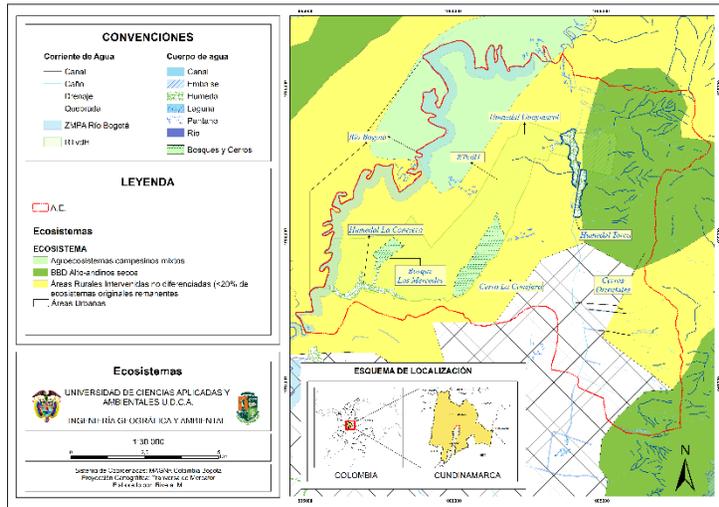
A nivel exterior, la principal zona de recarga es la que corresponde a los cerros o cadenas montañosas, donde el agua lluvia y la condensación del vapor de agua contenido en los poros y fisuras de las rocas aflorantes, se infiltra para alimentar el complejo Guadalupe.

Descarga de acuíferos → La descarga de los acuíferos en la zona interna de manifiesta por medio de los manantiales y las zonas donde hay contacto con corrientes superficiales como río, quebradas y humedales. La zona externa por su parte, hace su descarga por flujos ascendentes en el complejo Guadalupe, y mediante manantiales y corrientes subsuperficiales que se dirigen a los valles.

La E.S.P. & Fundación Humedal La Conejera (2003) indica que

“la extracción de agua del cauce del Humedal a nivel superficial y freático se presenta de manera ocasional sobre el sector norte del Humedal La Conejera; los responsables en la mayoría de los casos han sido empresas dedicadas a la floricultura” (p. 169).

Componente Biosférico.



Según la CAR e IGAC (2006), hacia el noroccidente del área de estudio, en los límites con el municipio de Chía y Cota, se evidencian agroecosistemas campesinos mixtos, que obedecen a uno de los principales sectores económicos de estos municipios. Además, casi la mitad (775.372 ha) del área de la jurisdicción CAR, está clasificada bajo la categoría áreas rurales intervenidas no diferenciadas (<20% de ecosistemas originales remanentes), categoría de mayor presencia en el área de estudio.

Van der Hammen (1998) generó de los primeros acercamientos al estudio de la cuenca alta del río Bogotá desde la vegetación potencial. En el Plan Ambiental de la cuenca alta del Río Bogotá que generó para la CAR, especificaba la presencia de cierta vegetación y ecosistemas potenciales para la integridad y conservación de la zona.

Respecto a la vegetación potencial (cobertura que había en principio antes de la intervención del ser humano, y es la que se desarrollaría libremente en una recuperación natural (Van der Hammen, 1998)), Van der Hammen indicaba que hacía la parte oriental se debían establecer franjas extensas (a lo largo de los Cerros Orientales) de Bosque Alto Andino en la parte más alta y Bosque Bajo Andino cerca del piedemonte o laderas. Además, en la ronda del río Bogotá y en el área donde se encuentra el humedal Torca – Guaymaral junto con el canal Torca que se extiende hacía el extremo sur donde recoge el agua de las quebradas que descienden por los

Componente Biosférico.

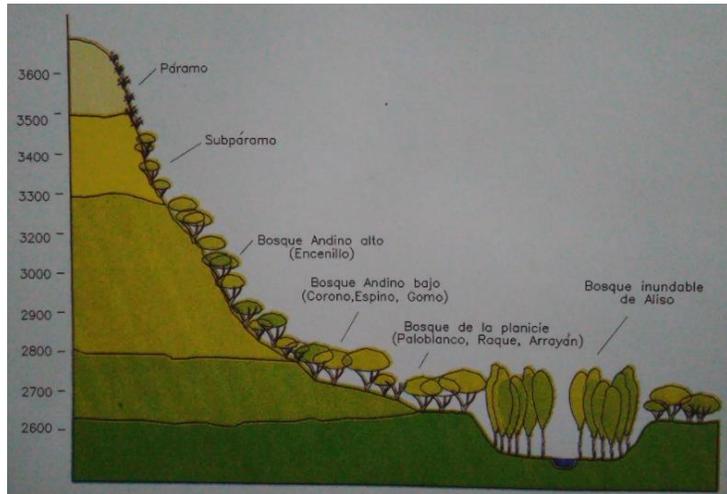


Figura V-8. Perfil altitudinal con vegetación potencial de la Sabana de Bogotá.

Fuente: CAR, 2014.

Cerros, propone una vegetación equivalente a Bosque de Zona Inundable, particularmente con especies como el Aliso. En la mayoría de la extensión de la parte plana de la Sabana, propone un Bosque de planicie, compuesto de Paloblanco, Raque y Arrayán.

- Bosque Andino Alto predominan por encima de los 2.750 – 2.800 m.s.n.m. hasta los 3.330.
 - Bosque de Encenillo.
 - Otras especies como: Pegamoscos, Canelo, Gaque, Espino, etc.
- Bosque Andino Bajo que se encuentran en las laderas interiores que rodean la Sabana de Bogotá. Son bosques relativamente bajos que pueden llegar a tener de 8 – 15 metros de alto.
 - Bosque de Corono, Espino y Raque.
 - Otras especies como: Cerro, Arrayán, Encenillo, Cordoncillo, Corono, etc.
 - Bosque de Planicie, de Palo Blanco, Raque y Arrayán.
 - Con remanentes en la localidad de Suba. Otras especies abundantes como: Té de Bogotá, Cerezo, Aliso, Arboloco, Chilca, etc.
 - Bosque de Mano de Oso y Gomo.
 - Cubren las partes bajas de los Cerros Orientales de la Sabana. Otras especies

UNIDAD	COBERTURA	TIPO	COMPOSICIÓN
Bra	Bosque	Rastrojo alto	Parches de vegetación en la parte plana y sectores de los cerros en palo banco y raque asociados con arrayán, te de Bogotá, cerezo, arboloco, chilca, encenillo, laurel.
Ca	Cuerpo de agua	Humedal	Zonas de espejo de agua del Humedal.
Vpa	Vegetación acuática	Alta de pantano	Comunidades de juncos, eneas, polígono, lengua de vaca y duarte.
Vpb	Vegetación acuática	Baja de pantano	Comunidades flotantes de buchón, asociado a helecho colorado acuático, hepáticas acuáticas y lenteja de agua.
Pa	Pastos	Potreros con árboles	Pasto kikuyo asociado en el terreno
ZSV	Zonas sin cobertura vegetal	Áreas construidas	Zonas de vivienda y agroindustria.

Figura V-9. Unidades de Paisaje para el Humedal La Conejera
Fuente: E.S.P. & la Fundación Humedal La Conejera, 2003.

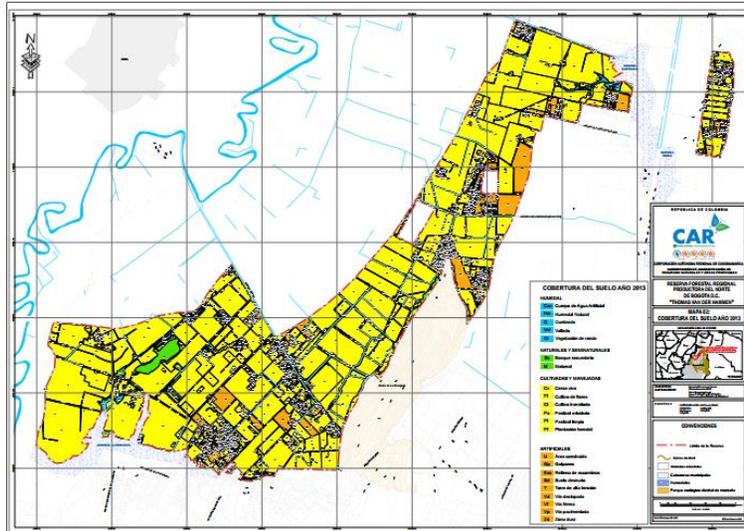


Figura V-10. Coberturas del suelo para la RTvdH, año 2013. Escala 1:10.000.

Fuente: CAR, 2014.

como: Trompeto, Espino, Cedrillo, Raque, Corono, Chusque, Arrayán, Tuno, Laurel de Monte, etc.

- Bosque de Roble.
 - Se cree que en algún momento pudieron existir bosque de roble en la zona interior de los Cerros de occidente y sus piedemontes.

Sobre la parte correspondiente a los Cerros Orientales es bastante común encontrar bosques aislados de eucalipto, alisos y algunos sauces y partizales o potreros (IDEA, 2006).

Para el humedal La Conejera, Matallana (como se citó en E.S.P. & Fundación Humedal La Conejera, 2003), proporcionó una síntesis de las diversas coberturas presentes en el humedal, asociadas a una unidad de paisaje (la definición de éstas varía según la escala de trabajo).

En la RTvdH se identifica un relicto de bosque ubicado más al norte del humedal La Conejera, correspondiente al Bosque Las Mercedes (color verde prominente en la Figura V-18). Este bosque es denominado como “bosque medio denso subhúmedo secundario en planicie aluvial del río Bogotá” (CAR, 2014). Este bosque no sólo es un relicto aislado, sino además actúa y funciona en conjunto con una serie de matorrales que proporcionan conectividad sistémica (conectividad de carácter ecológico, bajo la funcionalidad del sistema (si se degrada habrá pérdida de funcionalidad)) y

Componente Biosférico.

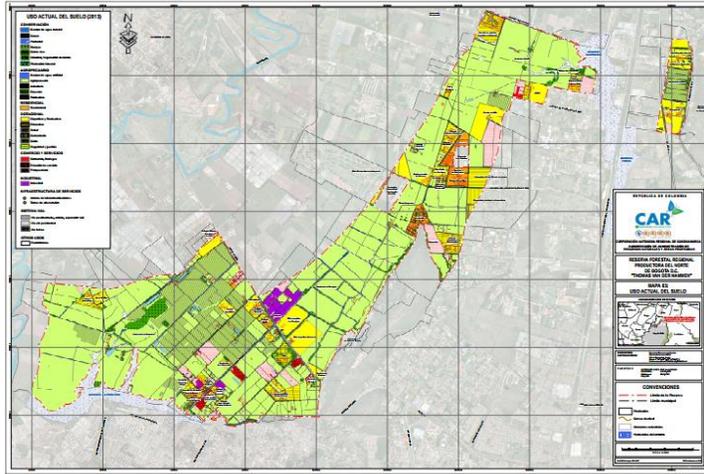


Figura V-11. Uso actual del suelo. Escala 1:10.000.
Fuente: CAR, 2014.

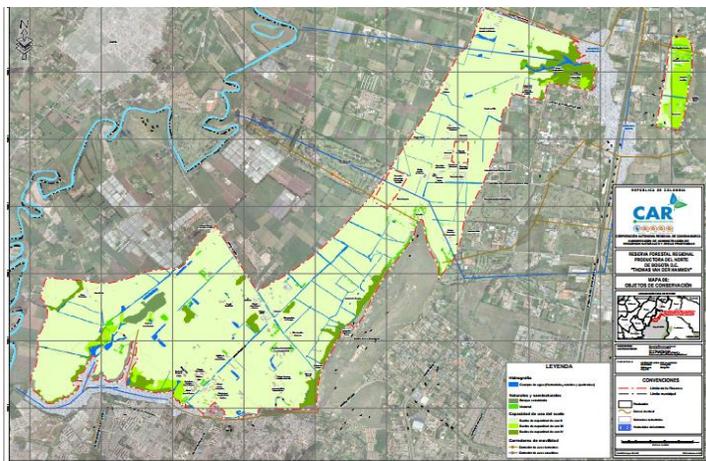
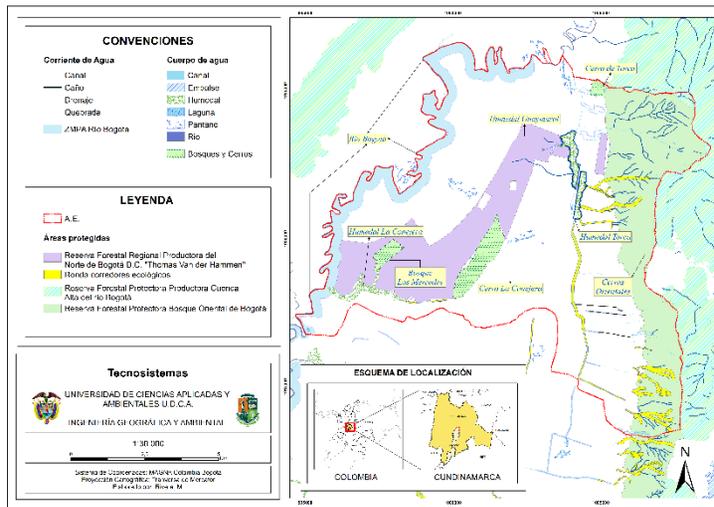


Figura V-12. Objetos de conservación de la RTvdH.
Escala 1:10.000.
Fuente: CAR, 2014.

física (conectividad por medio de corredores físicos (suelo, agua, etc.)) a la RTvdH con el humedal La Conejera y la ronda del Río Bogotá. “El bosque Malezas de Suba o Bosque de Las Mercedes es el relicto de bosque más representativo de la Sabana de Bogotá y ocupa el 0,76% de la reserva; los matorrales ocupan 25,12 ha equivalentes al 1,80%” (CAR, 2014).

Componente Antroposférico.

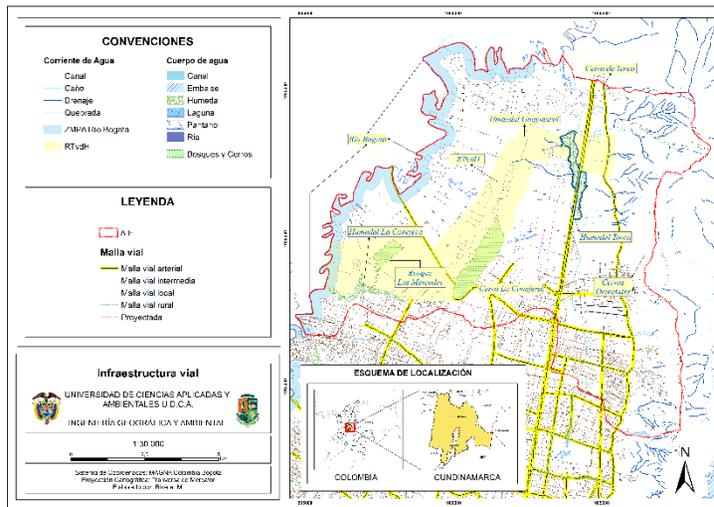


Los Tecnosistemas hacen alusión a los instrumentos legales que protegen y conservan áreas en específico, y es un concepto que se recoge de Montoya-Rojas (2015).

Dentro del área de estudio se puede observar la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá, como la zona de protección del bosque de los cerros orientales, la Reserva Forestal Protectora Productora - RFPP - Cuenca Alta del Río Bogotá, como el área de protección de la cuenca del río Bogotá en su tramo norte y varias áreas de protección y estratégicas a nivel Distrital.

Por un lado, está la Reserva Thomas Van der Hammen, la cual se ha buscado que por medio de un corredor ecológico se conecte con los cerros orientales. Esta reserva nace en la localidad de Suba, y es un lugar estratégico para el mantenimiento y conectividad de varios ecosistemas como humedales, el río Bogotá, Bosque Las Mercedes, cerro La Conejera y la parte oriental.

Componente Antroposférico.

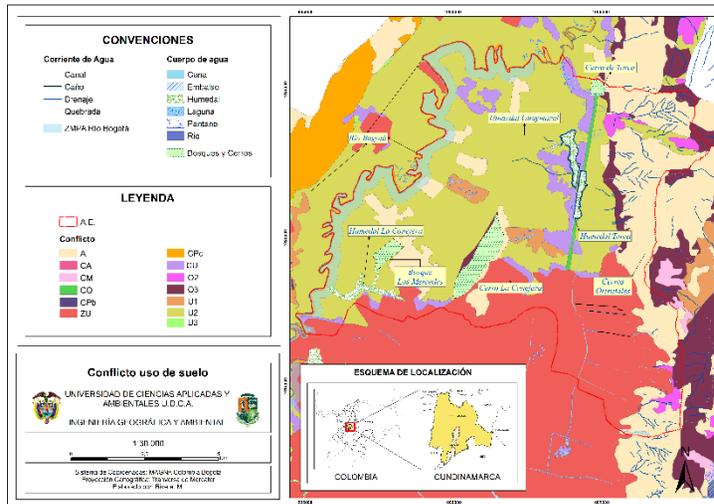
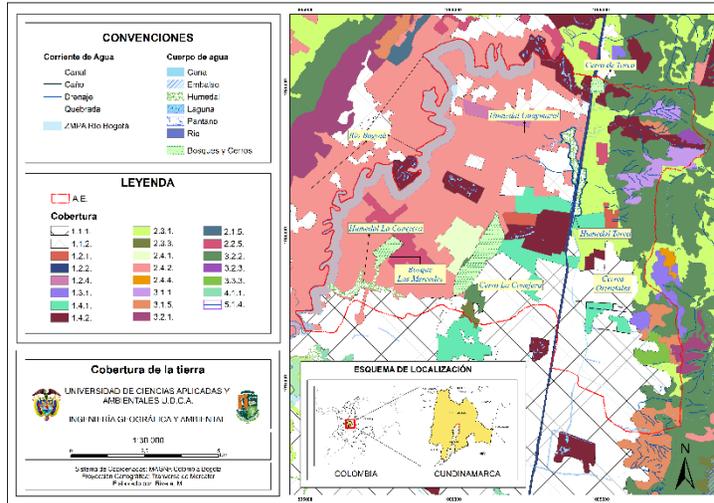


Respecto al desarrollo vial, hay un desarrollo vial importante, sobre todo más hacia el sur del área de estudio que comprende las localidades de Suba y Usaquén, donde se distingue una densidad importante de malla vial local. La malla arterial corresponde a las vías más importante y con mayor flujo de vehículos de la ciudad en el tramo norte; son las vías de mayor jerarquía o nivel, actuando como soporte de la movilidad y accesibilidad al área urbana de la Capital.

La malla vial intermedia es la que continua con el siguiente nivel de jerarquía, y conecta la malla local con las principales vías de la ciudad.

Hacia el costado occidental, en la ruralidad del municipio de Suba, hay una presencia significativa de vías de carácter rural, respondiendo precisamente al carácter agrícola y productor de la zona.

Componente Antroposférico.



Las coberturas de la tierra, lo más distinguible es la presencia de tejido urbano discontinuo cercano a los dos humedales. Por otro lado, hay una presencia significativa de cultivos confinados sobre el área de extensión de la RTVdH y el bosque Las Mercedes.

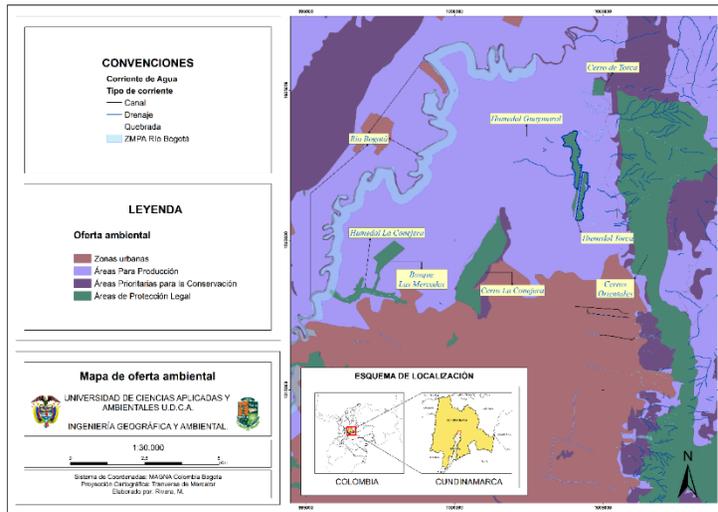
Respecto a conflictos usos de suelo, los parches rosas que se pueden apreciar (A) hacen referencia a usos adecuados y sin conflicto, los cuales predominan en la parte boscosa de los Cerros Orientales, el Cerro La Conejera, áreas adyacentes a Bosque Las Mercedes y pequeñas áreas dispersas al lado de la ronda del río Bogotá.

La mayor parte de la superficie se divide en subutilización moderada (U2) y zonas urbanas u otras coberturas artificiales (ZU).

Hay unos pequeños parches en las zonas NE y SE de color purpura que corresponde a sobreutilización moderada (O2), donde se pueden observar por imagen satelital que hay asentamientos urbanos.

El violeta que predomina en la parte central del área de estudio, por donde se encuentra el canal Torca y los Humedales Torca y Guayamaral, corresponde a conflictos urbanos (CU).

Componente Antroposférico.



La oferta ambiental paisajística es un concepto que utiliza Montoya-Rojas (2011), para “sintetizar las principales características físicas y bióticas de los sistemas ecológicos, con el fin de determinar su aptitud natural y su funcionalidad dentro del ecosistema” (2011, p. 215); así, la oferta ambiental se retoma para esta investigación como el atributo síntesis de “la aptitud natural y funcionalidad” de las UP. La clasificación del territorio por estas unidades funcionales es:

Áreas de aptitud ambiental o ecológica:

- “Son aquellas que por su función y características especiales no deben incluirse en sistemas de intensa producción socio-económica, algunas se podrían inclusive excluir completamente del enfoque productivo y pasaría a tener una misión netamente conservacionista, puesto que presta servicios ecológicos, guarda las reservas biológicas o favorece la regeneración de las estructuras afectadas por la actividad humana” (Montoya-Rojas G. , 2011, p. 215).

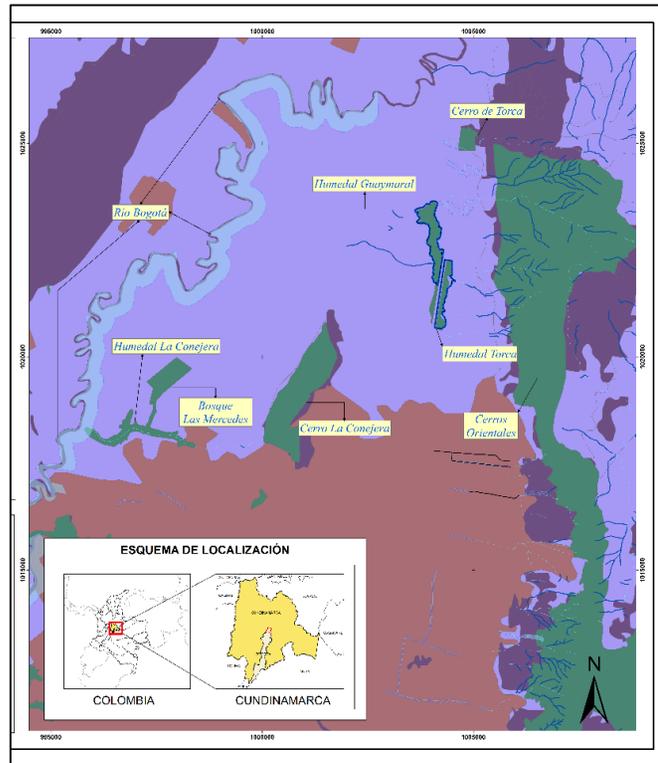
Divididas En:

- Zonas de significancia ambiental.
- Zonas de fragilidad ambiental.

Áreas degradadas:

- “Son aquellas que han perdido su sustentabilidad ecológica, la estructura de estos ecosistemas no permiten

Componente Antroposférico.



los embates de la acción humana sin manifestar un rápido deterioro ecológico, razón por la cual se considera que se encuentran en proceso de degradación, ya que han perdido toda su capacidad de autoregulación y autosustentabilidad” (Montoya-Rojas G. , 2011, p. 215).

Áreas de aptitud para uso socioeconómico:

- “Son aquellas que tienen características físicas y bióticas adecuadas para sustentar tanto la actividad agropecuaria, como la forestal comercial, la minera y turística. Estos sistemas cuentan con una estructura física capaz de resistir la acción humana” (Montoya-Rojas G. , 2011, p. 215).

Se puede distinguir como la mayoría del territorio se clasifica dentro de las Áreas para producción o de aptitud para uso socioeconómico. Se puede observar como los Cerros Orientales, Cerro la Conejera y los humedales pertenecen a las áreas de protección legal por su aptitud ambiental o ecológica, mientras que también en las laderas de los Cerros hay zonas con áreas prioritarias para la conservación.

9.2. Modelados del paisaje y sus relaciones estratégicas.

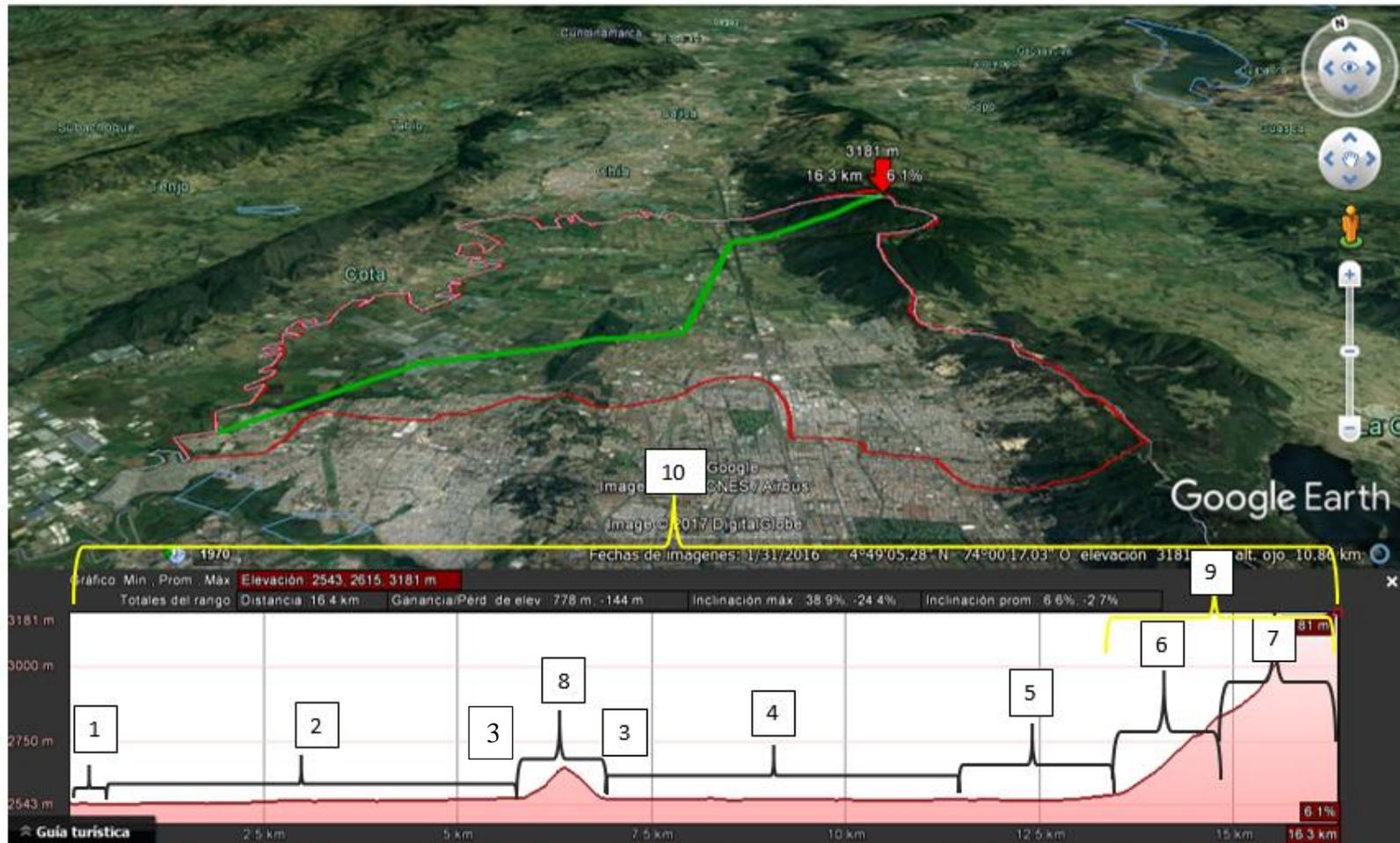


Figura V-13. Transecto que comprende los modelados del paisaje del área de estudio.

Nota: En verde se puede apreciar el transecto que tiene dirección SW – NE, con una longitud cercana a los 16.3 km. Fuente: Elaboración propia a partir de datos obtenidos de Google Earth 2017.

Tabla V-2. Modelados del paisaje y relaciones estratégicas.

	1	2	3	4	5
MODELADO DEL PAISAJE	Modelado aluvial	Modelado lacustre - antrópico³⁶	Modelado gravitacional	Modelado lacustre - antrópico	Modelado lacustre
OCUPACIÓN Y USOS DE SUELO	<p>Suelos mal drenados, limitados por su nivel freático fluctuante, lo que lo hace medianamente óptimo para actividades agropecuarias.</p> <p>Presenta conflictos en áreas pantanosas con pastos, además de algunos conflictos urbanos hacia la parte sur en la localidad de Suba (una franja muy delgada).</p>	<p>Zona que presenta parches de mosaico de cultivos, pastos y cultivos confinados; con una subutilización moderada.</p> <p>Cultivos confinados que comprenden las tierras ocupadas por cultivos bajo infraestructuras de invernaderos, principalmente (flores).</p> <p>Hacia el sur del humedal La Conejera se presenta Tejido urbano continuo, que corresponde al área urbanizada de la localidad de Suba.</p>	<p>Debido a sus fuertes pendientes y profundidad efectiva superficial, son suelos muy limitados para explotación agropecuaria.</p> <p>Su tipo de relieve escarpado y de cresta no facilita la implementación de algunas actividades productivas (agrícolas).</p> <p>Según su vocación son áreas de protección – producción, aprovechable desde la parte forestal.</p>	<p>Se presenta una subutilización ligera.</p> <p>Hay presencia significativa de zonas verdes urbanas, instalaciones recreativas y zonas de carácter arbustal.</p> <p>Son suelos maduros, con alto contenido de materia orgánica y que pueden ser aprovechables para vocación agrícola moderada.</p>	<p>Se presenta una explotación en el área adyacente al humedal Guaymaral, por el costado occidental.</p> <p>Además de presentarse algunos conflictos urbanos debido al tejido urbano discontinuo que se manifiesta.</p> <p>Según el IGAC (2015), está zona tiene una vocación agrícola, con cultivos transitorios intensivos de clima frío.</p>

³⁶ Modelados de fuerzas naturales que aun así han tenido una influencia humana cercana al 70% (intervención humana \geq 70% en la ventana de observación).

<p style="text-align: center;">CICLOS GEOGRÁFICOS Y ASPECTOS ECOLÓGICOS.</p>	<p>Paisaje dependiente, influenciado por los flujos de materia y energía de agradación provenientes del Cerro Majuy (Cota) y Cerro la Conejera.</p> <p>Presenta cobertura boscosa y de galería cercana al río Bogotá, además de arbustales en los sitios de terraza inundable.</p>	<p>Paisaje dependiente. El Bosque Las Mercedes es el último relicto de bosque primario de la planicie inundable de la Sabana de Bogotá.</p> <p>Planicie de origen fluvioacustre, de gran importancia y significancia en sus suelos, y reservas subterráneas de aguas. Es un corredor biológico que mediante su recuperación ha buscado conectar al río Bogotá, el Humedal La Conejera y la RTvdH.</p>	<p>Paisaje de sustento, con suelos más estables. El material que se degrada en esta zona se deposita sobre el flanco occidental (contribuyendo a la Reserva y humedales) y oriental (hacia zonas urbanas y recreativas).</p> <p>El Cerro La Conejera es corredor de conectividad, formando parte del sistema de áreas protegidas del Distrito capital y de la jurisdicción del sector rural denominado Borde Norte.</p>	<p>Baja conectividad entre los ecosistemas pantanosos o humedales y las áreas adyacentes a la ronda del río Bogotá y Bosque Las Mercedes.</p> <p>Son paisajes dependientes, a manera de que reciben la influencia y el material segregado por el cerro La Conejera.</p>	<p>Paisaje dependiente, (Los Cerros Orientales son su principal contribución respecto a flujo de energía y materia). Según Ramírez et, al. (2008), “El menor nivel de agrupamiento (similitud) se presenta entre los ecosistemas asociados directamente a la ronda del río Bogotá al occidente de la localidad, y el humedal Torca-Guaymaral”. La correlación existente entre el humedal Torca – Guaymaral con los ecosistemas de occidente es deficiente.</p>
---	--	---	---	---	--

	6 y 9	7	8	10
MODELADO DEL PAISAJE	Modelado gravitacional y estructural	Modelado gravitacional	Modelado estructural	Modelado Eólico volcánico
OCUPACIÓN Y USOS DE SUELO	<p>Debido a sus fuertes pendientes y profundidad efectiva superficial, son suelos muy limitados para explotación agropecuaria, además de poseer una fertilidad de moderada a baja.</p> <p>Según la Secretaría Distrital de Planeación (s.f.[a]) “Se ubican 64 barrios: 60 en la Franja de Adecuación, de los cuales 34 están legalizados y 26 se encuentran en proceso de legalización.”</p> <p>Son zonas boscosas rodeadas de zonas urbanas y suburbanas. Estas zonas urbanas se localizan sobre el glacis coluvial, zona propensa a derrubios rocosos o de erosión, que transportan material detrítico, además de encontrarse siempre flanqueados por relieves montañosos que sirve como área de captación de aguas (alto riesgo a deslizamientos).</p> <p>Sobre la parte baja del glacis o en la ladera de los cerros por donde pasa el transecto, se presenta una sobreutilización moderada, mientras que si se va ascendiendo se encuentra uso subutilizado moderado.</p>	<p>Debido a sus fuertes pendientes y profundidad efectiva superficial, son suelos muy limitados para explotación agropecuaria.</p> <p>Su tipo de relieve escarpado y de cresta no facilita la implementación de algunas actividades productivas (agrícolas).</p> <p>Según su vocación son áreas de protección – producción, aprovechable desde la parte forestal.</p>	<p>Debido a sus fuertes pendientes y profundidad efectiva superficial, son suelos muy limitados para explotación agropecuaria.</p> <p>Su tipo de relieve escarpado y de cresta no facilita la implementación de algunas actividades productivas (agrícolas).</p> <p>Según su vocación son áreas de protección – producción, aprovechable desde la parte forestal.</p>	<p>La mayoría de sectores en el área de estudio, según información de uso de suelo, es de subutilización moderada, aunque cerca a los humedales se evidencian conflictos de uso urbano síntoma de hacer un uso para aprovechamiento.</p> <p>En cuanto a instrumentos y marco legal, hay una cantidad considerable de elementos y áreas de protección.</p> <p>Tanto los cerros orientales como los cuerpos de agua presentes en la zona, son áreas de importancia ambiental o ecológica, debido a la oferta de recursos naturales (alimento, oxígeno y agua).</p>

<p style="text-align: center;">CICLOS GEOGRÁFICOS Y ASPECTOS ECOLÓGICOS.</p>	<p>Consiste en un paisaje de sustento, en proceso de denudación, pero con suelos bastante estables, paisajes estables y los cambios que se manifiestan en él son graduales.</p> <p>Por acción del viento, y gracias a que es zona de sotavento, su vegetación no es tan densa.</p> <p>El material que se degrada por acción de la erosión se agrada en las zonas bajas de la cordillera, donde se presentan usos de suelo urbano (flanco occidental).</p> <p>Es un área de conectividad entre varios complejos de páramos, humedales y lagunas.</p>	<p>Paisaje de sustento, con suelos más estables. El material que se degrada en esta zona se deposita sobre el flanco occidental (contribuyendo a la Reserva y humedales) y oriental (hacia zonas urbanas y recreativas).</p>	<p>Posee una zona bastante grande de denudación (cerros orientales) y una gran planicie que conforma una zona de agradación. Otra zona de denudación fundamental para el área de estudio son los Cerros de Cota, que, a pesar de no estar inmersos en la misma, simbolizan otra cadena montañosa de gran contribución a dinámicas del recurso hídrico, migración de especies, etc.</p> <p>A pesar de ser áreas en denudación, estas tienen suelos y paisajes más estables, y los cambios que en ellas se manifiestan o las perturban son graduales.</p> <p>Paisajes dependientes, como los de agradación, son mucho más resilientes a cambios, pero sienten una mayor perturbación, debido al desgaste energético.</p>
---	---	--	--

Nota: La diferenciación entre modelados como el 8 y 3, o 6 y 7 con el 9, o inclusive el 10 (que engloba a todos los demás), es debido a los procesos de conformación distintos que han tenido. Unos son de origen gravitacional, mientras que otros por origen estructural; esto no implica que sea ajenos o totalmente independientes, sólo que predominan diversas fuerzas de transformación y evolución.

Fuente: Elaboración propia.

10. Etapa II. Síntesis de información edafoclimática y escenario climático 2011 – 2040.

10.1. Información edafoclimática.

En el mapa de Regímenes de Humedad de los suelos de Colombia (Figura V-14) que elaboró el IGAC en el año 1995, se puede apreciar una dominancia del régimen údico sobre la mayoría de la extensión del país. En la Región Orinoquía y Amazónica se puede evidenciar unos ramales que apuntan hacia la Cordillera Oriental, que se extienden de forma aleatoria pertenecientes al régimen ácuico. Estos ramales también pueden observarse en menor medida sobre la Región pacífica (a lo largo del río Atrato en los límites con la Región Andina), Región Andina (sobre el trayecto del río Magdalena en la parte norte) y la Región Caribe.

El área de estudio se despliega sobre suelos de régimen údico, conteniendo una pequeña proporción de suelos con régimen ústico hacia el costado occidental (zona de trayecto del río Bogotá) (Figura V-16). El régimen de humedad tanto údico como ústico se cumplen por lo menos en más de 6 años (en un periodo de 10 años) según lo estipulado por el IGAC para el año 1995. El údico puede acumular hasta 90 días consecutivos estando seco, mientras que el ústico más de 90. Los días húmedos acumulados consecutivamente, en el régimen údico, pueden llegar a ser más de 270, mientras que en los ústicos más de 180 y de 90 (IGAC, 1995).

El régimen údico es común a los suelos de climas húmedos que tienen precipitaciones bien distribuidas (USDA, 1998) y regular a lo largo del año.

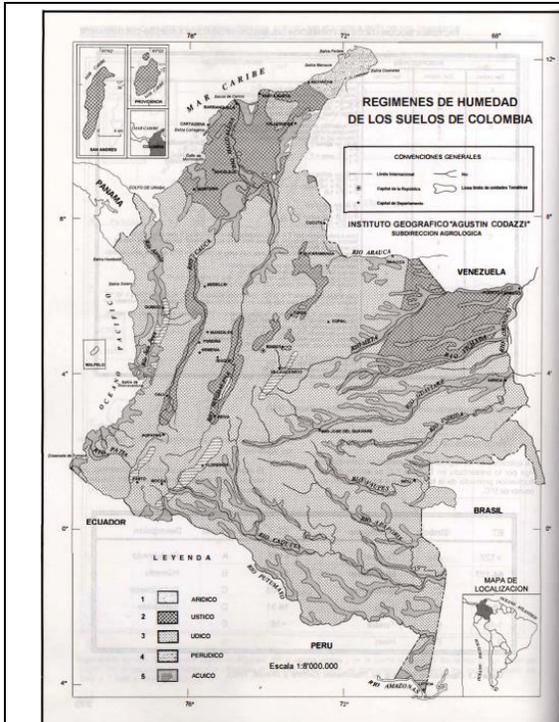


Figura V-14. Mapa de regímenes de humedad en los suelos de Colombia.
Fuente: IGAC, 1995.

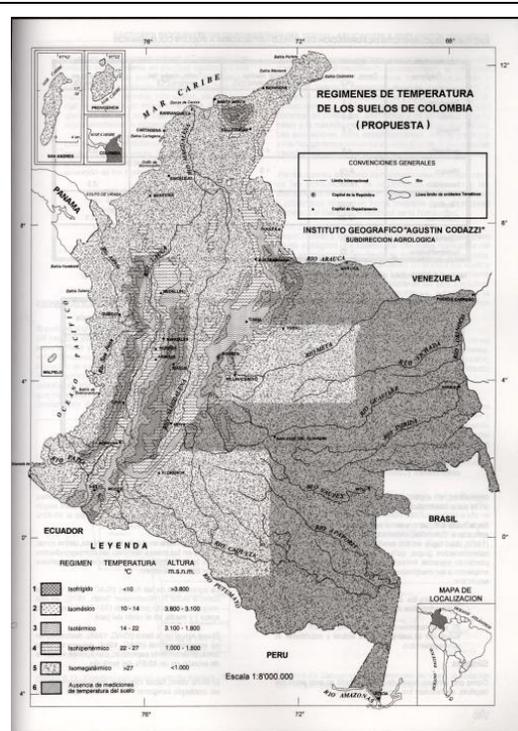


Figura V-15. Mapa de regímenes de temperatura en los suelos de Colombia.
Fuente: IGAC, 1995.

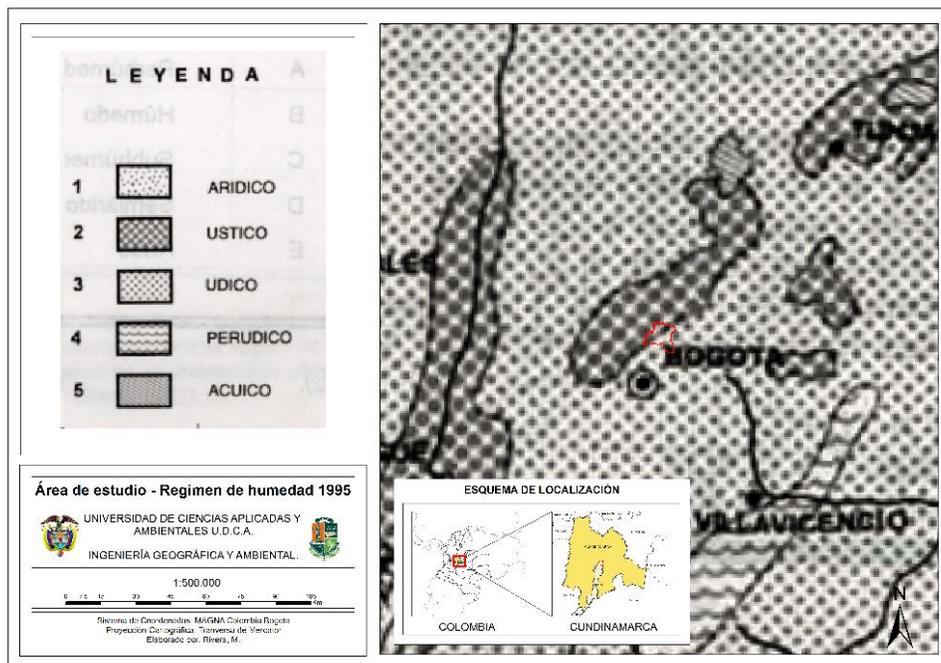


Figura V-16. Régimen údico y ústico en el área de estudio, año 1995.

Por otro lado, en el mapa de regímenes de temperatura de los suelos de Colombia (Figura V-15) también elaborado por el IGAC en 1995, se puede observar la predominancia del régimen isomegatérmico a lo largo del país. La clasificación por régimen de temperatura utilizada es una propuesta que se hace de acuerdo a las condiciones del país elaborada por Castellanos & Callejas (como se citó en IGAC, 1995), con base en el rendimiento óptimo de ciertos cultivos³⁷; además de tener en cuenta la altura sobre el nivel del mar y la temperatura ambiente.

Sobre las 3 grandes Cordilleras del país se puede evidenciar la presencia de otros regímenes de temperatura acordes a la orografía del país y lo que ello implica (en términos de temperatura, vientos, humedad, etc.). El área de estudio se ubica sobre un régimen isotérmico (Figura V-17), que abarca temperaturas desde los 14 °C a 22 °C, y alturas que van de los 1.800 m.s.n.m. y 3.100 m.s.n.m. (IGAC, 1995).

El prefijo “iso” es utilizado para cuando las variaciones térmicas entre el verano e invierno son menores a 5 °C, recordando que este sistema de clasificación proviene de la Soil Taxonomy de la USDA.

³⁷ Las propiedades edafoclimáticas (régimen de humedad y temperatura) son intrínsecas al estudio de suelos ya que determinan los procesos de formación, evolución y productividad (usos agropecuarios) del suelo.

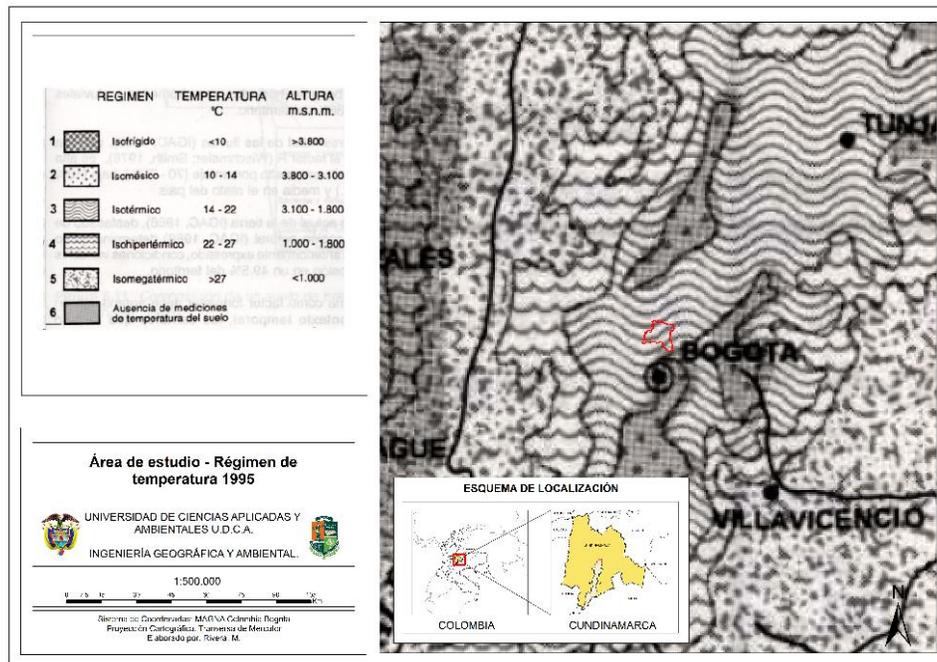


Figura V-17. Régimen isotérmico en el área de estudio, año 1995.

En contraste con información más reciente y a escala mucho más detallada, se puede distinguir como el régimen de humedad údico es el que predomina en el área de estudio, pero también la presencia de otro régimen que interactúa en la zona como lo es el régimen ácuico (Figura V-18).

Este régimen se define para los suelos que prácticamente no contienen oxígeno disuelto porque están saturados de agua³⁸ (USDA, 2010). Es característico de suelos hidromorfos, con un drenaje deficiente y saturados por agua debido a la presencia de una capa freática sin renovación suficiente.

³⁸ Los suelos que están saturados con agua pero contienen oxígeno disuelto, ya sea porque el agua se está moviendo o porque el ambiente es desfavorable para los microorganismos, no se considera ácuico (USDA, 2010)

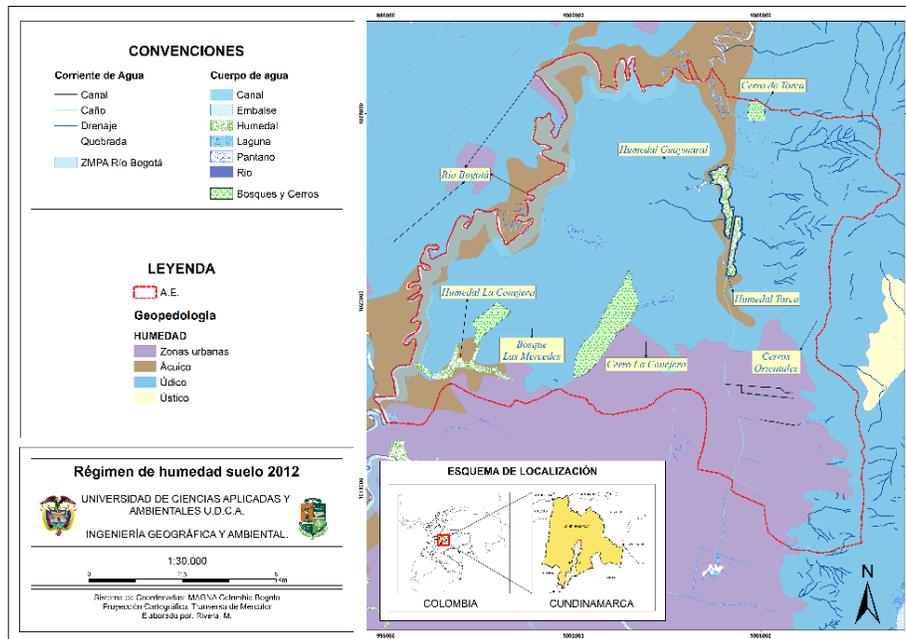


Figura V-18. Régimen de humedad acuico y údico en el área de estudio para el año 2012.

10.2. Análisis información edafoclimática sobre escenarios climáticos.

Para la evaluación del posible impacto que puede tener un escenario bajo condiciones climáticas distintas a las de la actualidad, sobre el paisaje y, así mismo, el suelo, se procedió a interpretar la información climática estimada para los escenarios 2011 – 2040 y los escenarios 2041 – 2070 y 2071 – 2100, como parte de complementación del análisis, proporcionados por el IDEAM et al. en la Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático (2015).

Para el escenario 2011 – 2040 se espera un aumento en la temperatura de 0.51 °C a 0.8 °C en la mayoría del área de estudio, mientras que se podrían esperar unos incrementos de 0 a 0.5 °C en las partes más altas de los Cerros Orientales (Figura V-19). Para el escenario 2041 – 2070, se esperaría un cambio de 1.01 °C a 1.2 °C y de 0.81 °C a 1 °C en algunas partes de los Cerros Orientales (Figura V-20). Finalmente, para el escenario 2071 –

2100, se esperaría un incremento de 1.21 °C a 1.6 °C en toda la superficie del área de estudio, con excepción de pequeños parches o zonas concentradas donde las temperaturas irían de 1.61 °C a 1.8 °C, que analizándolas aparentemente obedecen más a errores o anomalías en los cálculos de los modelos utilizados (Figura V-21).

Cabe destacar que estos escenarios surgen del ensamble multiescenario que hace el IDEAM et al. para la 3 Comunicación, que consistió básicamente en promediar los 4 escenarios que se habían obtenido tanto para temperatura como precipitación en cada uno de los RCP (de lo que se habló en el marco teórico), por lo que más que hablar de si es el escenario más positivo o negativo lo importante es ver cómo pueden estar variando las principales variables climáticas. Otro aspecto, es que evidentemente esta información surge de modelos matemáticos que simulan comportamientos, por eso la distribución espacial de las variables se ve tan “delimitada”.

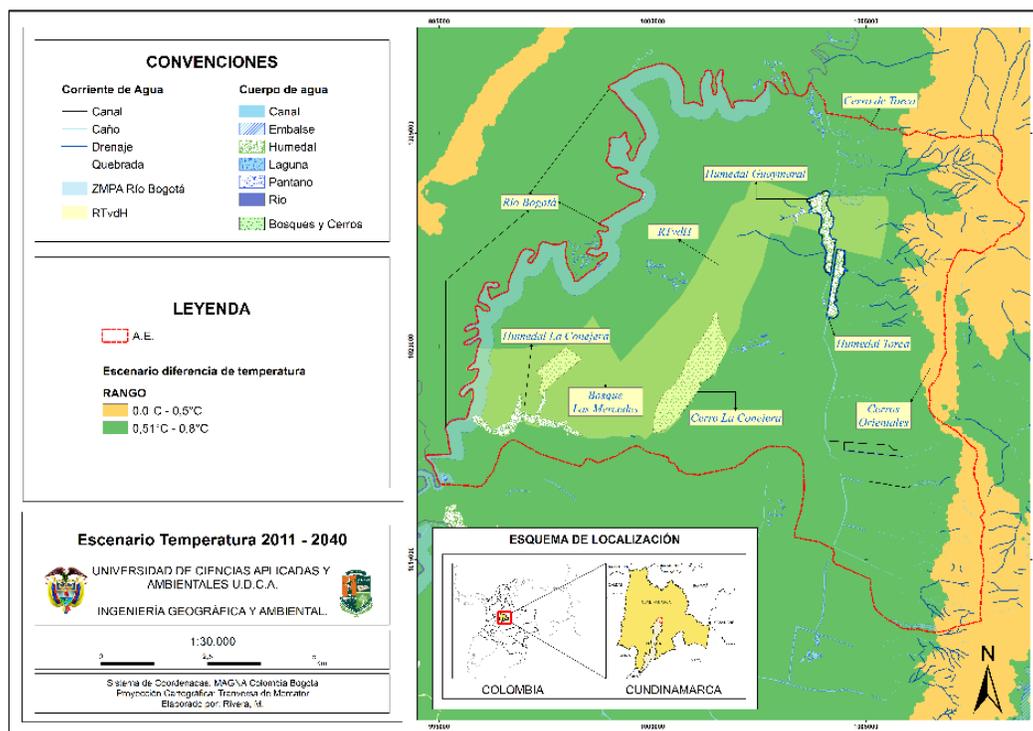


Figura V-19. Mapa de escenario de incrementos en la temperatura 2011 – 2040.

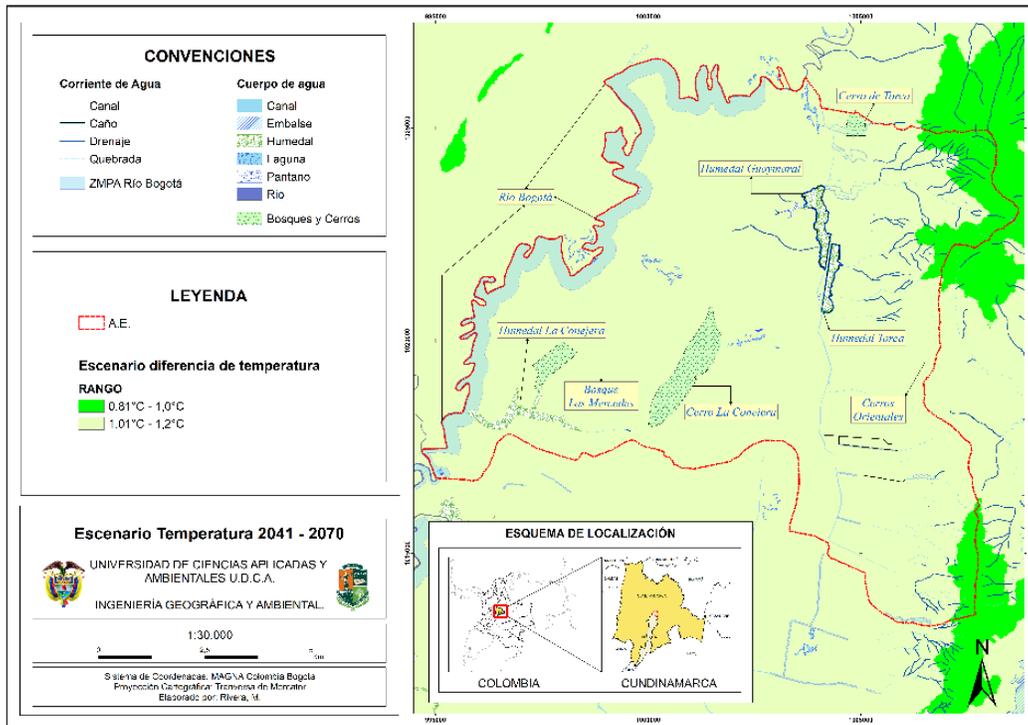


Figura V-20. Mapa de escenario de incrementos en la temperatura 2041 – 2070.

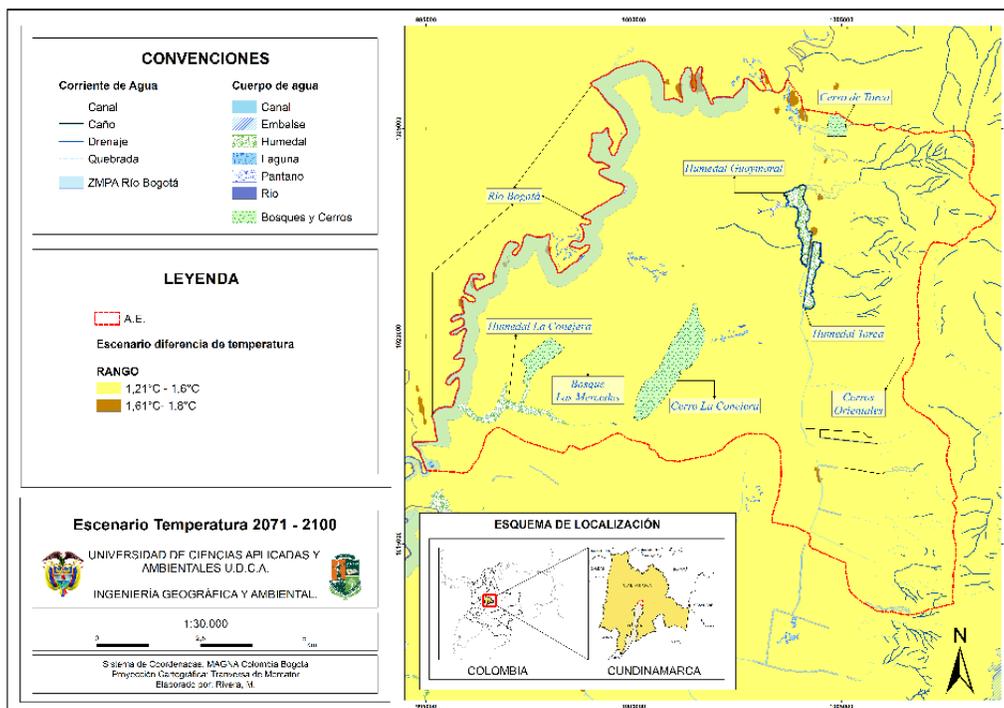


Figura V-21. Mapa de escenario de incrementos en la temperatura 2071 – 2100.

En cuanto a la precipitación, ésta no es tan representativa en términos de que, por la ubicación de Colombia, los modelos utilizados no permiten representar bien los eventos extremos asociados a variabilidad climática, como por ejemplo: eventos ENOS; por lo que no es recomendable usar con total certeza esta información (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2017). Por otro lado, el IDEAM et al. (2017) también resalta que no es evidente una “tendencia clara a aumento o disminución de la precipitación [...]” “y comparando los RCP entre sí, no presentan diferencias significativas modeladas en los volúmenes de precipitación” (IDEAM et al., 2017).

Aun así, con la finalidad de generar una visión de los probables impactos que traería un cambio en los parámetros de lluvia en la zona de estudio, se puede observar que se espera un cambio de 11% a 20% en la mayor parte central del área de estudio. Hacia el costado occidental, las precipitaciones pueden aumentar en el orden de 21% a 30%, particularmente sobre la zona que cubre el humedal La Conejera y gran parte del tramo norte del río Bogotá que atraviesa el área de estudio.

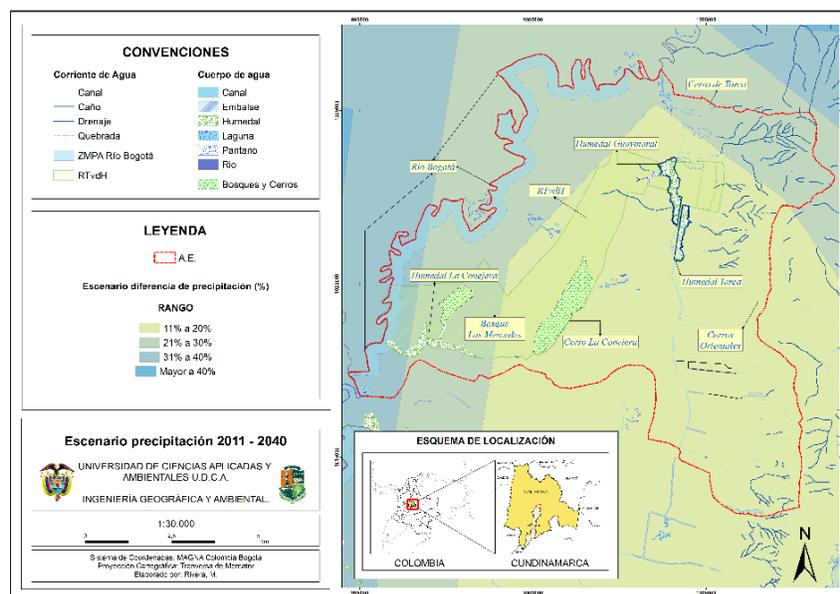


Figura V-22. Mapa de escenario de incrementos en la precipitación 2011 – 2040.

La Tercera Comunicación indica que el Departamento de Cundinamarca, para el periodo 2071 – 2100, reflejará un aumento en la temperatura media de 2.3 °C y un porcentaje de cambio en la precipitación promedio de 8.21, en relación con el escenario de temperaturas y precipitación media de 1976 - 2005 (ventana de referencia por presentar robustez estadística en los datos observados). Para las provincias de Alto, Centro y Bajo Magdalena, así como la Provincia de Medina, se esperarían aumentos hasta de 2.4 °C (con escasez de lluvias), mientras que simultáneamente las provincias de Sabana Centro, Sabana Occidente, Norte de Bogotá (lugar donde se desenvuelve la presente investigación), Ubaté y Almeidas presentarán incrementos en la precipitación de hasta un 30% mayor a los valores actuales (IDEAM et al., 2015).

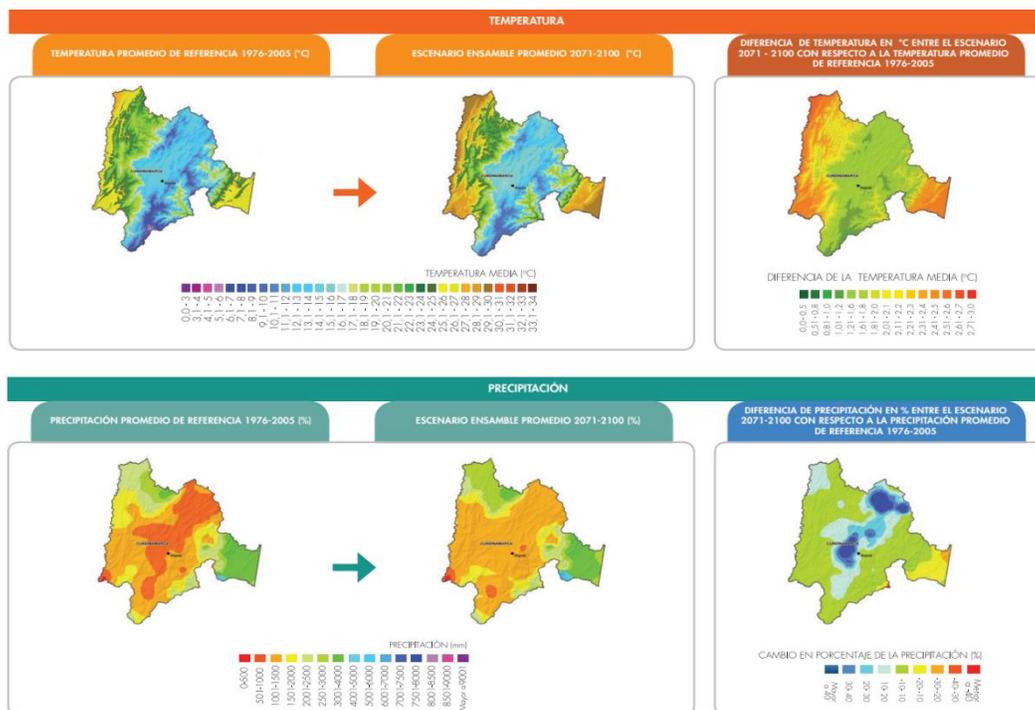


Figura V-23. Temperatura y precipitación promedio para el periodo 2071 – 2100, en el Departamento de Cundinamarca.

Fuente: IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, 2015.

En el cruce de información edafoclimática (IGAC, 2012b) junto con los escenarios climáticos se puede evidenciará como el área de estudio estará sometida a cambios en la temperatura y precipitación. En términos generales, el incremento en la temperatura en el escenario más “favorable” para la ventana 2011 – 2040 no superaría 1 °C, y en el más desfavorable alcanzaría cambios de hasta 1.6 °C, de hecho, analizando todo el informe técnico de la 3 Comunicación Nacional de Cambio Climático, el Distrito Capital tiene de los cambios más bajos esperados (IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA, 2015a). Este incremento, si bien es bastante alto y ya se ha presentado las implicaciones que esto conlleva (desde un inicio del documento), no representa un cambio extremo o radical del régimen de temperatura del suelo. Lo que sí sucedería, y va relacionado con la precipitación, es que se acelerarán los procesos internos del suelo como la meteorización o descomposición de materia orgánica, aumentando los contenidos de carbono en el suelo. Frente a un mal manejo de suelos, este carbono se liberaría agravando el cambio climático por el incremento en los GEI. Así mismo, puede aumentar la fertilidad, desde cuando los suelos no estén en condiciones de saturación hídrica constante o permanente.

Tanto los cambios en la precipitación como en la temperatura tendrán su impacto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Los suelos de régimen ácuico y údico experimentarían mayores contribuciones de agua por precipitación, lo que incidiría en la capacidad o incapacidad para filtrar agua, además de facilitar los procesos de lixiviación y menor oxidación (ambiente reductor).

El análisis detallado de las posibles implicaciones desde diferentes aspectos del cambio climático se presenta en la Etapa III.

11. Etapa III. Matriz de síntesis.

Esta Etapa busca consolidar, sintetizar y recoger lo hecho en los objetivos anteriores, con la finalidad de poder apreciar finalmente de toda la evaluación paisajística hecha y el análisis de relaciones sistémicas, la forma en que la Cuenca Torca es vulnerable a variaciones en la precipitación y temperatura. Para ello, se genera la siguiente matriz que busca resaltar los elementos más importantes de cada Componente Ambiental, para ver cómo están o cuál es su estado actual y como se verá afectado en el escenario climático 2011 – 2040.

Como se mencionó en algún apartado del marco teórico, la vulnerabilidad se puede definir como la “propensión o predisposición a ser afectado negativamente” (IPCC, 2014b, p. 5), por lo que cualquier afectación o impacto negativo que sufra algún elemento o unidad del paisaje estará expresado como un posible cambio y su correspondiente consecuencia negativa, tanto desde aspectos ambientales como económicos, sociales y culturales. Con esto, lo que se pretende es que, si bien se presentan varias consecuencias asociadas al escenario climático y el estado de ciertos elementos paisajísticos, el lector entienda que cada una de esas consecuencias construye la apreciación final y teórica de la vulnerabilidad de la cuenca Torca, así no se especifique de forma explícita el grado de vulnerabilidad.

Tabla V-3. Matriz de componentes evaluados en escenario actual vs escenario 2011 -2040.

	Escenario actual	Escenario 2011 - 2040
Atmosférico	<p>Temperaturas que oscilan entre 12 °C y 18 °C, en la parte plana, y 6 °C – 12 °C en las partes más elevadas.</p> <p>La distribución de las lluvias en promedio anual es mayor en las partes más elevadas (con excepción de un área de influencia que va desde los Cerros y alcanza a vincular al humedal Torca – Guaymaral), alcanzando entre los 1000 a 1500 mm, mientras que hacia el costado occidental disminuyen a razón de 500 – 1000 mm.</p> <p>Predomina la clasificación de Caldas – Lang de frío semihúmedo en la parte plana, mientras que hacia el occidente se encuentra muy frío húmedo y muy frío semihúmedo.</p>	<p>Habrán un incremento en las temperaturas de 0.51 °C a 0.8 °C en la mayoría de la parte plana, mientras que en las cotas más elevadas de los cerros los rangos oscilarán entre los 0 °C y los 0.5 °C.</p> <p>La precipitación por su parte se espera que aumente a razón de un 11% a 20%, aumentando hacia el costado occidental a razón de 21% a un 30% aproximadamente desde las cercanías de la quebrada La Salitrosa. Estos rangos obedecen a un cambio normal y de exceso, respectivamente, según el IDEAM et. al, (2015).</p> <p>Por lo datos anteriores se esperaría una transición a un clima frío semiárido en mayor parte de la Cuenca Torca.</p>
Geosférico	<p>Predominan en toda la cuenca los suelos de orden andisol, que, si bien provienen de la mezcla de cenizas volcánicas junto con humus, estos no poseen una gran fertilidad (deficiencia de fósforo y otros nutrientes), producto de procesos excesivos de lixiviación, cambios en los usos de suelo, pérdida natural de estos elementos, entre otros. Estos suelos tienen una alta capacidad para retener humedad, además de que por los procesos de formación y</p>	<p>Si bien el orden o taxonomía de los suelos no cambia, si lo pueden hacer sus propiedades y afectarlo de una manera u otra. Frente a una mayor contribución de agua, los procesos de meteorización y descomposición de materia orgánica será más rápido. Hay que prestar especial atención al balance hídrico climático, porque frente a los incrementos de temperatura puede aumentar la evapotranspiración y evaporación; si no hay una</p>

evolución geológica, hay gran presencia de sedimentos arcillosos. Lo cual influye en la estabilidad de los suelos.

Todos los cuerpos de agua de tamaño considerable reposan sobre suelos de orden inceptisol. Son suelos de fertilidad viable, a diferencia de los andisoles ubicados en la terraza del río Bogotá; sin embargo, al estar en constante estado de inundación se puede afectar los cultivos. Por otro lado, como ya se mencionó, son suelos que soportan ecosistemas estratégicos, por lo que su aprovechamiento debe estar limitado para protección y conservación.

Geosférico

Con la presencia de zonas muy escarpadas y con pendientes bastante pronunciadas hacia el costado oriental y Cerro La Conejera, es bastante factible la manifestación de fenómenos de remoción en masa y procesos erosivos.

La alta presencia de limos y arcillas compresibles en el suelo, genera un estado de los suelos bastante blandos y que varían según la cantidad de humedad contenida en el mismo

Predominan el régimen de humedad údico, con presencia del régimen acuico en el suelo donde se soportan los ecosistemas acuáticos.

contribución significativa de lluvias, puede presentarse un déficit hídrico.

Por otro lado, si el balance fuese positivo, es necesario prever la constante mecánica de movilización y contracción que sufren los materiales arcillosos del suelo, particularmente porque puede representar un riesgo para la infraestructura y desarrollo humano.

Los parámetros climáticos del suelo podrían cambiar en muchos años, sin embargo, para el escenario 2011 – 2040 es poco probable que se presente una alteración de los regímenes tanto de temperatura como de humedad. El régimen údico que se caracteriza por no tener en su sección de control una sección seca al menos por 90 días consecutivos, se enfrentaría a una mayor contribución de agua al suelo por los escenarios climáticos.

La temperatura, de igual manera, no cambia lo suficiente o de manera drástica como para cambiar el régimen isotérmico del suelo.

En cuanto a las formaciones y características del relieve, será más frecuente poder percibir o sufrir fenómenos de remoción en masa por el constante flujo que recibirán los Cerros en forma de escorrentía.

Hidrosférico

Los cuerpos de agua desde hace muchos años atrás han sido intervenidos para procesos de urbanización y construcciones, y como producto de ello, se puede evidenciar el deterioro en el que está actualmente. Obras como la Autopista Norte o la canalización del canal Torca, han generado la interferencia o alteración del ciclo hídrico de estos cuerpos de agua. El humedal Torca – Guaymaral fue un gran humedal hace muchos años, pero en la actualidad tanto su espejo de agua como áreas boscosas se han reducido considerablemente.

Actualmente el canal Torca en su trayecto recibe aguas residenciales, industriales, vertimientos, desechos sólidos y orgánicos, e inclusive residuos generados de los cementerios adyacentes. Este flujo lo transmite hasta en la intersección de la Autopista Norte, donde traspasa esas aguas y desechos al humedal Guaymaral. Por su parte, el estado del río Bogotá es bastante crítico por los diversos contaminantes agrícolas que recibe y vertimientos del sector de curtiembres (más que todo en la cuenca baja). El humedal La Conejera se ve altamente afectado por la contaminación por vertimientos y desechos sólidos y orgánicos.

De esta forma, no importa las acciones que se implementen para recuperar los espejos de agua o

El incremento de temperaturas representa un problema dentro de la actividad biológica de los cuerpos de agua. Al aumentar los procesos de descomposición, es bastante factible que el agua sea contaminada por carga orgánica y manifieste procesos de eutrofización. Esto teniendo en cuenta, que el gran porcentaje de vegetación actualmente en los humedales son especies invasoras que no permiten el paso de la luz al agua y acaban con el oxígeno, agravando aún más el problema.

Por otro lado, frente a la mayor contribución de lluvias, es indispensable mantener en buen estado los cuerpos de agua mediante un mantenimiento constante, que garantice la adecuación y regulación hídrica frente a fuertes lluvias, para así mismo evitar las inundaciones tan recurrentes en el norte de Bogotá.

Hay que considerar las diversas quebradas, canales, manantiales y en general los puntos de descarga que afloran en los Cerros y que nutren aguas abajo la planicie de Bogotá, porque es bastante probable que incrementen sus caudales considerablemente. Esto se debe a la zona de captación de agua que representa la parte alta de los Cerros y los límites internos de la planicie de la Sabana.

Es posible apreciar que la mayor contribución de agua beneficiará los recursos subterráneos sobre todo en las zonas de recarga mencionadas anteriormente, sin embargo, y conociendo esos puntos que pertenecen

	<p>descontaminar el agua, es necesario controlar desde lo institucional, mediante incentivos, educación, multas, etc., los sectores, personas o industrias que se encargan de deteriorar la calidad del recurso.</p> <p>Se identificaron unas zonas de recarga y descarga importantes para el equilibrio hídrico tanto a nivel subterráneo como superficial, y aunque no se conoce con certeza y exactitud la conexión posible existente entre el agua subterránea y los cuerpos de agua superficiales, poseen alguna dependencia recíproca.</p>	<p>también a la EEP, será necesario implementar mecanismos que faciliten la infiltración de agua y recarga de acuíferos sin comprometer la estabilidad del terreno. Hay que recordar que otras de las vías arterial importantes para la comunicación de la Capital con la zona norte es la Carrera Séptima, la cual pasa por las inmediaciones de los Cerros Orientales.</p>
<p>Biosférico</p>	<p>Son pocas las áreas de vegetación remanente u original en la Cuenca Torca. Por el contrario, muchas áreas de bosque se han deforestado para usos agrícolas, agropecuarios y aprovechamiento forestal.</p> <p>De las coberturas rescatables sólo queda un pequeño remanente que es el Bosque Las Mercedes que posee aun bosque primario y que es fundamental para los procesos ecológicos y biodiversidad de la RTvdH y del humedal La Conejera.</p> <p>La vegetación potencial que planteaba el Van der Hammen, de alguna manera ayudaría a recuperar los valores naturales y ecosistémicos del área de estudio.</p>	<p>El análisis de la vegetación es bastante somero ya que no fue un tema de especial profundización dentro de la semi-evaluación del paisaje.</p> <p>Lo rescatable es que una de las mayores razones que han contribuido a la desestabilización del terreno y la pérdida de agua en el suelo a nivel freático ha sido la plantación de árboles foráneos. Estos, al ser de otras zonas geográficas, son bastante exigentes en el consumo de agua y han impactado negativamente el suelo.</p> <p>Desde hace un tiempo para acá, con los avances de Van der Hammen, se ha buscado reforestar varios puntos estratégicos, además de establecer cercas vivas y corredores forestales, que le devuelvan la naturalidad al área de estudio y contribuir al equilibrio ecosistémico de la región.</p>

Antroposférico

Se pudieron apreciar varios aspectos. Por un lado, que existen instrumentos que protegen y amparan la conservación, protección y restauración de las unidades de paisajes establecidas (elementos de la EEP); pero que muchas son bastante ambiguas e inciertas, porque si bien se reconoce la importancia de la conectividad física y sistémica entre estas unidades, las áreas de oferta ambiental indican que pueden ser aprovechadas para producción. Lo que se debe buscar es un modelo de ocupación y planificación territorial que satisfaga esos principios de conservación, pero también esos índices de subutilización moderada que hay en la mayor parte de la Cuenca Torca, y consolidar una red sostenible.

Esta ambigüedad de la que se hablaba antes es fácilmente evidente cuando se reconocen las áreas con valores ambientales por medio de la información de la EEP o el mapa de oferta ambiental, pero luego se analiza el mapa de uso de suelo o coberturas y se identifican conflictos urbanos en los alrededores, zonas ocupadas para rellenos de escombros, las pocas cercas vivas que hay, las zonas de suelo desnudo, etc.

Resulta preocupante la situación concreta de un área como la RTvdH, que, si bien cuenta con muchos suelos desnudos que son totalmente

Los incrementos en la temperatura y precipitación suponen nuevos retos para los sectores agrícolas y ganaderos. Primero, por la necesidad de buscar e implementar nuevas tecnologías que faciliten y potencian los cultivos frente a condiciones extremas y no sufrir pérdidas. Y segundo, por la reglamentación existente y los compromisos que ha adquirido el país en materia de reducción de GEI, aspecto dirigido con mayor énfasis en la ganadería.

La alteración de los suelos por el incremento en las lluvias y en la temperatura traería consigo mayores procesos de meteorización, descomposición y lixiviación, reduciendo las fertilidades por pérdida de bases y nutrientes básicos.

Frente al desarrollo vial y de infraestructura para servicios y vivienda, hay varios proyectos en la actualidad, que, a pesar de no ser discusión de la investigación, van a reformar varios aspectos de la cuenca Torca. La construcción de puentes, ampliación de autopistas y otras obras suponen un impacto ambiental sobre los recursos naturales y las unidades de paisaje. Sin embargo, ya ha sido un tema común de debate, la forma en que se llevarán a cabo estas obras, y la forma en que tendrán que garantizar la preservación de los elementos de la EEP y la integridad-conectividad de la misma.

improductivos en términos ecosistémicos y ecológicos, hay muchas zonas dedicadas a la ganadería y floricultivos. Los impactos de la ganadería han sido evidentes por la compactación del suelo (producto del pastoreo) y la carga orgánica que cada vez es mayor en los cuerpos de agua; mientras que el sector de flores hace un uso intensivo de los pozos de agua subterránea.

El desarrollo vial se decidió analizar para ver las principales zonas de comunicación y la densidad de vías que hay según sea la zona. Si bien el desarrollo prominente es hacia la parte urbana de las localidades de Suba y Usaquén, hay un gran flujo de vehículos hacia la parte norte de la ciudad y municipios como Chía, Cajicá, Sopó y Zipaquirá. Este fenómeno es producto de la conurbación existente entre Bogotá y municipios aledaños, que obliga a muchas personas a movilizarse a zonas más tranquilas para mejorar su calidad de vida.

La pavimentación excesiva, según sea el material, contribuye a generar el fenómeno de isla de calor, alterando los microclimas; si a eso se le suma la variación ambiental de los parámetros climáticos, será bastante peligrosos para la diversidad y la misma población, las condiciones ambientes que vayan a predominar en la región. Sumando la manifestación de fenómenos asociados a variabilidad climática como el Fenómeno de La Niña y Fenómeno de El Niño, podrán surgir bastantes inundaciones si no se dispone de buenos sistemas de alcantarillado y desagües y podrá verse afectado el grado de sensación térmica de las personas, respectivamente.

VI. Análisis y Discusión.

12. Etapa I. Diagnóstico de los Componentes Ambientales y relaciones de los modelados del paisaje.

Por medio del cumplimiento al primer objetivo de análisis sistémico de los componentes ambientales y el diagnóstico de los elementos más relevantes dentro de la cuenca Torca, se destaca lo siguiente:

- La contribución de lluvias y los índices de temperatura que hay en la zona, son puntos a favor del mantenimiento hídrico del área de estudio. Esto es deducible por la riqueza hídrica manifestada en humedales, manantiales, quebradas y los complejos subterráneos, que, si bien no son consecuencia directa de esto, su simple presencia y mantenimiento a lo largo de los años sería bastante diferente con condiciones climáticas diferentes a las actuales (donde también tiene que ver la evolución histórica de la región en cuanto a los sedimentos depositados, el clima que se presentó desde el Cretáceo, las características glaciales e interglaciales del Cuaternario, entre otras). Esto sucede a pesar de que en la Sabana de Bogotá se presentan de las menores precipitaciones anuales en comparación con otras zonas del Departamento (IGAC, 2000), indicando además que a lo largo del año “la evapotranspiración predomina sobre la precipitación pluvial” (IGAC, 2000, p. 420). No obstante, resulta interesante que dentro del balance hídrico climático (Figura VI-1), la mayor parte de la Sabana, y evidentemente el área de estudio, poseen un balance positivo o de exceso que si bien no es muy alto, de hecho es el déficit positivo más bajo, es importante en cuanto a términos de productividad agrícola y, así mismo, para conocer las contribuciones de agua que puede haber para la región. Importante en el sentido que hay un aporte regular de lluvia.

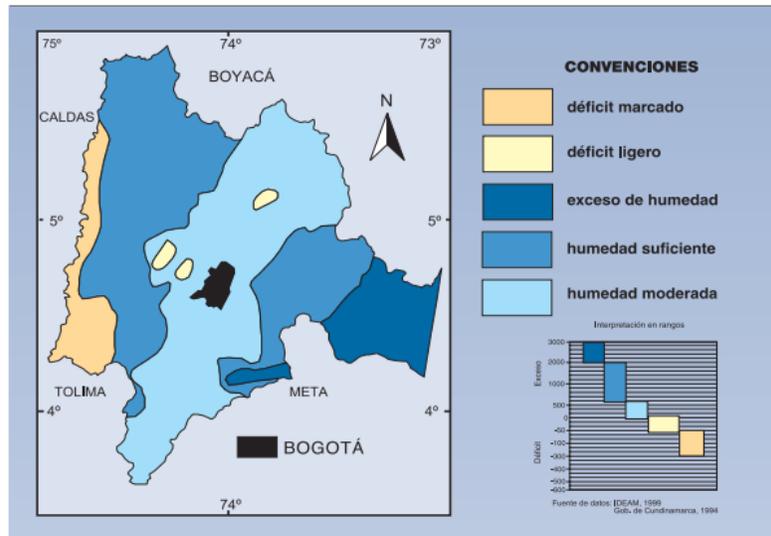


Figura VI-1. Distribución de los déficit y excesos de humedad.
Fuente: IGAC, 2000.

Dos aspectos por destacar: Primero, esta riqueza hídrica está fuertemente ligada o relacionada con la captación de aguas provenientes de las partes más altas como los Cerros Orientales, Cerro Majuy y Cerro La Conejera; esto es apreciable por las mayores contribuciones que tiene de lluvias y por las propiedades de drenaje que posee la mayoría de perfiles de los suelos de la parte alta, información que puede ser consultada en los estudios de suelos (subgrupo Humic Lithic Eutrudepts (35%), caracterizados por tener una evolución a partir de rocas clásticas limoarcillosas, ser bien drenados, niveles medios a bajos de fósforo y fertilidad moderada a alta (IGAC, 2000)). Y segundo, las zonas de mayor recarga acuífera están ubicadas sobre los Cerros Orientales (a pesar de que muchas regiones los suelos poseen profundidades limitadas por contactos líticos) y el Cerro Majuy en Cota, donde este último a pesar de no estar incluido en el área de estudio puede llegar a tener cierta influencia hídrica sobre la zona. De esta manera, los mayores puntos de recarga exterior están en los Cerros por medio del Complejo Guadalupe y en la zona interna a través de los bordes de la planicie del Complejo

acuífero neógeno – cuaternario. Esto es también bastante relevante por la conexión que se pudo observar en algún momento de este trabajo, entre los recursos subterráneos y los cuerpos de agua superficiales, que si bien, a pesar de que no todos los cuerpos de agua superficiales tienen conexión directa con el recurso subterráneo a manera de cumplir funciones de recarga o descarga, muchos de los contenidos en el área de estudio, por la conformación geológica a través de los años, sí se ven influenciados.

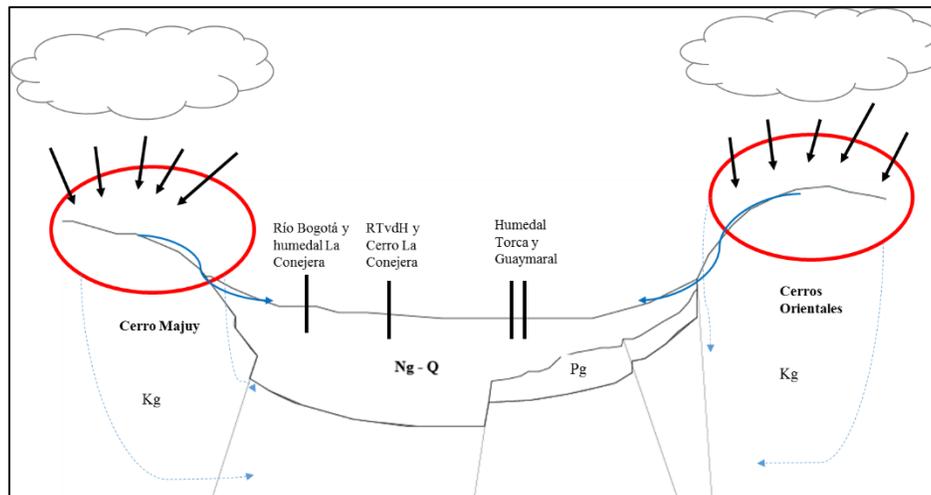


Figura VI-2. Corte o perfil esquemático del área de estudio y sus zonas de recarga y descarga.
Fuente: Elaboración propia.

- Hay una gran limitante en el proceso de recarga de acuíferos, que también provoca que haya mayor agua concentrada o que se retiene en la superficie, y son los suelos con capas de arcillas abundantes y aflorantes, que impiden el flujo de agua verticalmente provocando que quede depositada a nivel freático.

La importancia de incluir valores y parámetros edáficos a lo largo de la investigación obedece a que el suelo es uno de los recursos más afectados por los constantes cambios atribuidos a fuerzas externas como variabilidad y cambio climático, y los cambios en el uso del suelo. Si bien en este trabajo no se abordaron en concreto fenómenos como

Niño o Niña, o las temporadas anuales recurrentes de humedad o sequía, lo cual puede ser una futura línea de investigación, es evidente por los parámetros descritos, que los suelos cambian constantemente propiedades como su permeabilidad, acidez, y demás, según sea las condiciones climáticas que imperen en determinado momento. Esto genera constantes episodios de cambios que afectan al suelo en sí mismo, pero además a los diferentes ecosistemas que soporta y la circulación de ciclos como los biogeoquímicos.

En temporadas secas, los suelos tienden a secarse y agravar procesos de desertización que aunados a malas prácticas o manejos puede conllevar a desertificación. Mientras que, en temporadas húmedas, por las mismas propiedades del suelo, se “repele” el agua provocando saturación e inundaciones.

Recordando que los suelos en su mayoría tienen una textura fina, siendo arcillosos, y que por ello tienen una gran capacidad para retención de agua, son suelos bastante vulnerables a los cambios de humedad ya que cambian constantemente su estructura mediante expansión y contracción por cambios en los contenidos de agua (Jaramillo, 2002; IDEAM, 1999; Lizcano, Herrera, & Santamarina, 2006). En diversas publicaciones del diario El Tiempo (1992; 2012; 2018) y de la Revista Semana (2012), se destaca la pérdida de agua del suelo y las reservas subterráneas por la intensa extracción de algunos sectores a lo largo de la ciudad de Bogotá, además de la poca contribución que hay de agua al suelo por los déficits hídricos (llueve menos de los que se evapora), por los cambios en uso de suelo dedicados para crecimiento urbano de la ciudad o desarrollo de infraestructura, y el daño generado por la plantación de especies vegetales foráneas como eucalipto, acacias y pinos (que tiene un gran poder de succión

del agua contenida en el suelo) en varias zonas verdes y de protección de la ciudad; para la ciudad esto representa una gran preocupación por la subducción que está evidenciando la misma, y que compromete el estado de los diversos asentamientos e infraestructura interna.

- Corroborando lo anterior, los suelos que más predominan en la cuenca Torca son los Pachic Melanudands con un 50%. Estos son suelos baja a moderadamente evolucionados a partir de depósitos de ceniza volcánica, que poseen una baja saturación de bases, contenidos bajos de fósforo y fertilidad moderada (IGAC, 2000). Además, siendo pertenecientes al orden andisol, poseen características tales como la retención de humedad muy alta, que los hacen muy susceptibles a deslizamientos; además de tener problemas para la nutrición de las plantas por la deficiencia de fósforo (IGAC, 2010). Esto, junto con que presentan capas de arcillas, genera que los suelos sean poco productivos directamente ya que no contienen la cantidad suficiente de nutrientes por los constantes procesos de lixiviación, la poca aireación y el impedimento que generan en la penetración de las raíces.

En otras zonas, como debajo del humedal Torca – Guaymaral, Humedal La Conejera y la ronda del río Bogotá, subyace el subgrupo Typic Endoaquepts con un 40%, los cuales también son suelos de drenajes pobres, con tendencias a la inundación ya que el agua difícilmente infiltra (suelos parcialmente encharcados (IDEA, 2006)); se caracterizan por un nivel freático alto y de baja evolución a partir de sedimentos clásticos hidrogénicos (IGAC, 2000).
- La transformación de la vegetación en el área de estudio es producto de la intervención y acción del ser humano. Esto se pudo observar por medio de la vegetación potencial

que planteaba el Doctor Van der Hammen en el PMA de la cuenca alta del río Bogotá y en los diferentes análisis que hacía sobre la zona norte de la ciudad, además de las descripciones hechas y evidenciadas en la consulta bibliográfica de los PMA de los humedales, Cerros Orientales y Reservas.

La vegetación de los humedales ha sido transformada por los procesos agropecuarios y agrícolas que se han llevado a cabo en zonas adyacentes, se han introducido especies foráneas e invasoras que no han contribuido en gran medida a la conservación de estos ecosistemas, sino por el contrario a su transformación. Además, la plantación de especies no autóctonas ha traído consigo una desestabilización del agua contenida en el suelo, ya que consumen mucha agua dejando al suelo sin soporte para otras actividades y facilitando su degradación. Esto es relevante identificarlo, ya que como se mencionó con anterioridad, los aportes de agua según el balance hídrico climático no son tan altos como para introducir especies que poco o nada contribuyan a él. El replanteamiento de la vegetación que realmente debería predominar en la zona, es una posibilidad a encontrar un camino óptimo de aprovechamiento forestal y que además facilite la conectividad ambiental y ecológica de la región.

- En cuanto a conectividad hay varios elementos importantes. Inicialmente se había percibido la cantidad y propiedades de los elementos que integran la EEP, reconociendo los instrumentos legales que los protegen y la importancia que resulta para la Capital tenerlos en buen estado. También se hablaba de la conexión o sinergia existente entre el recurso hídrico y el suelo, como soporte productivo y de desarrollo de muchas actividades.

Pues bien, tras el análisis hecho mediante los componentes ambientales, se puede ver aún más la importancia de estos dos elementos:

- Como soporte de muchas de las geoformas, modelados o tipos de relieve presentes en el área de estudio, y lo que eso conlleva o implica dentro de sus propiedades. Por ejemplo, las características de los suelos de las planicies de inundación y terrazas, en cuanto a fertilidad, drenajes y demás propiedades.
- Para la conectividad e integridad de la EEP es fundamental intervenir el suelo y respaldarlo con mecanismos legales e institucionales que definan, sin caer en ambigüedad o mal entendidos, los usos definitivos de suelo, y ampararlos con leyes que sean de largo plazo; esto inclusive más que promulgar estrategias o propuesta de reforestación, limpieza de espejos de agua, descontaminación, canalización, etc. No se pretende decir que esto último no sea importante, porque de hecho hay intervenciones que son necesarias aplicarlas en simultáneo para la protección y conservación de los valores edáficos; lo que se pretende es indicar que muchas de las acciones de control y recuperación están sometidas a criterios superficiales y no se miran con detalle de transversalidad o verticalidad, es decir, no van en profundidad. Por medio de la protección de los valores edáficos se contribuye de igual manera a la conservación del recurso hídrico tanto subterráneo como superficial, mediante la mejora en la calidad de agua, disipación de oxígeno, reducción de plagas y enfermedades, etc.
- Hay un crecimiento considerable de la actividad agrícola y pecuaria en el área de estudio, además de una mínima proporción de ecosistemas o remanentes originales o naturales de la misma. Esto es gracias al crecimiento poblacional y productivo que ha

venido evidenciando la ciudad, percibido por la gran presencia de áreas pertenecientes a la categoría de “cultivadas y manejadas” (con cultivos, pastizales y plantaciones forestales) y “artificiales” (con suelos desnudos, construcciones, rellenos de escombros, etc.), que se pueden obtener de los análisis y resultados de los PMA de los humedales y del PMA de la RTvdH.

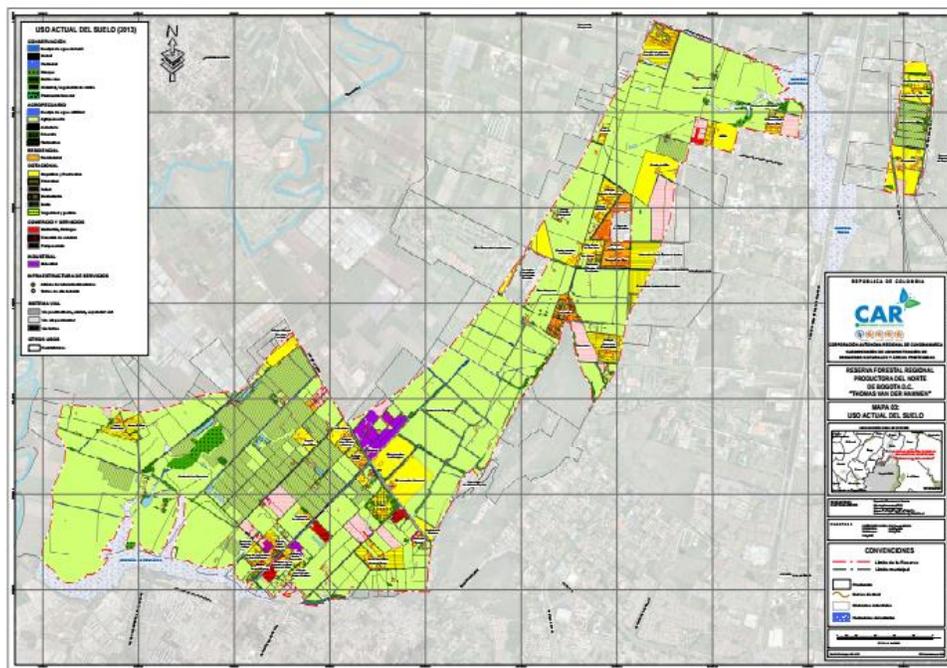


Figura VI-3. Uso actual de la RTvdH, año 2014.

Fuente: CAR, 2014.

- En la actualidad están en fase de aprobación, otros ya fueron aprobados, proyectos para la realinderación de Reservas y proyectos urbanísticos que buscan rediseñar los parámetros bajo los cuales se concibió la planificación ambiental y el ordenamiento territorial de la ciudad, bajo el propósito de gestionar mejor las áreas de protección y facilitar un entorno donde la población y el ambiente estén en armonía (en términos de desarrollo sostenible). Si bien este tema no se aborda durante la investigación, es importante tenerlo en cuenta por las posibles implicaciones que puede traer, negativas o positivas, dentro de la conectividad ambiental del área.

Por otro lado, el proyecto urbanístico, que lleva como nombre Lagos de Torca, dentro de sus fases incluye la ampliación de la Autopista Norte que es una de las vías de mayor flujo por la ciudad (vía arterial); con el desarrollo de éste también se construirían varias vías locales y obras como puentes peatonales, que traería un mayor desarrollo vial hacia la zona norte, implicando también un mayor flujo de vehículos. Eso, sin mencionar las zonas residencias que se van a implementar que evidentemente también tendría un impacto³⁹ en la región.

La creación en su momento (año 1952) de la Autopista Norte, si bien conllevó a una fragmentación física⁴⁰ de los humedales, obedecía a una necesidad de comunicación con el norte de la Capital y municipios aledaños. Si en su momento se hubiera previsto esa obra con unas medidas de contingencia y de reducción de impacto que en vez de afectar el humedal Torca – Guaymaral, lo hubieran quizás potenciado o al menos conservado su statu quo, el panorama actual, al menos de esa sección del área de estudio, sería diferente. En el humedal La Conejera sucede algo similar en cuanto a que contó por mucho tiempo con una desprotección y abandono institucional, que conllevó a la contaminación del espejo de agua, la reducción de remanentes de bosque cercanos a su área (Bosque Las Mercedes), vertimientos de desechos residuales e industriales, etc.

- De las coberturas de la tierra y conflictos de uso de suelo, se puede destacar la presencia de tejido urbano discontinuo cercano a los dos humedales (sobre todo Torca-Guaymaral) con conflictos urbanos. Esto permite analizar que no se respeta una zona de

³⁹ Según la Real Academia Española “Conjunto de posibles efectos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural, como consecuencia de obras u otras actividades”. Lo que significa que ni es de carácter negativo ni positivo.

⁴⁰ Fragmentación física no es lo mismo que una fragmentación sistémica, ésta última es más compleja y requiere de análisis más detallados para poder ser determinada.

amortiguación acorde y en función de los diversos fenómenos hidrometeorológicos que se han presentado en los últimos años, lo que además impacta negativamente al ecosistema por pérdidas en la vegetación, contaminación, reducción de espejos de agua, entre otros. Hay una considerable presencia de floricultivos cercanos al Bosque Las Mercedes, sobre todo hacía la parte norte y oriente.

Hacia el flanco occidental del Cerro La Conejera se evidencia un conflicto por sobreutilización severa, donde el sector agropecuario hace un uso de las tierras que supera la capacidad productiva, presentando altos procesos erosivos y de remoción en masa (IGAC, 2000). Lo mismo ocurre en algunas partes bajas de los Cerros Orientales, donde se llevan a cabo actividades de extracción de arenas y, en general, materiales de construcción; en términos agrícolas, estos suelos son altamente productivos por su fertilidad y facilitado en parte por las pendientes suaves en la parte más baja, además hay una gran captación de agua proveniente de la parte alta de los Cerros. Por otro lado, la conformación geológica de la Sabana dio origen a fuentes importantes de arenas en las partes bajas en confluencia con el complejo acuífero Guadalupe, llamando la atención para su extracción tal y como sucede actualmente.

Por otro lado, la parte alta del Cerro La Conejera junto con los Cerros Orientales, en su mayoría, tienen un uso adecuado o sin conflicto, acorde con la capacidad productiva de las tierras (IGAC, 2000). Sin embargo, y por lo mencionado con anterioridad, es necesario hacer análisis en campo mucho más detallados que realmente den evidencia de los usos de suelo que se están dando hacia la parte más alta de los Cerros ya que pueden estarse presentando conflictos por asentamientos informales que pueden estar afectando los valores ambientales de los bosques de los Cerros, pero también son

vulnerables a deslizamientos o procesos de reptación por ser suelos inestables ya que poseen buen drenajes y son livianos.

La mayoría de la cuenca Torca presenta un conflicto por subutilización moderada, donde se presume que el uso actual es bastante inferior a su capacidad de utilización óptima, desde el punto de vista agropecuario y forestal (IGAC, 2000), siendo, como se ha comentado anteriormente, bastante ambigua la toma de decisiones sobre cómo deben ser administradas estas áreas si poseen elementos de conectividad ambiental y con valores ecosistémicos relevantes para la ciudad, pero con un amplio potencias forestal y agropecuario.

Hasta aquí el análisis detallado de lo obtenido y percibido en cada uno de los componentes ambientales, además de las relaciones sistémicas que se dan entre algunas variables del área de estudio.

Por otra parte, una de las metas importantes de este trabajo era esbozar la sistematización del área de estudio. Para ello se diseñó un esquema que permite apreciar las relaciones de diferente tipo que se dan entre los elementos del paisaje. Este esquema permite representar la realidad estudiada, identificando los procesos y relaciones más importantes; sin embargo, este modelo no se replica en todos los paisajes, unidades o áreas de estudio, principalmente porque dependiendo de la ubicación geográfica muchas condiciones van a cambiar, así como sus ecosistemas y por tanto las relaciones serán diferentes ⁴¹. Esta esquematización permite representar perfectamente el funcionamiento

⁴¹ Hay otra serie de condicionantes en este esquema que se pueden apreciar en el apartado de Recomendaciones, y que están directamente asociados a futuras líneas de investigación o elementos para complementar esta investigación.

sistémico del área de estudio, en el sentido en que, si se modificara o degradara alguna variable o factor, todo el sistema lo experimentaría y por tanto cambiarían los procesos y dinámicas internas.

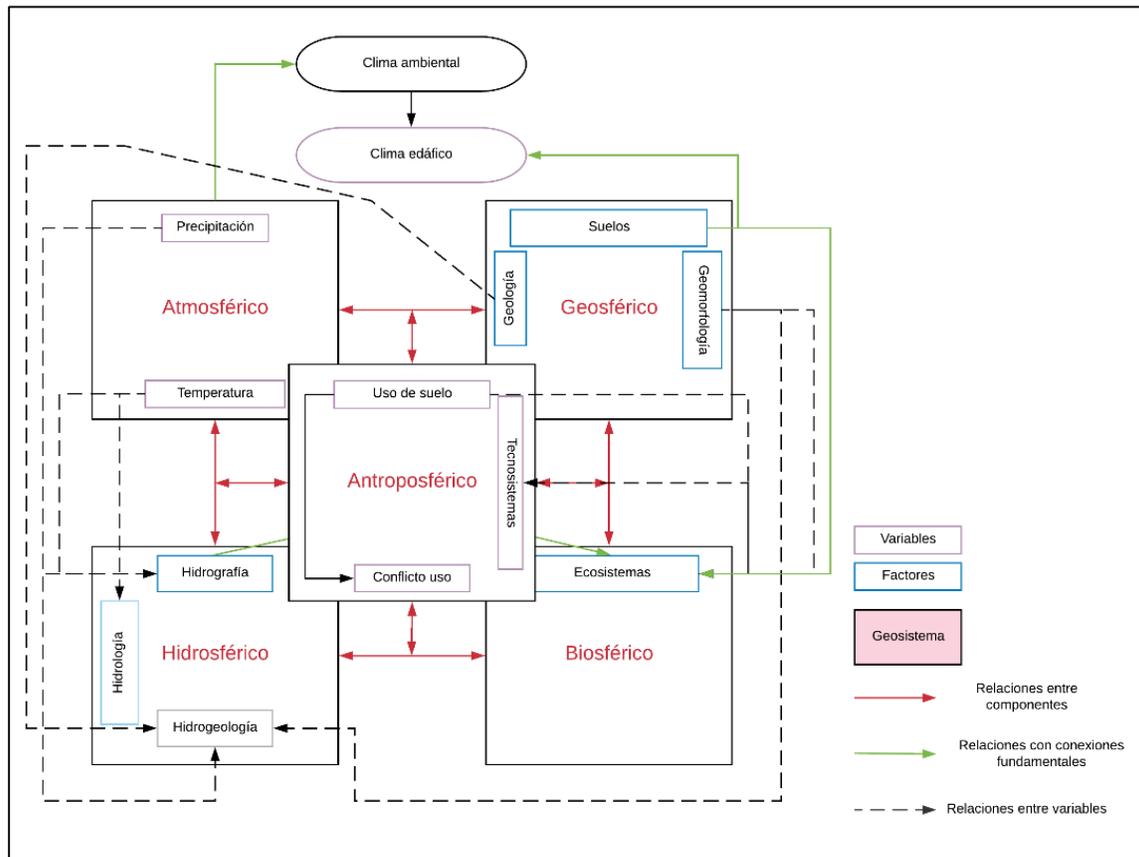


Figura VI-4. Esquemática de la interacción de componentes ambientales y las relaciones sistémicas de la cuenca Torca.

Fuente: Elaboración propia.

13. Etapa II. Síntesis de información edafoclimática y escenario climático 2011 – 2040.

En primera instancia, pudo apreciarse una diferencia entre la información edafoclimática analizada para el año 1995 respecto a la del año 2012. Mientras que la información levantada por el IGAC en el año 1995 indicaba que se presentaban dos

regímenes de humedad como era el ústico y údico (propio del suborden udans del orden andisol), la información del 2012 indica que es údico y acuíco. Esta discrepancia se puede presentar por la escala de detalle a la que se levantó la información, ya que el del año 1995 es a escala nacional y el del 2012 a escala 1:100.000.

Los escenarios y datos proyectados prospectivamente en torno al cambio de las condiciones o parámetros climáticos, se consolidaron como herramientas de control y prevención para apoyar la toma de decisiones respecto al futuro de varios sectores, proyectos y políticas. Su utilización para diversos objetivos, permite prever lo que sucedería si x elemento es sometido a condiciones ambientales que varían. Bajo el cumplimiento del objetivo propuesto, lo que precisamente se buscaba de forma general era ver el posible impacto que tendría una atmósfera con procesos diferentes sobre las UP trabajadas. Con el diagnóstico de Componentes Ambientales y la asociación entre los Modelados del Paisaje y la “ocupación y usos de suelo” y “ciclos geográficos y aspectos ecológicos”, se recogieron las características y valores ambientales y ecosistémicos más relevantes, para luego someterlos a los escenarios climáticos 2011 – 2040 y ver la afectación de los mismos tras los cambios en la temperatura y precipitación.

- Puede llegar a aumentar la tasa de evapotranspiración y evaporación, lo que afectaría el balance hídrico climático. Mientras que la temperatura aumenta (hasta en 0.8 °C), la precipitación también lo hará a un ritmo normal (de hasta un 20%). Los principales aumentos de lluvia se evidenciarán en la zona de los Cerros Orientales y un área de influencia que llega hasta los límites del Cerro La Conejera. Los humedales y corrientes que descienden de los Cerros pueden llegar a tener un mayor flujo de agua, por lo que será necesario prever posibles

deslizamientos o fenómenos de remoción en masa y procesos erosivos; más aún cuando el suelo de esta parte tiene conflictos por sobreutilización.

- Puede presentarse una transición a climas fríos semiáridos, según la clasificación de Caldas – Lang y las proyecciones de IDEAM. Esto implicaría tener un déficit en el balance hídrico climático.
 - Las prácticas inadecuadas de agricultura y ganadería cerca de las Zonas de Manejo y Preservación Ambiental de los humedales, contribuiría a la liberación de carbono almacenado en estos cuerpos de agua agravando la composición atmosférica y así mismo la temperatura y otras variables⁴². Además, por los desechos orgánicos, será también mayor la liberación de metano.
 - Los procesos de descomposición de la materia orgánica del suelo pueden incrementar, incidiendo sobre el crecimiento de la vegetación y cultivos.
 - Con el incremento de las lluvias serán más recurrentes los procesos de lavado o lixiviación del suelo, arrastrando y eliminando las bases y nutrientes contenidos en ellos. Actualmente, según IGAC (2000), los suelos de la Sabana permanecen muy húmedos (por ello también el régimen údico) y son generalmente suelos distróficos (de débil fertilidad y actividad biológica lenta). Aumentando la lluvia, habrá mayor pérdida de bases lo que contribuiría a la acidez, la disponibilidad de nutrientes y la fertilidad de los suelos.
- Al ser suelos (andisol) que se dan en cualquier régimen de humedad y temperatura del suelo, las condiciones climáticas dominantes incrementarán o

⁴² Según IGAC (2000), de los resultados obtenidos en el Estudio de Suelos de Cundinamarca un gran porcentaje de suelos tiene contenido muy alto (16%), alto (33%) y mediano (34%).

disminuirá la rapidez de su evolución (llegando a desarrollarse más rápido en zonas tropicales) (Moreno, Ibáñez, & Gisbert, s.f.).

la precipitación y la temperatura van a ejercer una implicación directa en la meteorización de los materiales volcánicos sobre los que se desarrollan los Andisoles. La lluvia favorecerá el crecimiento de vegetación que junto a la percolación del agua producirá un desarrollo del perfil con translocación de los elementos minerales, dando lugar a horizontes bien diferenciados en el perfil del suelo. La temperatura por su parte, va a ser la gran variable controladora de la velocidad de las reacciones químicas (la temperatura acelera la meteorización), así como influye en la evapotranspiración y la vegetación existente (Moreno, Ibáñez, & Gisbert, s.f., p. 4).

A mayor precipitación la humedad del suelo puede incrementar, incidiendo también sobre la cantidad de aireación del suelo contribuyendo a los procesos de oxidación y reducción de suelos.

Una mayor precipitación puede incidir sobre los procesos de expansión y contracción de arcillas (entre periodos secos y húmedos según el régimen bimodal de esta zona del país), afectando las mecánicas de movilización de este elemento lo que repercute sobre la estructura del suelo.

- Pueden verse afectados los procesos erosivos por temperaturas y precipitaciones más extremas, sobre todo en los suelos con pendientes pronunciadas y por afectación del incremento en la escorrentía.
- Los niveles freáticos más altos en los suelos tras su saturación afectarán la actividad agrícola cercana, disminuyendo la producción y generando daños.

VII. Conclusiones.

El propósito de este trabajo, como se ha mencionado con anterioridad, era proporcionar un estudio semi-detallado del paisaje por medio de la evaluación de distintos aspectos relevantes del mismo y la asociación y evaluación bajo escenarios de cambio climático. Como un primer logro, se puede concebir no sólo el proporcionar el estudio del paisaje per se, sino a su vez, elementos para la consolidación de metodologías mucho más robustas y detalladas, que perfeccionen el análisis. Esto resulta interesante particularmente porque son pocos los estudios orientados a interpretar o zonificar la vulnerabilidad a cambio climático desde el análisis del paisaje. La mayoría de investigaciones académicas se enfocan en calcular vulnerabilidades específicas o muy enfocadas (vulnerabilidad del territorio, vulnerabilidad física, vulnerabilidad ecosistémica, vulnerabilidad social, económica, etc.), sin embargo, no ven todo de forma integral y no se preguntan por el carácter sistémico de las áreas de estudio.

La auto denominación de estudio “semi” detallado se debe a que se es consciente de que el estudio podría integrar un análisis mucho más específico de otros elementos y apoyado en muchas más herramientas como muestreo en campo, por ejemplo.

14. Componentes ambientales y características sistémicas.

Durante el planteamiento de la investigación y a medida que se fueron evaluando los componentes ambientales, fue cada vez más notorio la importancia que recibían componentes como el Geosférico y el Hidrosférico. Esta importancia se menciona inicialmente tras reconocer la importancia del recurso suelo y del agua como soportes y elementos conectores de los diversos ecosistemas presentes en la región. A medida que se

fue analizando la información, fue bastante evidente la relevancia de la conformación histórica de la región y los diferentes procesos de transformación y evolución que ha tenido, dentro de la configuración de las unidades del paisaje y determinantes ambientales que actualmente hay en la zona y que son de gran importancia para la ciudad.

Analizando los flujos y la interconectividad del sistema, cada uno de los componentes, factores y variables recibe un peso en función de lo determinante que resulta para ciertas dinámicas. Esto puede variar según sea la posición geográfica del lugar analizado y el tipo de paisaje.

Analizando la funcionalidad y estructura de la cuenca Torca, si bien los elementos y variables poseen relaciones directas de dependencia (como el clima edáfico del clima ambiental), el valor y oferta ambiental del área de estudio es una externalidad de la conectividad del paisaje.

La conectividad tanto física como sistémica es bastante importante en la zona para mantener los valores y aptitudes de protección y conservación. Van der Hammen (1998), proponía una reforestación con especies nativas en varias áreas estratégicas para recuperar los valores ambientales de la cuenca y reforzar la conectividad de las principales unidades de paisaje. Formulaba la creación de unas cercas vivas (corredores biológicos) con relictos de bosque nativo que quedarán o con plantaciones de especies nativas, que fuesen hábitat y lugar de protección para las especies de fauna del lugar; una primera iniciativa para recuperar la naturalidad de la zona. Esta propuesta siempre será viable, sin embargo, frente a la demanda ambiental que propone la comunidad y diversos sectores sobre el área de estudio en concreto, sería factible revisar un modelo espacial que integre zonas de conectividad entre cada una de las unidades del paisaje de forma mixta con usos agrícolas y

pecuarios sostenibles. Eliminar prácticas de pastoreo y asignar espacios exclusivamente para ganado, que no intervengan con los suelos más productivos.

Respecto a un nivel de conectividad transversal, es necesario preservar los puntos de recarga y descarga acuífera. Para ello, y tras su identificación en el diagnóstico de componentes, podría establecerse franjas de adecuación y de protección, que limiten el acceso o la intervención de la población y faciliten los procesos de infiltración sin contribuir a los procesos erosivos ni a la desestabilización del terreno. Esto concretamente sería aplicable en la parte alta de los Cerros y en las zonas internas de recarga ubicadas en los límites de la planicie.

Se debe hacer una redefinición de las áreas que integran la EEP y sus usos, con una política a largo plazo que respalde procesos duraderos y graduales que no puedan ser eliminados o abandonados por negligencia o diferencias entre Alcaldes. La redefinición de áreas es con la finalidad de poder articular zonas que actualmente son bastante susceptibles a fenómenos como remoción en masa y que están en constante exposición por trabajo de canteras, erosión, etc. Más que redefinición puede ser la creación de una nueva categoría, que articule y adquiera estas zonas y las recupere ambientalmente; esto no sólo ayudaría a reforzar la conectividad de la EEP sino además a reducir posibles efectos de cambio climático a futuro.

El hecho de resaltar tanto el concepto de conectividad, y distinguirlo entre física y ecosistémica o ecológica, es gracias al análisis paisajístico efectuado. Como se pudo apreciar hay relaciones fundamentales para el mantenimiento de la estructura ambiental y la funcionalidad de los ecosistemas. Estas relaciones no pueden conseguirse si no hay un buen espacio para desarrollarse. Por ejemplo, las aguas subterráneas son de gran importancia

para el área de estudio, no sólo por su posible conexión con ecosistemas superficiales, sino además para mantener las reservas de agua dulce que se han perdido gracias a la utilización de sectores.

15. Ciclo geográfico y construcción de paisajes.

Los procesos de agradación y denudación han sido importantes en la conformación estructural y funcional de unidades como el humedal La Conejera o los humedales Torca – Guaymaral, ya que el humedal La Conejera surge de dos ambientes geomorfológicos destacando el estructural (producto de la disgregación en el tiempo de las rocas sedimentarias que forman las colinas y los Cerros de Suba y La Conejera) y el humedal Torca – Guaymaral presenta características de laderas de acumulación de material proveniente de los Cerros Orientales.

Los humedales resultan ser ecosistemas bastante resilientes y más cuando los escenarios climáticos le ofrecen un incremento de la precipitación para su constante alimentación. Será importante emprender buenas prácticas de manejo y mantenimiento constante para que hagan frente a los fenómenos hidrometeorológicos, y así funcionar en toda plenitud. Estos son unidades de paisaje dependientes que están sometidos a una mayor perturbación y a más cambios por lo complejos que son y las diversas y numerosas interacciones que se dan en él, por esa misma particularidad son más resilientes. La RTvdH, por estar ubicada en una zona plana ubicada entre formaciones montañosas, también recibe la contribución de estos paisajes. Las unidades dependientes suelen poseer mayor diversidad en especies de flora y fauna por la interacción constante de mecanismos de autorregulación.

Los Cerros Orientales y el Cerro La Conejera (e inclusive los Cerros de Cota) son unidades de paisaje de sustento o en proceso de denudación. Aquí las perturbaciones no son fácilmente percibidas por las grandes áreas que ocupan, pero son monitoreables o evidentes por medio del aporte de flujo, sedimentos y vegetación que hace hacia las partes bajas. Son suelos acá a pesar de esto son bastante estables, en el sentido en que los cambios o transformaciones se manifiestan de forma gradual. En este tipo de unidades, a nivel ecológico, suelen predominar más las especies dominantes, ya que como los cambios son graduales las especies se adaptan y perduran.

16. Análisis sistémico bajo variabilidad climática.

En la medida que se fragmentan los paisajes, se alteran los flujos de conectividad y soporte de diversos ecosistemas o áreas estratégicas; por ejemplo, en el caso de los humedales, los flujos de conectividad y soporte asociados a la regulación hídrica y capacidad de retención, permeabilidad y velocidad de infiltración del suelo. En este sentido, se incrementan los riesgos por variabilidad climática, asociada a que si aumentan las precipitaciones y las coberturas de la tierra han sido modificadas en la ciudad, entonces, se altera la función reguladora del suelo, aumentando los riesgos por variabilidad climática, acentuando la dinámica global del cambio climático.

Y esto es replicable en cualquiera de las unidades del paisaje que fueron sometidas a análisis; los diferentes cambios que evidencian pueden acarrear efectos tanto positivos como negativos que inducirán no sólo transformaciones en lo físico, sino además en lo funcional.

Si bien los paisajes, cualquiera, merece este tipo de análisis para entender los procesos de evolución que ha tenido y así mismo encontrar el valor ambiental que puede ofrecer, el que fue objeto de estudio en esta investigación es bastante particular por representar parte de la estructura o cimientos ambientales en los cuales se soporta el ordenamiento de la ciudad de Bogotá. Este caso podría ser replicado en los demás elementos de la EEP que se encuentran dispersos en la ciudad, y sobre cualquier unidad del del paisaje del país que represente un beneficio como los bosques, páramos, nevados, etc.

Esta investigación es innovadora, en el sentido que hace un llamado a incorporar elementos del paisaje en los análisis de variabilidad climática y cambio climático, porque en ellos se encuentra respuesta a muchas de las problemáticas ambientales e inclusive sociales que se manifiestan en los territorios y que se ven agravadas con estos fenómenos globales; hay una gran particularidad del paisaje y es que como funciona de forma sistémica, al verse degradado en su totalidad o alguno de sus unidades, se verán afectados otros elementos que pueden ser imperceptibles al corto plazo pero que pueden traer grandes consecuencias en prospectiva.

VIII. Recomendaciones.

En torno al análisis de los Componentes Ambientales y relaciones de los modelados del paisaje:

- Siempre será posible conseguir estudios con un nivel de detalle mucho mejor, por lo que para futuras líneas de investigación sería interesante incluir información más específica, por ejemplo, de los tipos de vegetación existente. Otro ejemplo, es que en este estudio no se abordaron análisis de fauna, siendo importante para determinar también la biodiversidad de la región y así monitorear y establecer los flujos de movilización de especies y en función de ello determinar la mejor forma para la implementación de vías y obras en general.
- Aunque se trató de trabajar con la información más detallada posible, es bastante incomodo en momentos hacer alguna operación o análisis espacial como información muy general o regional. A pesar de ello, con un trabajo en campo de bastante regularidad y constancia, y los instrumentos e insumos necesarios, sería posible hacer estudios detallados del paisaje mediante el levantamiento en campo de información directa.

En torno a la síntesis de información edafoclimática y escenario climático 2011 – 2040:

- Inicialmente se consideró la idea de trabajar con datos climáticos obtenidos directamente de las estaciones meteorológicas contenidas en el área de estudio, esto con la finalidad de ser más precisos en el análisis de las variables climáticas

y conocer de forma más específica el futuro comportamiento de estas. Sin embargo, al momento de solicitar y organizar los datos, 2 de las 5 estaciones sólo tenían datos desde el 2001, una tiene datos desde el año 1988, otra sólo en el periodo de 1976 a 1992 y la otra era pluviométrica. Esto representaba problemas porque se podía incurrir en errores al momento de homogenizar los datos. La estimación de datos faltantes se pensaba llevar a cabo con estaciones aledañas, al no haber ninguna con datos significativos se podían corromper los datos y hacer malas interpretaciones. Una recomendación es mejorar la calidad de la información de muchas de las estaciones de la ciudad y del país para hacer análisis a una escala mucho más detallada y, así mismo, usar esa información en proyectos más locales. Trabajar con datos calculados o levantados a nivel nacional es poco representativo para un correcto análisis.

- Sería bastante interesante, además, hacer un análisis mucho más minucioso en fenómenos concretos de variabilidad climática como Fenómeno de la Niña o del Niño, ya que ampliarían el análisis de vulnerabilidad según sea la temporada o época. Lo que haría mucho más precisa la aplicación de estrategias o instrumentos para aumentar la resiliencia del área de estudio según sea la temporada.

Finalmente, para una futura investigación, se deja establecida esta base conceptual y metodológica fundamentada, para que se haga una zonificación prospectiva con enfoque de geosistemas, que no sólo permita identificar qué áreas o zonas son más sensibles o deben ser prioridad de intervención, o cual es la conexión entre un elemento/unidad con otra, sino que permita delimitarla espacialmente para así mejorar la aplicación de políticas y

proyectos que potencien el área. Por ejemplo, es complicado entender la sensibilidad de las zonas de recarga de acuíferos si no hay claridad de los puntos exactos a intervenir. Esto se puede lograr mediante la complementación de este trabajo con lo ya mencionado, y la aplicación de diversas metodologías para la zonificación de vulnerabilidad a variaciones climáticas.

IX. Referencias.

- Agencia Europea de Medio Ambiente. (16 de Diciembre de 2016). *El suelo y el cambio climático*. Obtenido de <https://www.eea.europa.eu/>
- AIDA, A. I. (9 de Septiembre de 2013). *AIDA*. Obtenido de <http://www.aida-americas.org/es/blog/suelos-andisoles-importancia-y-amenazas>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (18 de 03 de 2010). *Secretaría de Cultura, Recreación y Deporte*. Obtenido de <http://www.culturarecreacionydeporte.gov.co/es/bogota-una-de-las-pocas-ciudades-del-mundo-atravesada-por-humedales>
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (s.f.). *Secretaría Distrital de Ambiente*. Recuperado el 5 de Noviembre de 2017, de <http://ambientebogota.gov.co/planes-de-manejo-ambiental1>
- Alzate, D., Rojas, E., Mosquera, J., & Ramón, J. (2015). Cambio climático y variabilidad climática para el periodo 1981- 2010 en las cuencas de los ríos Zulia Y Pamplonita, Norte de Santander – Colombia. *Revista Luna Azul*(40), 127-153.
- Arango, C., Dorado, J., Guzmán, D., & Ruiz, J. (s.f.). *Climatología Trimestral De Colombia*. Bogotá D.C.: Grupo de Modelamiento de Tiempo, Clima y Escenarios de Cambio Climático. Subdirección de Meteorología – IDEAM.
- Arnold, M., & Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta moebio*, 40-49.
- Asamblea General de las Naciones Unidas. (2012). *El futuro que queremos - Documento final aprobado en Río+20*. Río de Janeiro.
- Asociación Ambiente y Sociedad. (11 de Febrero de 2016). Obtenido de Los 15 Humedales reconocidos de Bogotá: <http://www.ambienteysociedad.org.co>
- Ballesteros, H., & Aristizabal, G. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Subdirección de Meteorología.
- Becerra, M. R., Mance, H., Rey, X. B., & Arbeláez, C. G. (2015). *Cambio climático: Lo que está en juego*. Bogotá D.C. Obtenido de <http://library.fes.de>

- Bergkamp, G., & Orlando, B. (1999). Los humedales y el cambio climático. *Examen de la colaboración entre la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán 1971) y la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, (pág. 35).
- Bertalanffy, L. (1989). *Teoría General de los Sistemas: Fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. (T. d. Almela, Ed.) México: Fondo de Cultura Económica.
- Bogotá Cómo Vamos. (s.f.). *Bogotá Cómo Vamos*. Obtenido de <http://www.bogotacomovamos.org/localidades/>
- Bunge, M. (1995). *Sistemas sociales y filosofía*. Buenos Aires: Editorial Sudamericana.
- Buytaert, W., Mishra, A., Demuth, S., Cisneros, B., Stewart, B., Caponi, C., & Cudenec, C. (2016). El cambio climático y los eventos extremos. In W. (. Unidas), *Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo* (pp. 23-26). París: UNESCO.
- Caho, C., López, A., Lancheros, D., Calderón, J., Fuentes, M., Duarte, M., . . . Ramírez, R. (2015). *Humedal Torca-Guaymaral: Iniciativas para su conservación*. Bogotá: Red Ambiental de Universidades Sostenibles (RAUS).
- CAR & IGAC. (2006). *Mapa de Ecosistemas de la jurisdicción de la CAR*.
- CAR & IGAC. (2011). *Hidrogeología de la Sabana de Bogotá*. Bogotá D.C. .
- CAR. (2014). *Plan de Manejo Ambiental de la Reserva Forestal Regional Productora del Norte de Bogotá D.C. "Thomas Van der Hammen"*. Bogotá D.C.
- CAR. (2015). *Mapa De Subcuencas Hidrogeológicas Cuenca Alta Río Bogotá Escala 1:170.000*. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Cathalifaud, M., & Osorio, F. (1998). Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. *Cinta de Moebius*(3).
- CMNUCC. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. Naciones Unidas. Obtenido de <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

CMNUCC. (s.f.). *Antecedentes históricos*. Recuperado el 22 de Febrero de 2018, de United Nations Framework Convention on Climate Change: <http://unfccc.int/>

CMNUCC. (s.f.[a]). *Historia de la CMNUCC*. Recuperado el 22 de Febrero de 2018, de United Nations Framework Convention on Climate Change: <http://unfccc.int>

CMNUCC. (s.f.[b]). *Misión y objetivos*. Recuperado el 22 de Febrero de 2018, de United Nations Framework Convention on Climate Change: <http://unfccc.int/>

COAMB - Colegio Oficial de Ambientólogos de Cataluña. (30 de Junio de 2017).

Actualidad COAMB. Obtenido de <https://www.coamb.cat/es/actualidad-coamb/el-agua-es-uno-de-los-elementos-mas-vulnerables-a-los-impactos-del-cambio-climatico/>

Connor, R. (2016). Situación de los recursos de agua dulce. En W. (. Unidas), *Informe de las Naciones Unidas Sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo 2016: Agua y Empleo* (págs. 16-20). París: UNESCO.

Consejo Consultivo del Agua. (s.f.). *El agua en el mundo*. Obtenido de <http://www.aguas.org.mx>

CVC. (2009). *Humedales del Valle geográfico del Río Cauca : génesis, biodiversidad y conservación*. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Obtenido de <https://repository.icesi.edu.co>

DAMA, D. A. (2006). *Política de Humedales del Distrito Capital*. Bogotá: Alcaldía Mayor de Bogotá.

DANE. (2005). *Censo General 2005*. Colombia. Obtenido de <http://www.dane.gov.co/>

Davis, W. (1899). The Geographical Cycle. *The Geographical Journal*, 14(5), 481-504.

De Bermoudes, O., & Velandia, F. (2010). Hidrogeología Regional de la Sabana De Bogotá. En Universidad de Antioquia, *Hidrogeología para la gestión del recursos Hídrico* (págs. 159-168). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Decreto Distrital 364 (26 de Agosto de 2013). Recuperado el 23 de Enero de 2018, de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/index.jsp>

- Denis, S. (2010). *Determinación de amenazas en humedales urbanos: Estudio de tres humedales de Valdivia, Chile*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- DNP & BID. (2014). *Impactos Económicos del Cambio Climático en Colombia – Síntesis*. Bogotá D.C.: Nuevas Ediciones S.A.
- Donkin, R. A. (1968). Ambiente y poblamiento precolombinos en el altiplano de Boyacá - Cundinamarca, Colombia. *Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia*, XXVI(99).
- Dudgeon, D., Arthington, A., Gessner, M., Kawabata, Z., Knowler, D., Leveque, C., . . . Sullivan, C. (2006). Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biological Reviews*, 81(2), 163–182.
doi:10.1017/S1464793105006950
- E.S.P. & la Fundación Humedal La Conejera. (2003). *Plan de Manejo Ambiental Humedal La Conejera*. Bogotá D.C.
- EAAB - Empresa de Acueducto de Bogotá. (2015). *Humedales*. Bogotá D.C.
- El Tiempo. (27 de Agosto de 1992). *Por Qué Se Hunde La Sabana De Bogotá*. Obtenido de Archivo: <http://www.eltiempo.com/>
- El Tiempo. (17 de Julio de 2012). *La Sabana de Bogotá se hunde todos los años*. Obtenido de Archivo: <http://www.eltiempo.com/>
- El Tiempo. (5 de Marzo de 2018). *¡Increíble!: así, poco a poco, se hunde Bogotá*. Obtenido de <http://www.eltiempo.com/>
- Empresa de Acueducto, Agua y Alcantarillado de Bogotá. (2006). *Plan de Manejo Ambiental Humedal Guaymaral*. Bogotá D.C.
- Empresa de Acueducto, Agua y Alcantarillado de Bogotá. (2006a). *Plan de Manejo Ambiental Humedal Torca*. Bogotá D.C.
- Estudios Geotécnicos*. (3 de Abril de 2013). Obtenido de <http://www.estudiosgeotecnicos.info>

- Etter, A. (1991). *Introducción a la Ecología Del Paisaje: Un Marco de Integración para los Levantamientos Ecológicos*. Bogotá D.C.
- Etter, A., Andrade, A., Amaya, P., & Arévalo, P. (2015). *Estado de los ecosistemas colombianos- 2014: una aplicación de la metodología de lista roja de ecosistemas*. Bogotá D.C.
- Euscátegui, C., & Hurtado, G. (s.f.). *Análisis del impacto del Fenómeno “La Niña” 2010-2011 en la hidroclimatología del país*. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).
- FAO. (2002). *Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra*. En *Informes sobre recursos mundiales de suelos*. Roma.
- FAO. (2 de Febrero de 2015). *Los suelos ayudan a combatir y adaptarse al cambio climático*. Obtenido de <http://www.fao.org/>
- FAO. (s.f.). *Cambio Climático y Bioenergía*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación: Representación en Colombia: <http://www.fao.org.co/>
- Fernández, C. (1995). *El régimen de humedad de los suelos de la España Peninsular (Tesis doctoral)*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Foster, S., Koundouri, P., Tuinhof, A., Kemper, K., Nanni, M., & Garduño, H. (2006). *Los Ecosistemas Dependientes del Agua Subterránea procedimientos de caracterización y medidas de conservación*. Banco Mundial: Serie de Notas Informativas No 15.
- Fragala, F., & Neira, N. (2011). Estimación de la recarga media anual en los acuíferos de la sabana de Bogotá. *Ingeniería y Universidad: Engineering for Development*, 145-169.
- Frolova, M. (2006). Desde el concepto de paisaje a la Teoría de geosistema en la Geografía rusa: ¿hacia una aproximación geográfica global del medio ambiente? *Ería : Revista geográfica*(70), 225-235.

- Gallart, F. (2009). Cambios temporales observados en las series de caudales. En Agència Catalana de l'Aigua, *Agua y Cambio Climático. Diagnòsis de los impactos previstos en Catalunya*. (págs. 105-114). Catalunya.: Departament de Medi Ambient i Habitatge. Obtenido de <https://aca-web.gencat.cat>
- Galvéz, J. J. (2011). *¿Qué es cuenca hidrológica? Cartilla técnica*. Lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- García-González, M., Carvajal-Escobar, Y., & Jiménez-Escobar, H. (2007). La gestión integrada de los recursos hídricos como estrategia de adaptación al cambio climático. *Ingeniería y Competitividad*, 9(1), 19 - 29.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., . . . Vargas, R. (. (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Luxembourg: Comisión Europea - Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.
- Globe. (2005). *Protocolo de Temperatura del Suelo*. Retrieved from <https://www.globe.gov/>
- Gómez, Á. M. (2009). *Estudio multitemporal de la dinámica de transformación espacial de la cobertura por crecimiento urbano, en una zona de la localidad de Suba, Bogotá – Colombia, en el periodo 1955 - 2006*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Grimalt, J., & Ginebreda, A. (2009). Cambio climático y calidad química del medio acuático. En Agència Catalana de l'Aigua, *Agua y Cambio Climático. Diagnòsis de los impactos previstos en Catalunya*. (págs. 167-181). Catalunya: Departament de Medi Ambient i Habitatge. Obtenido de <https://aca-web.gencat.cat>
- Guhl, A. (2008). Paisajes como elemento de análisis del pasado, presente y futuro de la relación entre la sociedad y su entorno. In *Cuadernos Verdes No. 12. Colegio Verde de Villa de Leyva 1986 - 2007*. (pp. 334-341). Bogotá D.C.
- Guzmán, I., Triana, J., & Giraldo, G. (s.f.). Estrategias didácticas para el fortalecimiento del proceso de concienciación ambiental hacia la conservación del Humedal de La Vaca en la localidad de Kennedy Bogotá D.C. *VII Encuentro Nacional de Experiencias*

en la Enseñanza de la Biología y la Educación Ambiental y II Congreso Nacional de Investigación en la Enseñanza de la Biología, (págs. 160-167). Bogotá D.C.

Guzmán, M. M. (s.f.). *El agua y el río Bogotá articuladores del territorio “panoramas discontinuos entre fragmentos de gestión e ilusiones de recuperación”*. Bogotá D.C. Recuperado el 22 de Febrero de 2018, de <http://www.arquitecturadelterritorio.unal.edu.co/>

Hernández, E. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 139-147.

Hernández, H. A., Barón, C. G., Betancourt, C. I., & Garay, R. V. (2015). *¡Así se viven los Cerros! Experiencias de habitabilidad*. Bogotá D.C.: Secretaría Distrital de Planeación - Secretaría Distrital de Hábitat.

Hernández, M. (2010). Suelos de humedales como sumideros de carbono y fuentes de metano. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 139-147.

Herráiz, A. (2009). La importancia de las aguas subterráneas. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 103(1), 97-114.

Hétier, J., & Hernández, D. (2015). Aspectos Biogeoquímicos de los Ciclos de Nutrientes en Agro-Ecosistemas. En R. López, J. Hétier, H. López, R. Schargel, & A. Zinck, *Tierras llaneras de Venezuela : tierras de buena esperanza* (págs. 430-489). Merida: Consejo de Publicaciones de la Universidad de los Andes.

IAvH. (23 de Septiembre de 2015). *Colombia, un país biodiverso con al menos 55 tipos de humedales*. Obtenido de <http://www.humboldt.org.co/>

IAvH. (2016). *Colombia Anfibia, un país de humedales. Volumen II*. Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

IDEA. (2006). *Plan de Manejo Ambiental del Humedal Torca - Guaymaral: Zonificación*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.

IDEAM & Cormagdalena. (2001). *Estudio Ambiental de la Cuenca Magdalena - Cauca y elementos para su ordenamiento territorial*. Bogotá D.C.: IDEAM - Cormagdalena.

- IDEAM. (1999). Caracterización de los suelos y las tierras. En IDEAM, *El Macizo Colombiano y su area de influencia* (págs. 64-163). Bogotá D.C.
- IDEAM. (2010). *Estudio Nacional del Agua (ENA)*. Bogotá.
- IDEAM. (2011). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad y análisis de riesgos asociados en la cuenca alta del río Cauca*. Programa de Integración de Ecosistemas y Adaptación al Cambio Climático en el Macizo Colombiano.
- IDEAM. (2012). *Mapa Clasificación Climática Caldas - Lang*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2012a). *Mapa Cobertura de la tierra*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2012b). *Mapa Temperatura media anual*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2012c). *Precipitación total anual*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2013). *Zonificación y codificación de unidades hidrográficas e hidrogeológicas de Colombia*. Bogotá D.C.: Publicación aprobada por el Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM.
- IDEAM. (2014). *Estudio Nacional Del Agua (ENA)*. Bogotá.
- IDEAM. (2015). *Mapa de ecosistemas continentales, Costeros y marinos de Colombia*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (2015a). *Mapa Uso de Suelo*. Bogotá D.C.
- IDEAM. (s.f.). *Acciones Regionales de Cambio Climático/Proyecto Macizo*. Recuperado el 13 de Enero de 2018, de IDEAM - Cambio Climático:
<http://www.cambioclimatico.gov.co>
- IDEAM. (s.f.[a]). *Mapa de Unidades Hidroestratigráficas de Colombia*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/>
- IDEAM. (s.f.[b]). *Plan Regional Integral de Cambio Climático Región Capital, Bogotá – Cundinamarca (PRICC)*. Obtenido de Cambio Climático: <http://www.ideam.gov.co>
- IDEAM. (s.f.[c]). *TIEMPO Y CLIMA*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>

- IDEAM, ASOCAMPO & Asociación de Cabildos - Genaro Sánchez. (s.f.). *Sistematización del proceso de construcción de la línea de base de vulnerabilidad actual al cambio y a la variabilidad climática*. Fondo para el logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015). *Nuevos escenarios de cambio climático para Colombia 2011-2100. Herramientas científicas para la toma de decisiones – Enfoque Nacional – Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogotá D.C.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2015a). *Escenarios de Cambio Climático para Precipitación y Temperatura para Colombia 2011-2100: Herramientas científicas para la toma de decisiones – Estudio Técnico Completo*. Bogotá D.C.: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. (2017). *Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC)*. Bogotá D.C.: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.
- IDECA. (2017). *Mapa de referencia de Bogotá D.C.* Bogotá D.C.
- IGAC. (1995). *Suelos de Colombia: Origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. Santa Fé de Bogotá D.C.: Canal Ramírez Antares Ltda .
- IGAC. (2000). *Estudio General de Suelos y Zonificación de tierras del Departamento de Cundinamarca*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- IGAC. (2000a). *Mapa Capacidad de Uso de Suelo*. Bogotá D.C.
- IGAC. (2000b). *Mapa Distribución propiedades químicas de los suelos*. Bogotá D.C.
- IGAC. (2000c). *Mapa Zonificación de tierras*. Bogotá D.C.
- IGAC. (2004). *Aspectos prácticos de la adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA - SIRGAS como Datum oficial de Colombia*. Bogotá D.C.: División de Geodesia de la Subdirección de Geografía y Cartografía.

- IGAC. (2010). *EL ABC de los suelos. Para no expertos*. Bogotá D.C.: Imprenta Nacional de Colombia.
- IGAC. (2012). *Mapa Conflicto Uso de Suelo*. Bogotá D.C.
- IGAC. (2012a). *Mapa de Clasificación de las Tierras por su Oferta Ambiental*. Bogotá D.C.
- IGAC. (2012b). *Mapa de Geopedología*. Bogotá D.C.
- IGAC. (2015). *Mapa de Vocación Uso de Suelo*. Bogotá D.C.
- IGAC. (2016). *Taxonomía de suelos por orden*. Bogotá D.C.
- IGBP. (10 de Abril de 2012). Building our future. *Global Change Magazine*, 28-31.
Obtenido de
<http://www.igbp.net/news/features/features/buildingourfuture.5.705e080613685f74edb8000191.html>
- Imbach, P., Molina, L., Locatelli, B., & Corrales, L. (2010). Vulnerabilidad de los servicios ecosistémicos hidrológicos al cambio climático en Mesoamérica. En C. A. (CATIE), *Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina* (págs. 32-43). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- INGEOMINAS. (2002). *Modelo hidrogeológico conceptual de la Sabana De Bogotá. Proyecto de cooperación técnica internacional OIEA-Ingeominas, aplicación de técnicas isotópicas en los estudios de aguas subterráneas col-8019*. Bogotá: Ministerio de Minas y Energía.
- Instituto de Estudios Urbanos - IEU. (s.f.). *Descripción de la Ciudad*. Recuperado el 23 de Enero de 2018, de Evolución urbana de Bogotá:
<https://www.institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0140/01411.htm>
- IPCC. (2001). *Tercer Informe de Evaluación Cambio climático 2001: Impactos, adaptación y vulnerabilidad*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

- IPCC. (2007). *IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007*. Obtenido de Informe del Grupo de Trabajo II - Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad: <https://www.ipcc.ch/>
- IPCC. (2011). *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (T. D.-K. [Stocker, Ed.] Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.: Cambridge University Press.
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Suiza: [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)].
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Resumen para responsables de políticas*.
- IPCC. (2014b). *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad – Resumen para responsables de políticas. Contribución del Grupo de trabajo II al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Suiza: [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea y L.L. White (eds.)].
- IPCC. (2014c). *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge

- and New York: [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press. Obtenido de <https://www.ipcc.ch>
- IPCC. (1 de Mayo de 2015). *Ficha informativa del IPCC: Fechas y momentos destacados de la historia del IPCC*. Obtenido de <http://www.ipcc.ch/>
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Kusler, J. (2016). *Definition of Wetland, Floodplain, Riparian “Functions” and “Values”*. Association of State Wetland Managers.
- Lafuente, J. (12 de Enero de 2016). *La peor sequía en casi dos décadas sacude a Colombia*. Obtenido de El País: <https://elpais.com/>
- Latorre, C., Calderón, J., & Suarez, L. (2014). Los servicios ambientales y la biodiversidad. *Investigación ambiental 6 (1)*, 53-60.
- Lizcano, A., Herrera, M., & Santamarina, J. (2006). Suelos derivados de cenizas volcánicas en Colombia. *Revista Internacional de Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil*, 6(2), 167-198.
- López de Asiain Alberich, M., Ehrenfried, A., & Pérez del Real, P. (2007). El ciclo urbano del agua: Un nuevo modelo de sistema integral de gestión . *Ideas Sostenibles*, 1-8.
- López, A. (2014). *Cambio climático, distribución del ingreso y la pobreza. El caso de México*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Lozano, A., & Bravo, S. (2014). Análisis del Plan de Acción del humedal Torca, con base en la evaluación ambiental estratégica. *Revista Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.)*, Vol. 24. No. 38. pp. 9-19.
- MADS. (s.f.). *Ira Conferencia del Clima*. Recuperado el 22 de Febrero de 2018, de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible: <http://www.minambiente.gov.co/>

- MADS. (2016). *Política para la gestión sostenible del suelo*. Bogotá: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible,.
- MADS. (2017). *Política nacional de cambio climático: documento para tomadores de decisiones*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- MADS. (s.f.[a]). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Recuperado el 15 de Noviembre de 2017, de <http://www.minambiente.gov.co>
- MADS. (s.f.[b]). *Gestión Territorial de Cambio Climático*. Obtenido de Aproximación a territorio: Planes Territoriales de Cambio Climático: <http://www.minambiente.gov.co>
- MADS. (s.f.[c]). *Política Nacional para la Gestión Integral de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos (PNGIBSE)*. Bogotá D.C.
- MADS. (s.f.[d]). *Suelo: Estrategia para la Gestión Integral Ambiental del Suelo en Colombia - GIAS*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2017, de <http://www.minambiente.gov.co>
- Magrin, G. (2015). *Estudios del cambio climático en américa latina: Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe*. Santiago de Chile : Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) .
- Mantilla, F. J. (2009). Hacia la consolidación del territorio urbano del Distrito Capital de Bogotá. *Revista de ingeniería*(29), 96-99.
- Massol, A. A., & Fuentes, F. (2002). *Manual de laboratorios. Ecología de microorganismos*. Puerto Rico.: Universidad de Puerto Rico. Obtenido de <https://www.uprm.edu/>
- MAVDT. (2010). *La Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Bogotá D.C.: Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- MAVDT, M. d. (01 de Febrero de 2006). Resolución 196 del 01 de Febrero del 2006. "Por la cual se adopta la guía técnica para la formulación de planes de manejo para humedales en Colombia". Bogotá, Colombia.

- Mazzoni, E. (2014). Unidades de paisaje como base para la organización y gestión territorial. *Revista de Geografía Estudios Socioterritoriales*, II(16), 51-81.
- McKenzie, F. (2011). *Our Changing Planet: An Introduction to Earth System Science and Global Environmental Change*.
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Evaluación de los Ecosistemas del Milenio: Informe de síntesis (borrador final)*. Washington, D.C.: Island Press.
- Mínguez, S., & Álvarez, F. (2014). El concepto de paisaje y sus elementos constituyentes: requisitos para la adecuada gestión del recurso y adaptación de los instrumentos legales en España. *Revista Colombiana De Geografía*, 24(1), 29-42.
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2014). *Cambio climático: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Guía resumida del Quinto Informe de Evaluación del IPCC - Grupo de trabajo II*. Madrid.
- Ministerio del Medio Ambiente. (2002). *Política Nacional para Humedales interiores de Colombia. Estrategias para su conservación y Uso sostenible*. Bogotá D.C.: Panamericana Formas e Impresos.
- Monsalve, J. (2009). Marco histórico y estado del arte de los modelos de evolución del paisaje y de erosión. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 47-57.
- Montealegre, J. E. (2009). *Estudio de la variabilidad climática de la precipitación en Colombia asociada a procesos oceanicos y atmosféricos de meso y gran escala*. Bogotá D.C.: Instituto De Hidrologia, Meteorologia Y Estudios Ambientales, IDEAM - Subdirección de Meteorología.
- Montoya-Rojas, G. (2011). *La Zonificación ambiental en la cuenca hidrográfica media del rio Negro. Un modelo de aplicación en Útica (Cundinamarca, Colombia). (Tesis Doctoral)*. Universidad de Salamanca.
- Montoya-Rojas, G. (2015). *Propuesta de metodología de Análisis Integrado para la Gestión de la Ecología del Paisaje*. Bogotá.

- Montoya-Rojas, G. (2016). Gestión integral de la industria cauchera en el municipio de San José del Guaviare, Colombia. *Perspectiva Geográfica*, 277-298.
doi:10.19053/01233769.5854
- Montoya-Rojas, G. (2018). *Lineamientos epistemológicos para la aplicación de la Geografía del Suelo*. . Bogotá D.C.: Libro Sociedad Geográfica Colombiana. .
- Moreno, H., Ibáñez, S., & Gisbert, J. M. (s.f.). *Andisoles*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Moreno, V., García, J., & Villaalba, C. (n.d.). *Descripción general de los humedales de Bogotá, D.C.* Bogotá: Sociedad Geográfica de Colombia.
- Moya, B., Hernandez, A., & Borrell, H. (2005). Los Humedales ante el Cambio Climático. *Simposio Internacional Humedales 2003* (pp. 127-132). Matanzas: Investigaciones geográficas.
- Naciones Unidas. (2003). *Ecosistemas y Bienestar Humano: Marco para la Evaluación (Resumen)*. Informe del Grupo de Trabajo sobre Marco Conceptual de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio. World Resources Institute.
- Nastar, T. (2014). *Generación de gases de efecto invernadero en los sedimentos de un humedal natural eutrofizado: influencia de nutrientes (N y P)*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- OMM. (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza.
- OMM. (s.f.). *Programas - Sumario*. Recuperado el 22 de Febrero de 2018, de Organización Meteorológica Mundial: <https://www.wmo.int>
- OMS. (2003). *Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas*. Ginebra. Obtenido de <http://www.who.int>
- ONU. (1973). *Informe de la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. Nueva York: Naciones Unidas.
- ONU Medio Ambiente. (s.f.). *Sobre ONU Medio Ambiente*. Recuperado el 22 de Febrero de 2018, de <https://www.unenvironment.org/>

- OpenStax College. (2015). *Ciclos Biogeoquímicos*.
- Organización Mundial de la Salud - OMS. (2003). *Cambio climático y salud humana: riesgos y respuestas*. Ginebra. Obtenido de <http://www.who.int>
- Orjuela, H. (2010). El Suelo al servicio de la sociedad y su rol en el contexto de los cambios globales. *Tendencias*, XI(2), 53-62.
- Orjuela, H. (2016). El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 33(2), 117-124.
doi:<http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
- Pabón, J. (s.f.). *El cambio climático en Colombia: Tendencias en el siglo XX y proyecciones para el siglo XXI*. Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/907429/1014888/06+Jos%C3%A9+Dani+el+Pab%C3%B3n+-+Cambio+Clim%C3%A1tico+Colombia.pdf/b57c8941-ed95-4348-b919-1efecbfd0ed9>
- Pabón, J., & Chaparro, R. (1998). Colombia en el ambiente global. En P. Leyva, *El Medio Ambiente en Colombia* (págs. 14-33). Bogotá D.C.: IDEAM.
- Pabón, J., Zea, J., León, G., Hurtado, G., González, O., & Montealegre, J. (2001). La atmósfera, el tiempo y el clima. In P. Leyva, *El Medio Ambiente en Colombia* (pp. 34-91). Bogotá D.C.: IDEAM.
- Pinzón, M., Guerrero, A., Portilla, J., J., P., Roza, A., & Cubillos, A. (2008). *Preparándose para el futuro: Amenazas, riesgos, vulnerabilidad y adaptación frente al cambio climático*. Bogotá D.C.: UNODC.
- Porras, M. (2013). *Efectos del cambio climático en la producción y rendimiento de cultivos por sectores*. Fondo Financiero De Proyectos De Desarrollo – FONADE.
- Prat, N., & Munné, A. (2009). Impactos en los ecosistemas acuáticos. En Agència Catalana de l'Aigua, *Agua y Cambio Climático. Diagnóstico de los impactos previstos en Cataluña*. (págs. 209-214). Catalunya: Departament de Medi Ambient i Habitatge. Obtenido de <https://aca-web.gencat.cat>

- Preciado, A. (2000). *La Estructura Ecológica Principal de la Sabana de Bogotá*. Bogotá D.C.: Sociedad Geográfica de Colombia.
- Publicaciones Semana S.A. (18 de Septiembre de 2012). *Informe: Bogotá se hunde por extracción de agua*. Obtenido de <http://www.semana.com>
- Pulgarín, M. (2002). El estudio del espacio geográfico, ¿posibilita la integración de las ciencias sociales que se enseñan? *Revista Educación y Pedagogía*, XIV(34), 181-194.
- Pulido, A. P., Hernández, N. C., Moreno, D. P., González, W. R., Castro, C. P., Ojeda, F. S., & González, K. S. (2009). Desarrollo sostenible y el agua como derecho en Colombia. *Estudios Socio-Jurídicos*, 11(1), 84-116.
- Ramírez, D., Trespacios, O., Ruiz, F., & Otero, J. (2008). *Conectividad Ecológica en la Zona Urbano Rural de la Localidad de Suba*. Bogotá D.C.: Nstituto De Investigación De Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- Ramsar. (s.f.). *RAMSAR*. Recuperado el 14 de Noviembre de 2017, de Acerca de la Convención Ramsar y su misión: <http://www.ramsar.org/>
- Ramsar. (s.f.[a]). *THE RAMSAR CONVENTION SECRETARIAT*. Obtenido de <http://www.ramsar.org/es>
- Reyes, L., & Volpedo, A. (2013). *Evaluación de los cambios de estado en ecosistemas degradados de Iberoamérica*. Buenos Aires: Programa CYTED.
- Rodríguez, J. M., Vicente da Silva, E., & Leal, A. (2012). Paisaje y Geosistema: Apuntes para una discusión teórica. *Revista Geonorte*, 1(4), 78-90.
- Rodríguez, L. (2009). La Teoría General De Sistemas en la Geografía (elementos teóricos de análisis). En F. Bernal, M. Plata, & J. Gaytán, *Fundamentación teórico-metodológica del Cuerpo Académico Análisis Geográfico Regional* (págs. 121-122). Toluca, México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Rodríguez, M. J. (1984). *Apuntes de Geografía de los Paisajes*. Ciudad de la Habana: Facultad de Geografía. U.A.E.M.

- Rojas, M., Casas, A., Ordóñez, D., Sarmiento, J., Idrobo, J., Sarria, V., . . . Quijano, D. (2014). Metodología para el análisis de vulnerabilidad en cuencas abastecedoras de agua ante la variabilidad climática. *Revista Ingenierías*, 13(25), 29-43.
- Ruiz, G. A. (2012). *Infraestructura y áreas protegidas en Bogotá-Cundinamarca: Diagnóstico y evaluación preliminar para la construcción de líneas estratégicas en el ordenamiento territorial*. Bogotá D.C.: Alcaldía Mayor de Bogotá - Secretaría Distrital de Ambiente.
- Russi, D., ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Förster, J., . . . Davidson, N. (2013). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity for Water and Wetlands*. London and Brussels: IEEP - Ramsar Secretariat.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2010). *El manejo de las aguas subterráneas: Lineamientos para el manejo de las aguas subterráneas a fin de mantener las características ecológicas de los humedales*. (Cuarta ed., Vol. 11). Gland, Suiza: Secretaría de la Convención de Ramsar.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2013). *Manual de la Convención de Ramsar: Guía a la Convención sobre los Humedales (Ramsar, Irán, (Sexta ed.)*. Gland, Suiza: Secretaría de la Convención de Ramsar.
- Secretaría de la Convención de Ramsar. (2015). *Humedales: fuente de medios de vida sostenibles*. Ficha Informativa 7. Secretaría de la Convención de Ramsar. Obtenido de <https://www.ramsar.org/es/recursos/publicaciones>
- Secretaría del Ozono. (s.f.). *El Protocolo de Montreal Relativo a las Sustancias que Agotan la Capa de Ozono*. Recuperado el 22 de Febrero de 2018, de Secretaría del Ozono: <http://ozone.unep.org/es/>
- Secretaría del Ozono. (s.f.[a]). *Manual del Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono*. Recuperado el 22 de Febrero de 2018, de Secretaría del Ozono: <http://ozone.unep.org/es/>

- Secretaría Distrital de Ambiente. (2014). *Los espacios del agua como ejes de la planeación territorial en Bogotá*. Bogotá D.C.: Dirección de Planeación y Sistemas de Información Ambiental. Subdirección de Políticas y Planes Ambientales.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2015). *Descripción y contexto de las cuencas hídricas del Distrito Capital (Torca, Salitre, Fucha y Tunjuelo)*. Bogotá D.C.: Dirección de Control Ambiental, Subdirección del Recurso Hídrico y del Suelo, Grupo: Recurso Hídrico Superficial.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2017). *Humedales*. Obtenido de <http://www.ambientebogota.gov.co>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (s.f.). *Estructura Ecológica Principal*. Obtenido de <http://www.ambientebogota.gov.co>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (s.f.[a]). *Alcaldía Mayor de Bogotá D.C.* Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de Secretaría Distrital de Ambiente: <http://www.sdp.gov.co/PortalSDP/CerrosOrientales/Descripcion>
- Secretaría Distrital de Planeación. (2009). *Conociendo Bogotá y sus localidades: Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos*. Bogotá D.C.: Alcaldía Mayor de Bogotá.
- Sepúlveda, C. (2010). Uso y valor del recurso hídrico urbano. Sistema de agua potable en Culiacán, México. *Urbano 21*, 41-47.
- Serieys, N. (2004). *Impacto de recarga artificial sobre la calidad del agua en acuíferos sensibles de la Sabana de Bogotá*. Bogotá D.C.: Universidad de los Andes.
- Stern, S. N. (2006). *Stern Review: The Economics of Climate Change*. United Kingdom.
- Strayer, D., & Dudgeon, D. (2010). Freshwater biodiversity conservation: recent progress and future challenges. *Journal of the North American Benthological Society*, 29(1), 344–358. doi:10.1899/08-171.1

- Suárez, J., Puertas, J., Anta, J., Jácome, A., & J., Á.-C. (2014). Gestión integrada de los recursos hídricos en el sistema del agua urbana: Desarrollo Urbano Sensible al Agua como enfoque estratégico. *Ingeniería del Agua*, 111-123.
- Tockner, K., Bunn, S., Gordon, C., Naiman, R., Quinn, G., & Stanford, J. (2008). Food plains: critically threatened ecosystems. In aquatic Ecosystems. *Aquatic Ecosystems - Trends and Global Prospects*, 45-61.
- Trueba, J. J. (2012). Carl Troll y la Geografía Del Paisaje: Vida, obra y traducción de un texto fundamental. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 59*, 173-200.
- UNICEF. (2012). *Adaptación al cambio climático y reducción del riesgo de desastres en el sector de la educación*. Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia.
- UNWTO, OMM y PNUMA. (2007). *Cambio climático y turismo: Responder a los retos mundiales*. The World Tourism Organization.
- Uscátegui, A. (1992). Geología e Hidrogeología de Santafé de Bogotá y su Sabana. *VII Jornadas Geotecnicas de la Ingeniería de Colombia*, (pp. 1-12). Bogotá D.C.
- USDA. (1998). *Keys to Soil Taxonomy* (Eighth Edition ed.). United States: Soil Survey Staff.
- USDA. (2010). *Keys to Soil Taxonomy* (Eleventh Edition ed.). United States: Soil Survey Staff.
- USDA. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos* (Décima segunda ed.). (C. Ortiz-Solorio, M. C. Gutiérrez-Castorena, & E. Gutiérrez-Castorena, Trans.) Estados Unidos.
- USGS. (s.f.). *Interaction of Ground Water and Surface Water in Different Landscapes*. Recuperado el 22 de Enero de 2018, de <https://pubs.usgs.gov/>
- Valencia, D., Estrada, L., & Ramírez, M. (2015). *El estudio del Municipio de Medellín como Geosistema: una propuesta didáctica desde las salidas de campo*. Medellín: Centro de Investigaciones Educativas y Pedagógicas –CIEP.

- Van der Hammen, T. (1986). La Sabana de Bogotá y su lago en el pleniglacial medio. *Caldasia*, Vol. XV, Nos. 71.75., 249-262.
- Van der Hammen, T. (1998). *Plan Ambiental de la cuenca alta del Río Bogotá: Análisis y reorientaciones para el ordenamiento territorial*. Bogotá D.C.: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca.
- Velandia Patiño, F., & De Bermoudes, O. (2002). Fallas Longitudinales Y Transversales En La Sabana De Bogotá, Colombia. *Boletín de Geología*. Vol. 24, No. 39., 37-48.
- Velázquez, B. R., & Levi, L. L. (2015). *Espacio, paisaje, región, territorio y lugar: la diversidad en el pensamiento contemporáneo*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Villa, H. (2012). Importancia histórica y cultural de los humedales del borde norte de Bogotá (Colombia). *Revista U.D.CA Actualidad & Divulgación Científica*, 15(1), 167 - 180.
- Villaseca, S. (1990). La temperatura del suelo. *Agricultura técnica*, 50(2), 155-160.
- Walter, K., Smith, L., & Stuart Chapin, F. (2007). Methane bubbling from northern lakes: present and future contributions to the global methane budget. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 1657-1676.
- WEF. (2017). *Global Risks Report 2017*. Obtenido de <http://reports.weforum.org/>
- World Vision. (2004). *Manual del Manejo de Cuencas*. El Salvador.
- WWAP. (2003). *Agua para todos, agua para la vida*. Paris: © UNESCO-WWAP.
- Zinck, J. (2012). *Geopedología: Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales*. Enschede: ITC Special Lecture Notes Series.