

# CONECTIVIDAD DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS A TRAVÉS DEL PAISAJE DEL DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ



***UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES***  
***ANGIE LORENA MOYANO MOLANO – LINDA LINNEY RUSINQUE QUINTERO***  
***Bogotá D.C., Colombia***  
***2020***

**CONECTIVIDAD DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS A TRAVÉS DEL PAISAJE DEL  
DEPARTAMENTO DE CAQUETÁ**

**Angie Lorena Moyano Molano - Linda Linney Rusinque Quintero**

**Trabajo de investigación como opción de grado para optar por el título de Ingeniero  
Geógrafo y Ambiental**

**Dirigido por Dra. Grace Andrea Montoya Rojas  
Agróloga. Sp. MSc. Ph.D**

**U.D.C.A.  
UNIVERSIDAD DE CIENCIAS APLICADAS Y AMBIENTALES  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DE LA SOSTENIBILIDAD  
INGENIERÍA GEOGRÁFICA Y AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA  
2020**

## AGRADECIMIENTOS

A nuestras familias especialmente a nuestros padres y hermanos por la paciencia al no poder compartir lo suficiente durante estos días difíciles de confinamiento, a nuestros amigos y futuros colegas con quienes nos formamos y disfrutamos a lo largo de estos años, a nuestras mascotas por la compañía en las interminables noches de estudio.

Agradecemos a los profesores que fueron guías en este camino de aprendizaje que con su paciencia y sabiduría nos enseñaron mucho más que lo meramente académico y nos han impulsado a descubrir el océano que está afuera de nuestro acuario, a cada territorio recorrido que dejó huella y nos permitió conocer diferentes realidades.

A la universidad epicentro del conocimiento entre cerros y humedales (a dos horas o más de nuestros hogares) donde se nos dio la oportunidad de formarnos como profesionales y disfrutar de un campus que va más allá de ladrillos y cemento haciéndonos salir de lo cotidiano de la ciudad. Al programa de Ingeniería Geográfica y Ambiental que tiene la misión de formar profesionales integrales con sensibilidad social, competentes para analizar, conocer y resolver problemas del territorio, orientando su desarrollo a partir de criterios de sostenibilidad y el diseño de técnicas para la gestión territorial durante estos 20 años. Al programa de movilidad académica quien nos ayudó a volar detrás de un sueño compartido al sur del continente donde nos acogió la Universidad Nacional del Sur y junto a ella profesores y personas con distintas culturas que hoy recordamos con especial cariño, allí entendimos el significado de un mate, una milonga y cuan duro golpea una bola de nieve en el Fin del mundo.

En general a todas las personas que hicieron parte de este proceso, quienes nos escucharon y brindaron apoyo aún sin conocernos, esperamos que en conjunto celebremos el momento en que se materialice la meta de ser llamadas ingenieras geógrafas y ambientales.

*Dedicamos este trabajo al departamento de Caquetá.  
Donde estallaron las flores que perfumaban los vientos  
y ahora estas renacen con alas de harpía, fuerza de jaguar y  
destreza de churuco. entre la selva, las serranías y la cordillera.*

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	8
ABSTRACT.....	9
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1.1. Localización geográfica del área de estudio .....	4
1.2. HIPÓTESIS .....	6
1.3. OBJETIVOS.....	6
1.3.1. Objetivo General.....	6
1.3.2. Objetivos Específicos .....	6
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	7
CAPÍTULO 2 .....	8
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	8
2.1. ESTADO DEL ARTE Y MARCO DE ANTECEDENTES.....	8
2.2. MARCO CONCEPTUAL .....	15
2.2.1. Ecología del paisaje .....	15
2.2.2. Conectividad del paisaje .....	16
2.2.3. Sistema Planetario .....	16
2.2.4. Áreas protegidas .....	18
2.2.5. Índice ProtConn (Áreas Protegidas bien Conectadas) .....	21
CAPÍTULO 3 .....	22
3. METODOLOGÍA .....	22
3.1. ETAPA 1: SISTEMAS PLANETARIOS Y LAS CARACTERÍSTICAS DE SUS ELEMENTOS.....	23
3.2. ETAPA 2: SUPERFICIE DE COSTO A PARTIR DE LOS SISTEMAS .....	23
3.2.1. Matriz de costo, Sistema Atmosférico .....	24
3.2.2. Matriz de costo, Sistema Hidrosférico .....	24
3.2.3. Matriz de costo, Sistema Geosférico .....	28
3.2.4. Matriz de costo, Sistema Biosférico .....	30
3.2.5. Matriz de costo, Sistema Antroposférico .....	34
3.3. ETAPA 3. ÁREAS PROTEGIDAS ¿ESTÁN BIEN CONECTADAS? .....	39

<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>.40</b>
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>40</b>
<b>4.1. SISTEMAS PLANETARIOS Y LAS CARACTERÍSTICAS DE SUS ELEMENTOS</b>	<b>40</b>
4.1.1. <i>Sistema Atmosférico</i>	40
4.1.2. <i>Sistema Hidrosférico</i>	43
4.1.3. <i>Sistema Geosférico</i>	48
4.1.4. <i>Sistema Biosférico</i>	57
4.1.5. <i>Sistema Antroposférico</i>	62
<b>4.2. SUPERFICIE DE COSTO A PARTIR DE LOS SISTEMAS</b>	<b>67</b>
4.2.1. <i>Sistema Atmosférico</i>	68
4.2.2. <i>Sistema Hidrosférico</i>	69
4.2.3. <i>Sistema Geosférico</i>	70
4.2.4. <i>Sistema Biosférico</i>	72
4.2.5. <i>Sistema Antroposférico</i>	73
4.2.6. <i>Superficie de costo</i>	75
<b>4.3. ÁREAS PROTEGIDAS ¿ESTÁN BIEN CONECTADAS?</b>	<b>76</b>
<b>CAPÍTULO 5</b>	<b>...77</b>
<b>5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>77</b>
<b>6. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES</b>	<b>85</b>
6.2. RECOMENDACIONES	85
6.3. CONCLUSIONES	86
<b>7. REFERENCIAS</b>	<b>88</b>
<b>8. ANEXOS</b>	<b>102</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Parámetros para la definición del área de estudio .....	5
Figura 2. Mapa localización área de estudio.....	5
Figura 3. Índice ProtConn (Áreas Protegidas bien Conectadas) en el mundo.....	10
Figura 4. Modelo para elaboración de Superficie de costo .....	38
Figura 5. Mapa temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010 (°C).....	40
Figura 6. Precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010 (mm).....	41
Figura 7. Mapa velocidad (m/s) y dirección del viento .....	42
Figura 8. Mapa clasificación climática de Caldas-Lang.....	43
Figura 9. Mapa Área, Zona y Subzonas hidrográficas del área de estudio.....	44
Figura 10. Mapa cuerpos de agua superficial del área de estudio .....	45
Figura 11 Patrón y Sinuosidad de los ríos .....	47
Figura 12. Mapa zonas potenciales de recarga .....	48
Figura 13, Mapa estratigráfico.....	49
Figura 14. Mapa cronoestratigráfico.....	52
Figura 15, Mapa de paisaje .....	54
Figura 16. Mapas pendientes .....	54
Figura 18. Modelo digital de elevación (con vista desde el sur) .....	56
Figura 19. Mapa clasificación subórdenes y suelos especiales.....	57
Figura 20. Representación numérica de especies encontradas en AP seleccionadas (grupo1) ....	59
Figura 21. Representación numérica de especies encontradas en AP seleccionadas (grupo2) ....	59
Figura 22. Representación numérica de especies encontradas en AP seleccionadas (grupo3) ....	60
Figura 23. Representación numérica de especies encontradas en AP seleccionadas (grupo4) ....	61
Figura 24. Representación de especies encontradas en PNNSCH.....	62
Figura 25. Mapa coberturas, agrosistema .....	64
Figura 26. Mapa infraestructura, antroposistema .....	65
Figura 27. Mapa figuras legales de conservación o manejo especial, tecnosistema.....	67
Figura 28. Mapa matriz de costo sistema atmosférico.....	68
Figura 29. Distribución porcentual del área de estudio por costo, sistema atmosférico.....	68
Figura 30. Mapa matriz de costo sistema hidrosférico .....	70
Figura 31. Distribución porcentual del área de estudio por costo, sistema hidrosférico .....	70
Figura 32. Mapa matriz de costo, sistema geosférico.....	71
Figura 33. Distribución porcentual del área de estudio por costo sistema, geosférico.....	71
Figura 34. Mapa matriz de costo sistema, biosférico.....	72
Figura 35. Distribución porcentual del área de estudio por costo sistema, biosférico.....	73
Figura 36. Mapa matriz de costo sistema, antroposférico .....	74
Figura 37. Distribución porcentual del área de estudio por costo sistema, antroposférico .....	74
Figura 38. Mapa superficie de costo .....	75
Figura 39. Distribución porcentual del área de estudio por costo en la superficie de costo.....	75
Figura 40. Índice Protconn a nivel municipal del departamento de Caquetá .....	77
Figura 41. Relación del porcentaje de áreas por costo en cada Sistema Planetario y su valor ponderado.....	83

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Áreas Protegidas para conformar el SIDAP-Caquetá.....	14
Tabla 2. Sistemas Planetarios, Componentes y Elementos.....	17
Tabla 3. Categorías de manejo de las diferentes áreas protegidas presentes en el área de estudio.....	19
Tabla 4. Insumos utilizados en el trabajo de investigación.....	22
Tabla 5. Costo: intervalos de precipitación.....	24
Tabla 6. Costo: zonas de potencialidad de recarga .....	28
Tabla 7. Suelos: características subórdenes, suelos especiales y costos .....	30
Tabla 8. Características Especies focales.....	32
Tabla 9. Costo: tipo de Vía .....	34
Tabla 10. Costo: elementos del Antroposistema.....	36
Tabla 11. Costo: variables del Tecnosistema.....	38
Tabla 12. Características de los drenajes según región.....	46
Tabla 13. Descripción estratigráfica y tipo de rocas .....	50
Tabla 14. Cronoestratigrafía del área de estudio.....	53
Tabla 15. Descripción de las pendientes.....	55
Tabla 16. Distribución población por municipio .....	62
Tabla 17. Característica de los flujos adaptada a escala numérica trabajada.....	67
Tabla 18. Costo: elemento hidrosférico .....	69
Tabla 19. Área protegida en cada municipio .....	76
Tabla 20. Resumen de las relaciones entre cada uno de los elementos.....	81

## RESUMEN

La pérdida de conectividad del paisaje se traduce en la disminución del funcionamiento conjunto de los flujos o procesos ecológicos, en el departamento de Caquetá se localizan 13 áreas protegidas cubriendo un 38,50% de su área bajo figuras legales de conservación, estas dependen de los flujos; producto de la interacción de los elementos del sistema Andes – Amazonía, es por esto por lo que se deseó saber ¿cuál es el estado de la conectividad de las áreas protegidas del departamento de Caquetá?, a través del análisis de la conectividad entre estas por medio de la identificación de las características de los elementos agrupados en cinco sistemas planetarios y la elaboración de una superficie de costo representando la medida en que se limita o favorece la propagación de los flujos en el paisaje la cual fue necesaria para cuantificar el estado de la conectividad entre áreas protegidas del departamento.

Este trabajo de grado se enmarca dentro del proyecto de investigación dirigido por la Prof. Dr. Grace Andrea Montoya Rojas, titulado: “Fase II: Analizar los beneficios ecosistémicos de regulación del suelo en la historia ambiental de la relación cuenca hidrográfica-ciudad”. Proyecto que hace parte del semillero Geoperspectivas del grupo de investigación – INGEDET de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.

Las características identificadas de los elementos demostraron que tienen un comportamiento sistémico lo que significa que están interrelacionadas permitiendo en mayor porcentaje movimientos altos de los flujos y en menor medida movimientos moderados y con dificultad, esto fue reflejado en que el 38,45% del área del departamento se encuentran protegido bien conectado, lo que significa que el 99% de las áreas protegidas están bien conectadas, se identificó que este valor depende casi en su totalidad del estado de conservación de los elementos alrededor del PNN Serranía de Chiribiquete y de su extensión. Por otro lado, el 1% restante se distribuye principalmente en el municipio de San Vicente del Caguán, seguido por Cartagena del Chairá y por último en Florencia. Se consideró que, debido a la gran influencia de las coberturas de la tierra en la propagación de flujos, estos resultados están ligados al año al que corresponde esta información, en este caso al 2018.

**Palabras Clave:** Conectividad del Paisaje, Ecología del Paisaje, Sistema Planetario, Áreas Protegidas, Caquetá, Chiribiquete, Índice ProtConn

## ABSTRACT

The loss of landscape connectivity translates into a decrease in the joint operation of ecological flows or processes, in the department of Caquetá 13 protected areas are located, covering 38.50% of its area under legal conservation means, these depend on the flows; As a result of the interaction of the Andes - Amazon system elements, this is why this investigation wants to know, what is the state of connectivity of the protected areas of the department of Caquetá ?, through the analysis of the connectivity between these by mean of the identification of the elements characteristics grouped into five planetary systems and the elaboration of a cost surface representing the degree of the propagation of flows in the landscape is limited or favored, which was necessary to quantify the state of the connectivity between protected areas of the department.

This work is part of the research project led by Prof. Dr. Grace Andrea Montoya Rojas, entitled: "Phase II: Analyze the ecosystem benefits of soil regulation in the environmental history of the hydrographic basin-city relationship." Project that is part of the Geoperspectives of the research group - INGEDET of the Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales - U.D.C.A.

The identified elements characteristics showed that they have a systemic behavior, which means that they are interrelated, allowing higher flows movements in a greater percentage and to a lesser amount moderate movements and with difficulty, this was reflected in the fact that 38.45% of the department area are protected and well connected, which means that 99% of protected areas are well connected, it was identified that this value depends almost entirely on the state of elements conservation around the PNN Serranía de Chiribiquete and its extension. On the other hand, the remaining 1% is distributed mainly in the municipality of San Vicente del Caguán, followed by Cartagena del Chairá and lastly in Florencia. It was considered that, due to the great influence of land cover on the flows propagation, these results are linked to the year to which this information corresponds, in this case to 2018.

**Key Word:** Landscape Connectivity, Landscape Ecology, Planetary System, Protected Areas, Caquetá, Chiribiquete, ProtConn Index

## INTRODUCCIÓN

La ecología del paisaje es el estudio de la distribución e interrelación de diversos elementos del paisaje, los cuales tienen variabilidad espacial, escalar y temporal (Vila, Varga, Llausàs, & Ribas, 2006), esta busca integrar al máximo dichos elementos, bióticos y abióticos, porque como dice Vila et al. (2006) aun cuando existe la posibilidad de estudiar de manera independiente cada uno de estos, la ecología del paisaje lo hace desde un análisis sistémico permitiendo comprender adecuadamente y de una forma más aproximada a la realidad sus diferentes procesos. Von Bertalanffy (1993) coincide con la idea de abarcar el estudio como un sistema, en el que se comprenden sus componentes y esto a su vez permite ver diferencias con otros sistemas, pero que de manera conjunta dos o más sistemas operan como un todo complejo.

Con la evolución del estudio de la ecología del paisaje se incorpora la investigación cuantitativa de la fragmentación de hábitats, conservación de la biodiversidad, corredores biológicos y de la conectividad de procesos ecológicos, también el análisis de la estructura, funcionalidad y cambio en el tiempo de las unidades de paisaje (Vila et al., 2006).

La conectividad del paisaje hace referencia a las circunstancias en las que los elementos de este permiten o restringen el intercambio de flujos (Taylor, Fahrig, Henein, & Merriam, 1999). Esta se puede abarcar desde una visión estructural o funcional, la estructural determina la conexión espacial de diferentes tipos de parches con recursos en el paisaje y la funcional que se refiere a la respuesta de los elementos frente a la estructura física del mismo (Bennett, 1998), en este trabajo se aborda el concepto desde la visión funcional.

Bennett (1998) menciona que los patrones del paisaje condicionan el movimiento de flujos claves, en las estrategias de conservación de la naturaleza. Anteriormente, las áreas protegidas eran consideradas como el eje central de la conservación, sin embargo, su enfoque cambió construyendo ahora redes y sistemas que tienen en cuenta la relación interdependiente con los ecosistemas circundantes de cada una de las áreas protegidas, haciendo participe al ser humano, con el fin de que la conservación de la naturaleza y sus flujos se garanticen a escala regional, nacional e internacional (Bennett, 1998; CBD, 2018; Herrera & Díaz, 2013). De esta forma evoluciona el paradigma tradicional de gestión aislada de las áreas protegidas (de ahora en adelante AP) hacia un contexto paisajístico (Paredes-Leguizamón, 2018) ya que para el escenario de cambio climático la ausencia de conectividad entre estas, las puede convertir en trampas climáticas dificultando su capacidad para cumplir sus objetivos de conservación (Areiza, Corzo, Castillo, Matallana, & Correa-Ayram, 2018; Krosby, Tewksbury, Haddad, & Hoekstra, 2010).

En Colombia el concepto de área protegida se incorpora con la Ley N°165, 1994 en la legislación ambiental, el artículo 2 define: *Por "área protegida" a un área definida geográficamente que ha sido designada o regulada y administrada a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación*".

Teniendo en cuenta todo lo anterior el objetivo de esta investigación busca conocer el estado de la conectividad entre las áreas protegidas del departamento de Caquetá desde la ecología del paisaje; identificando los elementos de cinco diferentes sistemas; atmosférico,

hidrosférico, geosférico, biosférico y antroposférico (Montoya-Rojas, 2011, 2018)<sup>1</sup>. Este departamento se encuentra en el sistema Andes-Amazonía, su configuración espacial es estratégica para la dinámica de los flujos claves en el funcionamiento de la red de AP del sistema (CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe & Patrimonio Natural, 2013).

Es seleccionado como base del área de estudio un departamento por su división en municipios, ya que en ellos se pueden incorporar instrumentos técnicos para considerar las AP en los procesos de ordenamiento territorial permitiendo una gestión más apropiada a partir de su influencia en el grado de conectividad de las AP evaluadas (Paredes-Leguizamón, 2018). De esta forma se aplica el índice *Protected Connected Land (ProtConn)*, el cual cuantifica en primera instancia el porcentaje del área de estudio cubierto por AP bien conectadas y en segundo lugar el porcentaje a nivel municipal, permitiendo saber en dónde es necesario fortalecer la conectividad mediante estrategias de gestión territorial (Saura, Bastin, Battistella, Mandrici, & Dubois, 2017), esto basándose en una superficie de costo la cual según Balbi et al. (2019) indica los lugares donde los diferentes flujos del paisaje son más o menos favorecidos en cada sistema planetario.

---

<sup>1</sup> Adicionalmente, este trabajo de grado se enmarca en el proyecto de investigación dirigido por la Prof. Dr. Grace Andrea Montoya Rojas, titulado: “Fase II: Analizar los beneficios ecosistémicos de regulación del suelo en la historia ambiental de la relación cuenca hidrográfica-ciudad”. Proyecto que hace parte del semillero Geoperspectivas del grupo de investigación – INGEDET de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A.

## CAPÍTULO 1

### 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

La pérdida de la conectividad del paisaje usualmente está asociada a las acciones antrópicas que derivan efectos negativos modificando significativamente el paisaje, esto se traduce en la disminución del funcionamiento conjunto de los flujos que son representados por el movimiento de especies y otros procesos ecológicos; una de las principales causas es la expansión de la infraestructura asociada al crecimiento urbano, industrialización, prácticas agropecuarias intensivas, vías y demás obras que satisfacen una necesidad (Bennett, 1998; Castro et al., 2001).

El impacto negativo de la pérdida de conectividad se acumula lentamente en el paisaje, haciendo que se continúen produciendo pérdidas de flujos que van más allá del momento concreto en el que se cambió la configuración original de este (Saura, 2013). Es por esto, por lo que se debe pensar en estrategias de conservación que permitan de manera sostenible el mantenimiento de elementos indispensables en la configuración del paisaje, aumentando su conectividad, teniendo en cuenta sus flujos. (Castro et al., 2001) ya que esto se considera pieza clave en los esfuerzos para la conservación de la naturaleza y la biodiversidad y contribuye a la mitigación de los efectos negativos del cambio climático (Crooks & Sanjayan (2006) como se cita en Saura, 2013).

Como se menciona anteriormente, el departamento de Caquetá se encuentra en el sistema Andes-Amazonía donde por millones de años se ha posibilitado la conectividad regional por el tránsito de flujos a través del paisaje (Clerici et al., 2019). La interacción de los ecosistemas de alta, media y baja montaña de los Andes y la disposición de la selva húmeda tropical permite un escenario ecológico único con dinámicas imponentes (Otero, Silva, & Mosquera, 2016), sin embargo, desde los últimos años esta región enfrenta diversos retos que provienen de la presión antrópica; agotamiento y contaminación de recursos naturales, pérdida acelerada de biodiversidad, erosión y degradación del suelo, la expansión agrícola y especialmente la deforestación, rompiendo el vínculo vital entre este sistema (Clerici et al., 2019).

El IDEAM<sup>2</sup> presenta un conjunto de boletines trimestrales de Alertas Tempranas de Deforestación con los principales núcleos de pérdida de bosque en Colombia. Para el 2017, 12 de los 24 núcleos identificados se localizaron en la región amazónica, Caquetá es el departamento que contiene el área con mayor porcentaje de hectáreas deforestadas (28% con 60.373 ha.) especialmente en los municipios de San Vicente de Caguán y Cartagena de Chairá ubicados en el piedemonte de la región (IDEAM, 2017). El IDEAM (2018) reportó una disminución del 10% de la deforestación nacional con referencia al año anterior, sin embargo, el Amazonas nuevamente presenta el valor más alto con un 70,1% de la totalidad de deforestación del país, Caquetá sigue

---

<sup>2</sup> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

en la misma posición con 46.765 ha. deforestadas en cuatro de los nueve núcleos identificados, sumándose a la lista el municipio de Solano.

Finalmente, el IDEAM (2019) para el último trimestre de este año, reportó que 10 de los 13 núcleos de deforestación se presentaron en la región amazónica; los tres restantes corresponden al sur del departamento de Meta, Caquetá en este año cubrió el 26% de la deforestaciones en los mismos municipios nombrados anteriormente, además de presentar detecciones dentro de los Parques Nacionales Naturales Serranía de Chiribiquete y Cordillera de los Picachos.

Estos dos últimos hacen parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP) del país; las AP permiten el funcionamiento e integridad de los sistemas ecológicos como parte integral del paisaje, además salvaguardan la biodiversidad y los ecosistemas que permiten la sostenibilidad de este (Clerici et al., 2019). En esta investigación se tiene en cuenta la red de 13 AP distribuidas sobre la cordillera de los Andes y la Amazonía Colombiana, entre estas dos regiones, sobre el piedemonte se encuentra el mayor foco de crecimiento urbano y económico del departamento demostrando potenciales peligros para la conectividad de estas (Fundación Equilibrio, 2009), en conjunto todo lo anterior genera el interés de saber desde la visión de la ingeniería geográfica y ambiental ¿Cuál es el estado de la conectividad entre las áreas protegidas del departamento de Caquetá?

### ***1.1.1. Localización geográfica del área de estudio***

Aun cuando la ecología del paisaje no responde a delimitaciones territoriales o político administrativas (Serrano, 2012) se toma como área base para el trabajo, el departamento de Caquetá por su ubicación desde la vertiente oriental de la cordillera Oriental, el piedemonte Amazónico y Andino-Amazónico hasta la llanura Amazónica, este departamento es de suma importancia para la conectividad ecológica por ser la zona transicional entre los Andes y la Amazonía (CEPAL & Patrimonio Natural, 2013).

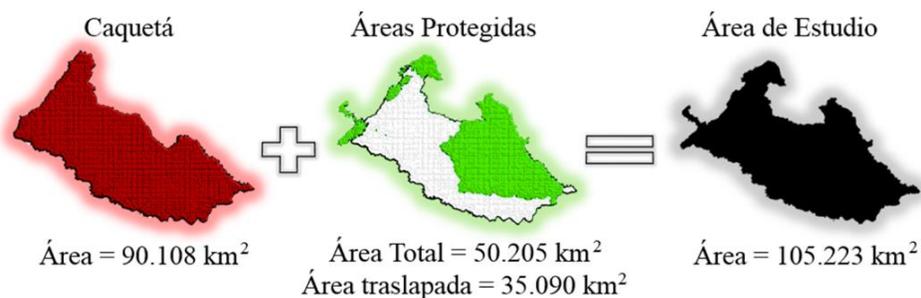
Este departamento se encuentra localizado al Sur del país al Noroeste de la región Amazónica con un área de 90.108 km<sup>2</sup> ubicándolo como el tercer departamento más grande de Colombia, cubriendo un poco menos del 8% del área continental del país, sus extremos se ubican al Norte en 2°57'66", al Este -71°18'52", el Sur se encuentra a -0°42' 66" y el Oeste -76°8'93", cuenta con una población de 359.602 habitantes (DANE<sup>3</sup>, 2018), administrativamente está dividido en 16 municipios; Florencia su capital, Albania, Belén de los Andaquíes, Curillo, El Doncello, El Paujil, La Montañita, Milán, Morelia, Puerto Rico, San José del Fragua, Solita, Valparaíso y los de mayor extensión San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá y Solano.

Además, se tiene en cuenta el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas (RUNAP), en este departamento se identifican 13 Áreas con diferentes categorías de manejo que incluyen Parques Nacionales Naturales (5), Parques Nacionales Regionales (4), Reservas Naturales de la Sociedad Civil (3), y Reservas Forestales Protectoras Nacionales (1), sin embargo, la totalidad

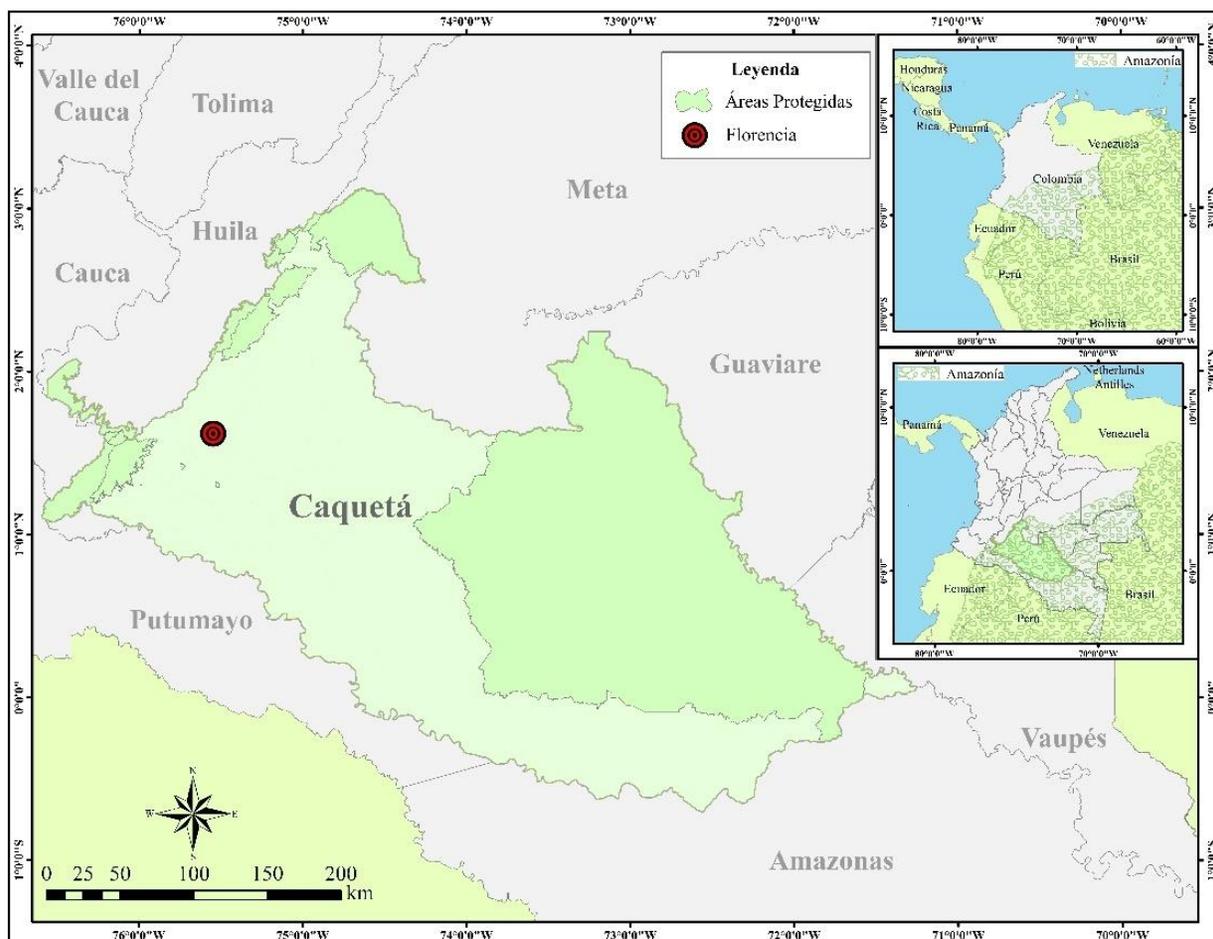
---

<sup>3</sup> Departamento Administrativo Nacional de Estadística

del área de cada una de estas AP no se encuentran dentro del departamento, condicionando la selección del área de estudio como la sumatoria del departamento y las AP que se traslapan con este. Bajo esta decisión son incorporados segmentos de los departamentos de Huila, Cauca, Meta y Guaviare, el área total de estudio comprende 105.223 km<sup>2</sup> y altitudes en la llanura Amazónica desde los 56 hasta los 3.689 m.s.n.m. en la cordillera Andina.



*Figura 1 Parámetros para la definición del área de estudio elaborado por las autoras*



*Figura 2. Mapa localización área de estudio*

## 1.2. HIPÓTESIS

Desde finales del siglo XIX el departamento de Caquetá ha recibido un sinnúmero de migrantes por diversas oportunidades extractivas y productivas, esta población movilizadada se ha ido asentando principalmente sobre el piedemonte por sus características geográficas; entre ellas, el clima, la diversidad de fauna y flora, suelos ricos en minerales, la posibilidad de intercambio comercial con el centro del país y alta oferta hídrica, esta última condiciona que a su alrededor se construyan los principales centros poblacionales y sea la red de comunicación hacia el interior del departamento.

El paisaje ha demostrado que desde sus inicios las presiones antrópicas se han concentrado en la zona transicional entre los Andes y la Amazonía, provocando alteraciones del movimiento natural de los flujos en el paisaje, de estos depende el buen funcionamiento de las áreas protegidas ya que estas no se deben concebir como zonas aisladas sino como redes interdependientes de su entorno para funcionar de manera sistémica en la conectividad de estas dos regiones.

Aun cuando se han declarado nuevas AP y se ha ampliado el PNN Serranía de Chiribiquete, en los últimos años las presiones han aumentado traducidas en deforestación y proyectos extractivistas a gran escala, provocando que la conectividad de las AP del departamento sea inferior al 17% siendo el valor propuesto por organizaciones mundiales para el buen funcionamiento de la red de ellas. Los municipios claves para la conectividad por su localización son; San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá y Solano, estos deben fortalecer sus estrategias de conservación, encaminadas al mejoramiento de la conectividad entre áreas protegidas para hacerlas funcionales, siendo estos los municipios que presentan menor porcentaje en el índice de conectividad entre AP.

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. *Objetivo General*

Analizar el estado de la conectividad entre las áreas protegidas del departamento de Caquetá.

### 1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Identificar las características de los elementos de cada sistema planetario a partir de la ecología del paisaje en el área de estudio.
- Elaborar una superficie de costo que involucre el comportamiento de los elementos de los sistemas planetarios en el área de estudio.

- Cuantificar el estado de la conectividad entre áreas protegidas del departamento de Caquetá.

#### 1.4. JUSTIFICACIÓN

Las áreas protegidas son esenciales para la conservación de la biodiversidad puesto que de ellas depende el destino de especies en peligro de extinción, la preservación de ecosistemas saludables y la prestación de servicios ecosistémicos (Gray et al., 2016 & Saura et al., 2017), no obstante, la efectividad de estas AP obedece al comportamiento de presiones externas las cuales condicionan la conectividad entre ellas facilitando o dificultando flujos o procesos ecológicos como la migración y la distribución de las especies (Gray et al., 2016). Juffe-Bignoli et al., (2014) indican que las áreas protegidas deben ser manejadas como parte de un paisaje, de lo contrario, la falta de conectividad con otras áreas protegidas que contienen hábitats naturales y diferentes poblaciones causaría disminución en la biodiversidad. Cuando se habla de conectividad se suele pensar en corredores constituidos por una franja de vegetación que une, en este caso, dos áreas protegidas y aunque esto sería valioso, Saura (2013) indica que la conectividad va más allá de elementos continuos y nítidamente diferenciables, los flujos se producen de forma difusa a través del paisaje y dependen de la configuración de este para movilizarse.

En Colombia se encuentra el departamento de Caquetá el cual contiene la mayor parte del área protegida de carácter nacional más extensa del país, Patrimonio Mixto (natural y cultural) de la Humanidad y una de las zonas más ricas en biodiversidad, el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete, en él confluyen elementos biogeográficos de distintos orígenes; de la llanura amazónica, de la vertiente oriental de la cordillera de los Andes y de los Llanos Orientales (Marín, 2018; Naranjo, 2017). Además del AP mencionada anteriormente, Caquetá cuenta con 12 AP más, registradas en el SINAP, estas áreas están distribuidas entre las estribaciones de la cordillera Oriental, el piedemonte Amazónico y Andino-Amazónico y la Serranía del Araracuara, entre las llanuras del río Yará y las vegas del río Caguán, Orteguzza y Caquetá (Ciro Rodríguez, 2018). El departamento también hace parte de la cuenca hidrográfica del Amazonas, la cual proporciona alrededor del 15% de agua dulce del planeta (Zenteno Claros et al., 2016), con lo anterior, el departamento se muestra como un lugar privilegiado por su biodiversidad, pero también ha sido protagonista de distintas olas extractivistas y dinámicas productivas que han modelado el paisaje del departamento (Ciro Rodríguez, 2018); entre esas la extracción de quina a finales del siglo XIX, del caucho a principios del siglo XX, luego en los años treinta se transitó hacia la ganadería y a finales de los años setenta se dio otra ola a causa de los cultivos de coca (CNMH - Centro Nacional de Memoria Histórica, 2018; Sandoval & Echandia, 1986).

En la segunda mitad del siglo XX se dio la mayor etapa de poblamiento en el piedemonte del departamento por parte de personas provenientes de departamentos aledaños como el Huila y el Tolima quienes huían de la violencia política, por otro lado, en lugar de una reforma agraria que distribuyera las tierras fértiles, el gobierno decidió profundizar la expansión de la frontera agrícola mediante políticas de colonización concebidas entre 1959 y 1980 por el Instituto Colombiano de Reforma Agraria (INCORA) por medio del Programa de Colonización Dirigida para la Amazonía, adjudicando predios para proyectos productivos en los que se priorizó la

ganadería, favoreciendo de nuevo al latifundio y acrecentando la deforestación (CNMH, 2018; Gómez, 2019) además, el Caquetá también fue escenario del conflicto armado por la presencia de las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), lo que llevó a la construcción de distintas bases militares y el asentamiento de otros grupos paramilitares (Nuñez et al., 2014). Así pues, la presencia de colonos en el departamento determinó las prácticas de uso y acceso de los recursos naturales dando lugar al desmonte progresivo de la cobertura de la tierra haciendo que los suelos frágiles que allí se encuentran pierdan su productividad dejando como única salida la siembra de pastos (Gómez, 2019; SINCHI - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas, 2007). Ahora, el departamento está sufriendo las consecuencias de la proyección del territorio caqueteño como ganadero a través de los conflictos de acceso a la tierra y de la praderización de la selva amazónica (Ciro Rodríguez, 2018).

Conociendo el contexto del departamento se muestra como un lugar estratégico no solo para el país sino también para el mundo (Gasca, 2019) por ser la matriz circundante de importantes áreas protegidas, se le están afectando sus dinámicas internas, como indica Herrera (2011) *“la estructura y configuración que rodea a los parches puede modular fuertemente la dinámica interna de estos”*, mostrando relación con las actividades actuales de la zona, al mismo tiempo, de estas dinámicas depende el mantenimiento de procesos ecológicos, actividades turísticas, la mitigación y adaptación frente al cambio climático y además el aporte a la pluriculturalidad de la región (Juffe-Bignoli et al., 2014; Pabon-Zamora et al., 2008). Es por esto por lo que en el Caquetá se debe lograr una gestión del paisaje que incluya las áreas protegidas y las dinámicas que las rodean incluyendo al ser humano (Vásquez & Andrade, 2016), esta gestión debe ser guiada por el análisis de la conectividad entre AP reconociendo los lugares donde se deben generar estrategias que faciliten el movimiento de los flujos del paisaje (Saura et al., 2017).

Para analizar la conectividad entre áreas protegidas también es necesario considerar las distancias entre ellas, pero en términos del costo o el esfuerzo que representa movilizarse a través del paisaje (Saura et al., 2017) para los procesos que se dan en cada sistema planetario (Montoya-Rojas, 2011, 2018) y por otro lado, evaluando dicha conectividad por medio de un índice ya que estos permiten la simplificación de un contexto complejo por medio de cifras que dan a entender el estado de este (Zetterberg, 2011).

## **CAPÍTULO 2**

### **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1. ESTADO DEL ARTE Y MARCO DE ANTECEDENTES**

Como primer parte de este capítulo se expone información de referencia al tema de investigación construyendo el estado del arte para este trabajo.

Organizaciones de nivel internacional se han preocupado entre muchas otras cosas, por la armonización de la acción humana con la naturaleza, la ONU<sup>4</sup> y su enfoque en el desarrollo sostenible y la UICN<sup>5</sup> como la autoridad mundial en cuanto a evaluar el estado de conservación de la naturaleza y los recursos naturales, de manera conjunta proveen medidas necesarias para proteger y conservar la naturaleza. A través de los años han desarrollado diversos espacios de encuentros entre naciones con la participación de agencias públicas y gubernamentales, organizaciones privadas, instituciones académicas o de investigación, organizaciones no gubernamentales y organizaciones comunitarias e indígenas donde se exponen temas de interés de nivel global (PNUMA & CDB, s.f.).

La UICN permitió la realización de tres primeros Congresos Mundiales de Parques Nacionales en 1962, 1972, y 1982 respectivamente, para continuar con un cuarto Congreso Mundial Sobre Parques Nacionales y Áreas Protegidas en Caracas, Venezuela (1992) como el primer espacio de esta categoría en América Del Sur, aquí el eje central era la relación entre las personas y las AP, seguido por la necesidad de identificar sitios de importancia para la conservación de la diversidad biológica, fomentando acciones estratégicas sobre AP para extender su red con el fin de cubrir al menos el 10% de cada uno de los principales biomas del mundo para el año 2000 (Meith & Hulm, 2003).

En este mismo año, meses posteriores se firma el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) siendo un tratado internacional jurídicamente vinculante con tres objetivos principales: (1) la conservación de la diversidad biológica, (2) la utilización sostenible de sus componentes y (3) la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos, el CDB es producto de las estrategias que deben adoptar las naciones para un desarrollo sostenible bajo principios básicos aprobados en las cumbres de Estocolmo (1972) y de Río (1992).

Este convenio cubre la diversidad biológica desde los ecosistemas, especies y recursos genéticos que están directa o indirectamente relacionados con el desarrollo, desde la ciencia, la educación, la agricultura, la cultura y la biotecnología. El órgano rector del CDB es la Conferencia de las Partes (COP) que reúne cada dos años a quienes participan del convenio para examinar el progreso, fijar prioridades y adoptar planes de trabajo en función de los objetivos (PNUMA & CDB, s.f.).

En la COP10 se incorporan las obligaciones del Convenio sobre la Diversidad Biológica en particular el Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 que a su vez incorpora las metas de Aichi. Estas conforman un conjunto de 20 metas, que deberían alcanzarse en el 2020 con el fin de asegurar que, “los ecosistemas sean resilientes y sigan suministrando servicios esenciales, asegurando de este modo la variedad de la vida del planeta y contribuyendo al bienestar humano y a la erradicación de la pobreza” (UICN, s.f.).

Las metas son agrupadas en cinco objetivos estratégico (A, B, C, D, y E), como efecto práctico y de interés en el objetivo C se busca mejorar la situación de la diversidad biológica salvaguardando los ecosistemas, las especies y la diversidad genética; en él se encuentra la Meta 11 definida así:

---

<sup>4</sup> Organización de las Naciones Unidas

<sup>5</sup> Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

*“Para el 2020, al menos el 17% de las zonas terrestres y de las aguas interiores y el 10% de las zonas marinas y costeras, especialmente las que revisten particular importancia para la diversidad biológica y los servicios de los ecosistemas, se habrán conservado por medio de sistemas de áreas protegidas administrados de manera eficaz y equitativa, ecológicamente representativos y bien conectados, y de otras medidas de conservación eficaces basadas en áreas, y estas estarán integradas a los paisajes terrestres y marinos más amplios” (UICN, s.f.).*

La Meta 11 de Aichi tiene como fin la integración de las áreas protegidas en los paisajes, tanto terrestres como marinos, entendiendo así la importancia de la conectividad entre AP, ya que no solo las expone como parches aislados, sino que entiende de la interdependiente con los ecosistemas circundantes haciendo que la conservación de la biodiversidad y las funciones ecológicas sean garantizadas (CBD, 2018). Esto permite que la conectividad pase a tener relevancia en la red de AP la cual es evaluada tanto nacional como internacionalmente, teniendo en cuenta que la conservación de la biodiversidad trasciende los límites políticos y que se garantice el mantenimiento de la conectividad del paisaje, en el que las áreas protegidas son elementos esenciales, proporcionando oportunidades para potenciar estrategias participativas de conservación (RedParques, Proyecto IAPA, & Pronatura México, 2018).

Desde una visión global Saura et al. (2018) con el interés de conocer el estado de conectividad de las áreas protegidas por cada uno de los países del mundo, aplica el índice Protconn encontrando que globalmente en promedio el 7,5% del área de los países está cubierta por tierras conectadas protegidas, que es aproximadamente la mitad de la cobertura global de AP, y que solo el 30% de los países cumplen con iniciativas de conectividad.

Para estimar estos valores son considerados varios elementos, entre estos; el sistema de AP de la base de datos mundial sobre áreas protegidas, una distancia que cubre la capacidad de dispersión mediana de la mayoría de las especies terrestre a partir de un cálculo de la probabilidad de dispersión directa entre AP y una distancia entre bordes de estas, las AP consideradas para este último calculo agrupan las que se encuentran internamente en cada país y aquellas transfronterizas que son influyentes en la conectividad de las AP internas sin encontrarse en el mismo.

El índice ProtConn en este primer trabajo supone que las AP son gestionadas eficazmente para la conectividad, es decir, que no existen barreras importantes para los movimientos de especies y otros flujos.

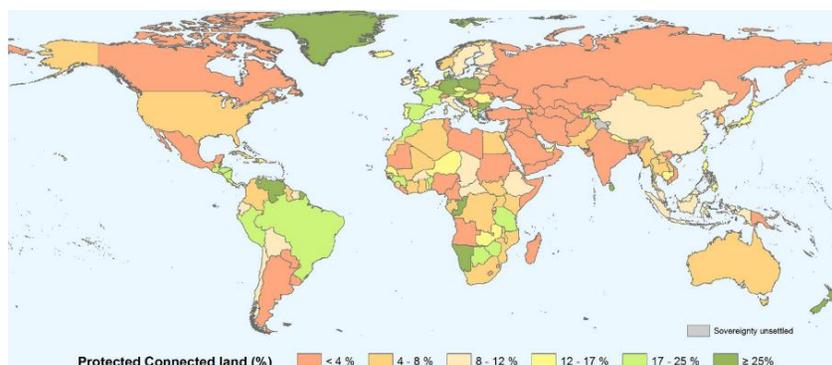


Figura 3. Índice ProtConn (Áreas Protegidas bien Conectadas) en el mundo  
Fuente: (Saura et al., 2018)

A nivel internacional se encuentran varios estudios que consideran el cálculo de la conectividad del paisaje, en función de áreas protegidas o zonas de conservación exponiendo diversas metodologías, sin embargo, en su mayoría la conectividad es calculada en función del movimiento de especies animales como máximas representaciones de los flujos ecológicos. A continuación, como casos particulares son encontrados:

 En el 2010 es realizado un análisis de red multiescalar de conectividad de áreas protegidas para mamíferos en los Estados Unidos, aquí Minor & Lookingbill (2010) con el concepto de que las áreas protegidas deben estar cerca o conectadas lo suficiente como para permitir la preservación de procesos ecológicos y evolutivos a gran escala, identificaron y midieron si las redes de AP de tres biomas diferentes estaban conectadas efectivamente para el tránsito de grandes, medianos y pequeños mamíferos; consideraron que las estrategias para la conservación de grandes mamíferos no siempre eran las más apropiadas para los pequeños, por lo tanto, la planificación de la conservación debería ocurrir simultáneamente en múltiples escalas; se evaluó la conectividad para mamíferos por la disponibilidad de datos suficientes sobre los requisitos de su hábitat y movimientos para analizar las redes, además de que los mamíferos como grupo tienen un alto riesgo de extinción y son frecuentemente objetivos de los esfuerzos de conservación, aun cuando este trabajo se enfoca en el movimiento ecológico de las especies únicamente, permite apreciar una metodología diferente al considerar la teoría de grafos para determinar las relaciones físicas entre elementos del paisaje y evaluar así la configuración espacial de la red de AP, es teóricamente suficiente para permitir el flujo de diferentes grupos de especies de mamíferos.

 En el 2012 se reporta un estudio que pretende analizar los cambios en la conectividad del paisaje en la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán entre un periodo de 33 años como marco para la identificación de escenarios de conservación (Correa-Ayram, 2012). Aquí es medida la conectividad del paisaje de forma estructural y funcional, en la primera son implementadas métricas del paisaje, dando resultados en términos de número de parches, tamaño promedio de parches y densidad de parches, el insumo principal corresponde a las coberturas del área de estudio para diversos periodos.

Para la conectividad funcional se tuvo en cuenta las características de dispersión y preferencias de hábitat de dos especies focales. Para cada periodo de tiempo y para las dos especies son elaboradas superficies de resistencia con base en diferentes variables (tipo de cobertura, tipo de carretera, distancia a carreteras, densidad de carreteras, distancia a poblados, pendiente y elevación) estos ráster representaban las superficies que junto con los parches de hábitat son la base para evaluar la conectividad, además de permitir la identificación de áreas críticas para la conectividad del paisaje.

El enfoque del análisis de los patrones espaciales permitió identificar elementos claves para el mantenimiento de la conectividad y otros que pueden estar implicados en el proceso de fragmentación, se encontró que la distribución de la mayoría de parches de hábitat importantes para el mantenimiento de la conectividad general coincidió para las dos especies focales lo que sugiere considerar dichas áreas como prioritarias para la conservación, lo cual mantendría en gran parte la conectividad de la cuenca. Concluyendo que el análisis de la relación de la distancia de costo es un indicador útil en cuanto a la selección y evaluación de los corredores más efectivos para la dispersión de las especies como representación de la conectividad del paisaje dentro de la cuenca.

 Continuando con la temática en el 2016 es realizado un estudio con el fin de Informar los esfuerzos estratégicos para expandir y conectar áreas protegidas utilizando un modelo de flujo ecológico, en el Oeste de los Estados Unidos (Dickson et al., 2016) ya que identificaron que grandes áreas de tierras públicas estaban desprotegidas y tenían el potencial de mejorar la efectividad ecológica de la red de AP del país. En el estudio aplican un modelo de flujo ecológico utilizando dos estimaciones; la primera, considera el flujo de genes o especies como la muestra de la conectividad entre la red de AP para mantener procesos ecológicos, y la segunda es una resistencia que cuantifica el aislamiento de diferentes zonas por las dificultades que se presentan a su alrededor, donde hay resistencia baja se tiene mayor potencial de mejorar la conectividad de las AP existentes.

La superficie de resistencia combinó la información asociada a la modificación humana de las coberturas en el paisaje, la pendiente, y los ríos, estos últimos fueron considerados como barreras al movimiento para muchos organismos terrestres. Como resultado se encontró que el flujo de energía refleja una gran contribución general a la conectividad ecológica, al identificar que por ejemplo, en las AP de la parte central del Oeste de los Estados Unidos el flujo es bajo, e indica que es una zona donde se debe potencializar la conectividad entre la red de AP, en el Sureste del área de estudio se encontraron los niveles más altos de flujo de energía posiblemente porque la orientación Norte-Sur de los accidentes geográficos a través de las cuencas facilitan los flujos y presentan menos resistencia, algunas partes desérticas al Este también exhibieron altos niveles de flujo, que puede ser impulsado por la proximidad a las numerosas AP existentes en esta zona.

Ahora, entrando a una escala nacional, se encuentra un documento que señala el avance en el cumplimiento de la meta 11 de Aichi en los países del bioma amazónico, se considera importante ya que permite visualizar cómo a nivel de país se encuentra Colombia frente al cumplimiento de esta meta.

 Con el fin de visibilizar los esfuerzos realizados por los gobiernos de los países amazónicos en el cumplimiento de la meta 11 de Aichi, se evaluó el nivel de cumplimiento a corto plazo con base al programa de trabajo de áreas protegidas del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) con información al año 2017 (Sofrony & Bueno, 2018).

La medición cuantitativa de los avances de la meta partió inicialmente de la recolección de datos de informes secundarios, mapas de rutas de cada uno de los países y la Base de Datos Mundial de Áreas Protegidas, y se consideraron entre otros aspectos; cobertura, efectividad de manejo, conectividad y gobernanza de la red de AP.

Dando a conocer cada uno de estos aspectos por separado; Colombia en cuanto a cobertura presentó un 14% es decir que este porcentaje de su superficie continental estaba conservado bajo la figura de AP; en efectividad de manejo demuestra para este año un 100%, aquí se evaluó qué tan satisfactoriamente están siendo administradas las AP para cumplir la función para la cual fue creada, Colombia alcanza este valor ya que demostró que realiza evaluaciones frecuentemente en sus AP, en ellas incluye información sobre gobernanza y beneficios sociales, además considera las variables del cambio climático.

Para aspectos de conectividad, el país presentó 4 iniciativas nacionales de conectividad para la biodiversidad y junto con Ecuador representaron los dos países con mayores iniciativas, sin embargo, a nivel de bioma se requieren mayores esfuerzos conjuntamente de los países para

lograr una adecuada conectividad trasfronteriza, por último, en cuanto a la gobernanza el país demostró un progreso incluyendo 12 acuerdos con comunidades indígenas, implementando directrices para la gestión de áreas traslapadas de orden nacional con resguardos y estrategias complementarias para una satisfactoria gobernanza de la red de AP, en conjunto todo esto posicionó al país por debajo de la meta requerida para el 2020 pero con índices de progreso hasta dicha fecha.

Por último, se encuentran dos estudios realizados en: Santa Elena (corregimiento rural de Medellín) y en la Cuenca del río Tunjuelo (Distrito Capital de Bogotá) (Colorado, Vásquez, & Mazo, 2017; Isaacs-Cubides, Trujillo, & Jaimes, 2017) respectivamente.

Ambos estudios concuerdan en la realización de una superficie de fricción para evaluar el estado de conectividad entre parches, en el primero de relictos de bosque Andino y en el segundo de la Estructura Ecológica Distrital, si bien no son AP demuestran una alta importancia en las redes de conectividad ecológica para la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos. Los elementos evaluados tuvieron en cuenta aspectos físicos del paisaje, biológicos, socioeconómicos, densidad y altura de infraestructura, coberturas modificadas y/o distancias a las vías y a los cuerpos de agua.

Ambos documentos presentan similitud en sus conclusiones, el modelamiento de dichas superficies permite visualizar las zonas que merecen priorizar su conservación y restauración, muestra las zonas con potencial para la conectividad de los fragmentos, y permite que al evaluar esto en conjunto se propongan zonas para declararlas futuras AP. El uso de diferentes criterios permitió un panorama más amplio de las condiciones como información valiosa para la conservación de la biodiversidad a escala de paisaje, también permite establecer corredores biológicos que fomenten la conectividad. Las superficies de fricción adquieren mayor relevancia en paisajes fragmentados especialmente en áreas urbanas y periurbanas en donde la intervención antrópica es elevada.

Los anteriores estudios demuestran de qué manera es abordado el tema de investigación tanto a nivel internacional como nacional, sin embargo, para ser más específicos de cómo se realiza desde el área de estudio se consideran los siguientes antecedentes.

El Consejo Nacional Ambiental en 1998 aprobó la conformación del SINAP reconociéndolo como el conjunto de todas las áreas protegidas del país, sin embargo, las autoridades ambientales enfrentaron un desafío en la gestión integral de todo el conjunto, por lo cual propusieron conformar subsistemas regionales, departamentales o locales, buscando una gestión óptima sobre cada una de las AP que conforme cada subsistema. Inicialmente se optó por establecer un sistema Regional de áreas protegidas que permitieran la interconexión entre AP de la zona Andina con el Piedemonte y la llanura Amazónica sin embargo no se consolidó (Cárdenas-Vargas, Santofimio-Celis, Correa-Munera, & Paez-Olaya, 2012).

Se identificó que dentro del departamento no había una articulación entre las organizaciones públicas y privadas duplicando esfuerzos en los estudios de investigación para la conservación y evaluación de la función de la red de AP, por la falta de una parametrización de la información dificultando la gestión del territorio (Cárdenas-Vargas et al., 2012) entonces Corpoamazonía, representantes de Parques Nacionales Naturales, del Jardín Botánico, del SINCHI, de ONG's ambientales y de la corporación Turística del departamento se reunieron con el fin de establecer un conjunto de predios con cualidades para declararse como AP, y poder

establecer un Sistema Departamental de Áreas Protegidas (SIDAP) con el fin de contribuir a la disminución del deterioro del territorio por acciones antrópicas mediante estrategias, programas, propuestas y articulación de acciones para la formulación de proyectos en función de la protección, conservación y recuperación de los recursos naturales, para la estructuración del SIDAP, se consideró en primera medida encuentros comunitarios donde se exponían las áreas naturales de interés para conservar a nivel departamental, se diagnosticó cuan oportunas eran las decisiones en el manejo y mejoramiento del objetivo de las AP asignando una categoría de manejo, cada predio fue georreferenciado y se delimitaron sus linderos, la lista se compuso de 16 áreas protegidas que se encuentran distribuidas en ocho municipios del departamento; Belén de los Andaquíes, El Doncello, El Paujil, La Montañita, Puerto Rico, San José del Fragua, Puerto Solano y Florencia, su ubicación corresponde en su mayoría a la zona del piedemonte y se incorporaron los PNN Alto Fragua Indi Wasi y Serranía de Chiribiquete (Cárdenas-Vargas et al., 2012), sin embargo fue hasta el 2015 que por medio de la Ordenanza 017 del 08 de agosto de este año se constituye y adopta el SIDAP-Caquetá.

*Tabla 1. Áreas Protegidas para conformar el SIDAP-Caquetá*

NOMBRE	CATEGORIA	NORMATIVIDAD	AREA (Has)
Centro De Investigación MACAGUAL	Predio Con Área Para Conservación	-	380
Jardín Botánico	Predio Con Área Para Conservación	-	8
Granja Experimental Santo Domingo	Predio Con Área Para Conservación	-	34
Reserva Comunitaria El Manantial	Predio Con Área Para Conservación	-	35
Reserva Natural Y Ecoturística Las Dalias	Predio Con Área Para Conservación	-	70
La Primavera	Predio Con Área Para Conservación	-	38
El Paraíso	Predio Con Área Para Conservación	-	28
Complejo de Cerros Paramo Miraflores	Parque Regional Natural	ORDENANZA 015 DE 04 OCTUBRE DEL 2010	30,61
Ecoparque Las Lajas	Municipal	ACUERDO 032 DEL 2001	58
Parque Humedal Municipal Mauritia	Municipal	ACUERDO 025 DE 2009	2,60
El Parque Municipal Natural La Danta	Municipal	ACUERDO 026 DE 2009	50
Parque Municipal Batana	Municipal	ACUERDO 023 DE 2009	32
Parque Municipal Humedal Agua Dulce	Municipal	ACUERDO 023 DE 2009	16
Parque Municipal Humedal La Mono	Municipal	ACUERDO 023 DE 2009	14
Parque Nacional Natural Serranía De Chiribiquete	Parque Nacional Natural	RESOLUCION 121 DE SEPTIEMBRE 1989	925,00
Parque Nacional Natural Alto Fragua IndiWasi	Parque Nacional Natural	RESOLUCION 198 DE 25 DE FEBRERO DE 2002	74,555,70

*Fuente: (Cárdenas-Vargas et al., 2012)*

PNNC - Parques Nacionales Naturales de Colombia & FCDS - Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible (2018) relatan como la amazonía ha sufrido diversas presiones sobre sus ecosistemas, entre las más nombradas se encuentra la deforestación. La transformación y degradación de las coberturas naturales en zonas circundantes a las Áreas Protegidas repercuten negativamente sobre su integridad ecológica poniendo en duda la funcionalidad de las AP en la conservación a largo plazo de la biodiversidad de la región. La deforestación en estas zonas promueve la fragmentación del hábitat de numerosas especies, degradación de los suelos, contaminación de cuerpos de agua y alteración del comportamiento hídrico, repercutiendo en la funcionalidad ecosistémica regional, por interrumpir la conectividad

entre el conjunto de AP aislándolas unas de las otras, al ser esto identificado nacen las propuestas de planificación territorial donde se debe mantener la conectividad ecológica entre ellas (PNNC & FCDS, 2018).

Como parte de los compromisos que el país adquirió en el CDB de mantener la funcionalidad del sistema nacional y regionales de AP, eficazmente gestionados, ecológicamente representados y bien conectados, al interiorizar lo que exponen los párrafos anteriores, el país concentra esfuerzos en el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete (PNNSCH) siendo en la actualidad el área protegida más grande del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, por sus características biológicas, ecológicas, geomorfológicas y culturales, este Parque se encuentra ubicado en los departamentos de Caquetá y Guaviare (PNNC & FCDS, 2018).

Se propone un área para la ampliación de dicho PNN, buscando que él sea un “ejemplo eminentemente representativo de procesos ecológicos y biológicos en curso en la evolución y el desarrollo de los ecosistemas y de los elementos bióticos terrestres”, además de considerarse una de las zonas más importantes para la conservación de la diversidad biológica y cultural del mundo (PNNC & FCDS, 2018).

La ampliación del PNNSCH representa un aporte significativo en la conectividad con las Reserva Nacional Natural Nukak y Puinawai, y con el Parque Nacional Natural Yaigojé-Apaporis, tres importantes AP del país, su ampliación aportó a la conservación de zonas clave para la conectividad ecológica fortaleciéndose como nodo central y punto de contacto entre los biomas de la Amazonía, la Orinoquia y los Andes (PNNC & FCDS, 2018). Se demostró cómo al evaluar el estado de conectividad entre zonas de importancia para la conservación como AP se pueden gestionar alternativas que contribuyan con al buen funcionamiento del sistema.

Internamente en el departamento de Caquetá a nivel municipal o por cuencas hidrográficas se han realizado diversos estudios observando el flujo de ciertas especies animales representativas de la región (Alarcón-Nieto & Palacios, 2008; Duivenvoorden, Lips, Palacios, & Saldarriaga, 1988; Gonzàles-Delgado; Tania Marisol, 2016), donde implícitamente son mencionadas las áreas protegidas por ser las zonas de mayor interés para la fauna, sin embargo, dentro de lo consultado se carece de un estudio a nivel departamental que evalué la conectividad de las AP del sistema Andes-Amazonía a partir de flujos ecológicos diferentes a los propios de las especies animales.

## **2.2. MARCO CONCEPTUAL**

### **2.2.1. *Ecología del paisaje***

Para hablar sobre ecología del paisaje es necesario saber qué significa el paisaje, ya que esta palabra cuenta con distintas definiciones dependiendo de la disciplina que la aborde (Zubelzu & Allende, 2015), en este caso, se acoge el concepto de paisaje como expresión integrada por la relación ser humano– naturaleza (Vásquez & Andrade, 2016). El paisaje es un sistema con una configuración estructural, funcional y perceptiva diferenciada adquiriendo sus características tras un largo periodo de tiempo, dando lugar a áreas geográficas heterogéneas con diversos elementos bióticos y abióticos que interactúan entre sí determinando flujos que varían de forma escalar, espacial y temporal (Del Pozo,

2014; A. Gómez, 2008; Lozano, 2019; Vila et al., 2006; SAP<sup>6</sup>, 2010; Wu, 2018), así pues, una unidad del paisaje se determina a partir del reconocimiento de aquellas características que hacen distinto a un lugar, de los lugares contiguos (SAP, 2010).

Una vez conocida la definición de paisaje se da lugar a la ecología del paisaje la cual es una ciencia que tiene como aspecto central el análisis de la relación entre patrones y los procesos espaciales, preguntándose ¿qué procesos causan los patrones? y al mismo tiempo ¿cómo estos patrones afectan los procesos?, de esta forma considera la correspondencia entre la heterogeneidad del paisaje y los flujos (Zetterberg, 2011). En términos generales, estudia las causas, procesos y consecuencias de la heterogeneidad espacial (P. Herrera & Díaz, 2013; Wu, 2018).

Existen dos escuelas tradicionales de la ecología del paisaje, la europea y la norteamericana; la primera con una visión que incluye al ser humano en el paisaje y busca una aplicación en la planeación territorial, mientras que, la escuela norteamericana se enfoca en el análisis de las relaciones espaciales entre patrones y procesos a diferentes escalas (O’neill, 2005; Wu & Hobbs, 2002). En este trabajo se incluyen las dos visiones ya que se tiene en cuenta el componente antrópico, los patrones y procesos del paisaje.

### **2.2.2. Conectividad del paisaje**

La conectividad del paisaje se define como el grado en el que el paisaje facilita o impide los flujos y el movimiento de organismos a través de este (Saura, 2013; Taylor et al., 1999). La conectividad del paisaje puede ser medida de forma estructural o funcional, en forma funcional cuando tiene en cuenta las respuestas de los flujos ante la configuración del paisaje y en forma estructural cuando se tiene en cuenta únicamente la configuración espacial sin relacionarlo con flujos o procesos ecológicos, es decir, que considera si la continuidad física garantiza la conectividad (Bennett, 1998; Martínez, Múgica, Castell, & de Lucio, 2009; Saura, 2013).

Saura et al. (2011) afirma que la conectividad debe medirse como un aspecto funcional incluyendo la influencia de la configuración del paisaje en la conectividad de los fragmentos que se desean evaluar, en este caso las AP, analizando distintos flujos por separado y después integrando cada análisis para identificar las zonas del paisaje más importantes en la conectividad del conjunto de procesos evaluados y también reconociendo la localización de los obstáculos que impiden la propagación de flujos (Martínez et al., 2009; Saura, 2013). Una aproximación para identificar el efecto de la configuración del paisaje en la conectividad, se da a través de una superficie de costo (también denominada superficie de fricción o de resistencia) la cual representa la mayor o menor permeabilidad del paisaje al movimiento de los procesos estudiados en función de las características relevantes para tal efecto, como lo pueden ser el tipo de suelo, la cobertura vegetal, la influencia antrópica o las vías, ya que a cada celda (píxel) de dicha superficie se le asigna un valor que representa el esfuerzo de movimiento del flujo evaluado (Correa- Ayram, 2017; Martínez et al., 2009; Saura et al., 2011).

### **2.2.3. Sistema Planetario**

---

<sup>6</sup> Sociedad Colombiana de Arquitectos Paisajistas

La ecología del paisaje se caracteriza por estudiar el paisaje de forma integrada y con un enfoque sistémico, un sistema es un conjunto de elementos relacionados en el cual la variación de un elemento modificaría todo el sistema (Gurrutxaga & Lozano, 2008). El paisaje actúa como un sistema que está compuesto por subsistemas divididos en componentes y dichos componentes contienen diferentes elementos cuya configuración determina la dispersión de los flujos (Areiza, Corzo, Castillo, Matallana, et al., 2018; Gurrutxaga & Lozano, 2008; Montoya-Rojas, Almario, Bello-Escobar, & Singh, 2019).

En este caso la división del paisaje se aborda en cinco sistemas mostrados en la Tabla 2, esto permite analizar el comportamiento complejo de las relaciones (también llamados procesos o flujos) entre los elementos que lo componen (Montoya-Rojas et al., 2019). Los procesos ecológicos se dan principalmente entre los componentes del paisaje y se traducen en los patrones de este (Etter, 1991).

Tabla 2. *Sistemas Planetarios, Componentes y Elementos*

<b>Sistema</b>	<b>Componente</b>	<b>Elemento</b>
Atmosférico	Climatología	Temperatura
		Precipitación
		Vientos
		Clima (Caldas-Lang)
Hidrosférico	Hidrografía	Humedales
		Ríos
	Hidrología	Lagunas
		Pantanos
		Hidrogeología
Geosférico	Geología	Unidades cronolitoestratigráficas
	Geomorfología	Paisaje
		Relieve
	Edafología	Suelo
Biosférico	Zoología	Especies Animales
Antroposférico	Agrosistemas	Coberturas de la Tierra
		Área proyecto licenciado de hidrocarburos
	Antroposistema	Cascos Urbanos
		Centros poblados
		Ríos Navegables
		Vías
	Tecnosistema	Áreas Protegidas
		Resguardos Indígenas
		Zona de Reserva Campesina

Fuente: adaptado de Montoya-Rojas et al. (2019)  
Elaborado por las autoras

#### 2.2.4. Áreas protegidas

Un área protegida es aquella definida geográficamente designada, regulada y administrada con el fin de alcanzar objetivos específicos de conservación (CDB, 2018). El conjunto de áreas protegidas de Colombia se encuentra en el Registro Único Nacional de Áreas Protegidas, estas áreas contribuyen con los objetivos de conservación del país los cuales son; asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos naturales para mantener la diversidad biológica, garantizar las contribuciones de la naturaleza esenciales para el bienestar humano y garantizar la permanencia del medio natural para el mantenimiento de la diversidad cultural y la valoración social de la naturaleza (MADS, 2019).

Dentro del conjunto de AP puede haber áreas privadas, comunitarias o públicas que varían desde el ámbito de gestión local, regional y nacional donde los actores involucrados son sociales o institucionales (CDB, 2018; MADS, 2019). Las categorías de las áreas protegidas que no son Parque Nacionales Naturales están descritas en el Decreto N° 2372, 2010, las AP presentes en el departamento de Caquetá, como se muestra en la Tabla 3, tienen las siguientes categorías:

**Parques Nacionales Naturales (PNN):** En el Decreto N° 2811, 1974 en el artículo 329 se describe a un PNN como un área que permite su autorregulación ecológica, donde los ecosistemas en general no han sido alterados sustancialmente por el ser humano y las especies vegetales y animales, complejos geomorfológicos y manifestaciones históricas y culturales tienen valor científico, educativo, estético y recreativo nacional.

**Parques Naturales Regionales (PNR):** Descrito en el artículo 13 del decreto, es un espacio geográfico donde tanto el paisaje como los ecosistemas estratégicos a escala regional mantienen su estructura, composición y función. Las actividades que se pueden realizar en estas áreas están relacionadas con preservación, restauración conocimiento y disfrute.

**Reservas Forestal Protectora Nacional (RFPN):** En el artículo 12 del decreto se describen como el espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición haya sido modificada. Las actividades permitidas en estas son la preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute, además puede estar ubicada en propiedad pública o privada.

**Reserva Natural de la Sociedad Civil (RNSC):** Definida en el artículo 17 como parte o toda el área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de sustentabilidad y que por voluntad del propietario se destina para actividades de uso sostenible, preservación o restauración.

En total se consideraron 13 AP a continuación se dan a conocer cuales, con el nombre registrado ante el RUNAP, la categoría de manejo a la que pertenece, objetivos de conservación, año y resolución por medio de la cual se declara área protegida.

Tabla 3. Categorías de manejo de las diferentes áreas protegidas presentes en el área de estudio

Área Protegida	Categoría	Resolución y año de Creación	Área Km <sup>2</sup>	Objetivos de Conservación
Serranía de los Churumbelos Auka Wasi	PNN	1311/2007	978,779	Conservar los ecosistemas de selva húmeda tropical, bosque húmedo subandino, bosque húmedo andino y páramos azonales.
Alto Fragua Indi Wasi	PNN	0198/2002	766,205	Preservar el alto rango de especies de los diversos biomas, además de los patrones culturales del pueblo Ingano, descendientes de varias etnias pertenecientes a lo que se ha dominado "la cultura del Yajé".
Cordillera de los Picachos	PNN	157/1977	2898,426	Proteger los ecosistemas de páramo, contribuir al mantenimiento de la conectividad ecosistémica desde el páramo hasta la zona amazónica y orinocense con el fin de propender por la conservación de la biodiversidad, los flujos de materia y energía y la prestación de servicios ecosistémicos.
Serranía de Chiribiquete	PNN	120/1989	42949,020	Conservar la fauna, flora, paisajes y reliquias históricas culturales y arqueológicas bajo una planeación integral con principios ecológicos, proteger los centros de endemismo pertenecientes a las Provincias biogeográficas de la Guyana y la Amazonia. además de proveer puntos de referencia ambientales para las investigaciones científicas.
Cueva de los Guacharos	PNN	2631/1960	71,809	Conservar al guácharo ( <i>Steatornis caripensis</i> ) protegiendo las cuevas calcáreas formadas por el río Suaza y Fragua grande, regular la oferta del recurso hídrico y proteger muestras de bosque subandino, bosque andino y páramo en un sector de confluencia Andino-Amazónica, para garantizar procesos evolutivos y ecológicos.
Corredor biológico Guacharos Puracé	PNR	015/2007	715,130	Proteger la gran oferta ecosistémica para garantizar la conectividad y zona de amortiguación de los PNN Cueva de los Guácharos, Serranía de los Churumbelos Auka Wasi y Alto Fragua Indi Wasi, además de su alto número de especies de aves, por su característica de conectividad con la región baja andina.

Las Áreas Naturales la Siberia y Parte de la Cuenca Alta del Rio las Ceibas	PNR	013/2007	285,367	Proteger a perpetuidad los recursos naturales, preservar los ecosistemas representativos de bosques altoandinos, conservar los recursos genéticos propios del área y brindar escenarios para la investigación científica y la educación Futura.
Cerro Paramo de Miraflores Rigoberto Urriago	PNR	012/2005	318,422	Conservar y preservar el páramo en la montaña fluviogravitacional, su vegetación boscosa natural y demás recursos hídricos. Conservación y preservación del hábitat y corredores de especies, especialmente oso de anteojos, mono churuco y puma.
Miraflores Picacho	PNR	014/2018	1072,264	Conservar los páramos y bosques del piedemonte por su biodiversidad, garantizar la oferta de agua para los pobladores de la región, contribuir en una oportunidad para solucionar problemáticas históricas en el OT, como la propiedad de la tierra y el uso del suelo y minimizar el avance de la frontera agropecuaria.
El Arrullo	RNSC	0012/2014	0,228	Preservar los bosques para el mantenimiento de la flora y fauna, conservar la estructura y funcionamiento de los bosques propiciando la conectividad entre relictos boscosos, recuperar los nacimientos deforestados del Río San Pedro y aportar al manejo sostenible del predio.
Hacienda Villa Mery	RNSC	0119/2015	7,671	Conservar los ecosistemas de bosque natural del zonobioma húmedo tropical de la Amazonía y adoptar un sistema de producción agropecuario diverso sostenible y eficiente acorde con las condiciones del Amazonía.
Hacienda Esmeraldas	RNSC	0052/2015	6,695	Conservar los ecosistemas de bosque natural del zonobioma húmedo tropical de la Amazonía y adoptar un sistema de producción agropecuario diverso sostenible y eficiente acorde con las condiciones del Amazonía.
Cuenca del Rio las Ceibas	RNSC	015/1983	135,721	Conservar permanentemente con bosques naturales o artificiales protegiendo esta área, ejecutar el plan especial de manejo tendiente a la protección y aprovechamiento ordenado de sus recursos naturales renovables.

*Fuente: Cada una de las Resoluciones mencionadas en la tabla*

### 2.2.5. Índice ProtConn (Áreas Protegidas bien Conectadas):

Las áreas protegidas no deben ser vistas como elementos aislados del resto del paisaje ya que los objetivos de conservación que estas tienen dependen de su funcionalidad ecológica y dicha funcionalidad está ligada con las condiciones de conectividad del paisaje (Areiza, Corzo, Castillo, Mantallana, & Correa-Ayram, 2018). El sistema de áreas protegidas es considerado como una red de sitios potencialmente unidos por interacciones espaciales y es por estas interacciones que se debe evaluar la funcionalidad de las áreas en conjunto y no considerando cada una por separado aislándolas del paisaje del cual hacen parte (MADS, 2019; Saura et al., 2017). Se dice que estas áreas están bien conectadas cuando están integradas dentro de paisajes más amplios, teniendo en cuenta sus características sociales, biofísicas y político-administrativas (adaptado de MADS, 2019).

Para examinar la conectividad de las áreas protegidas se utiliza el índice ProtConn propuesto por Saura et al. (2017) el cual se basa en dos indicadores; el de Probabilidad de Conectividad (PC) que identifica parches y corredores como elementos críticos del paisaje para el mantenimiento de la conectividad incluyendo un método probabilístico en el que hay cierta probabilidad de dispersión entre parches de hábitat, identificando aquellas que más contribuyen a la conectividad del paisaje para unas especies, la idea principal es medir la probabilidad de que dos puntos ubicados aleatoriamente se encuentren dentro de hábitats interconectadas dado un conjunto de  $n$  parches de hábitat y las conexiones entre ellos ( $p_{ij}$ ) (Saura & Pascual-Hortal, 2007) y el índice de Área Conexa Equivalente (ECA) el cual se define como el tamaño de un único parche con la máxima conectividad y su valor coincide con el área de hábitat existente cuando la conectividad es máxima entre cada par de parches, es decir  $P_{ij}^* = 1$  (Ciuffoli, 2017; Saura et al., 2011). Las siguientes expresiones corresponden a cada uno de los índices mencionados anteriormente:

$$\text{Ecuación 1: } ProtConn = 100x \frac{ECA}{A_L}$$

$$\text{Ecuación 2 y 3: } ECA = \sqrt{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j P_{ij}^*} \quad Y \quad PC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i a_j P_{ij}^*}{A_L^3}$$

Donde  $n$  es el número de parches,  $a_i$  y  $a_j$  son las áreas de cada parche,  $A_L$  es el área total del área de estudio y  $P_{ij}^*$  es la probabilidad máxima de dispersión, entre más cercanos están los parches uno del otro ya sea por su distancia euclidiana o distancia de costo mínimo este valor será cercano a 1 de lo contrario  $P_{ij}^* = 0$  (D. Urban & Keitt, 2001). La fórmula de  $P_{ij}$  está dada por la expresión:

$$P_{ij,d_{ij}} = e^{-\frac{d_{ij} \ln(0,5)}{d_{med}}}$$

Siendo  $d_{med}$  la distancia mediana de dispersión y es utilizada en esta fórmula porque es una medida más apropiada que la media de la tendencia central de la distribución de las distancias de dispersión y  $d_{ij}$  corresponde a la distancia entre parches (Saura et al., 2017). Dicha distancia es medida en términos de costo y entre bordes de las AP (Saura, 2013).

Cabe resaltar que los índices de los que nace el índice ProtConn están basados en la teoría de grafos, los grafos son abstracciones del paisaje donde los parches, en este caso las AP, son nodos y están

conectados por enlaces que son las conexiones funcionales entre la AP a través del paisaje las cuales pueden ser medidas como distancias de costo (Ciuffoli, 2017; Martínez et al., 2009; Urban et al., 2009).

## CAPÍTULO 3

### 3. METODOLOGÍA

Con el propósito de cumplir los objetivos planteados en este trabajo de investigación en relación con la conectividad de las áreas protegidas del departamento de Caquetá, se llevó a cabo una metodología mixta en la cual se involucraron variables cualitativas y cuantitativas, esto permitió la identificación sistémica de procesos a partir de la ecología del paisaje y la elaboración de una superficie de costo para calcular por medio del índice ProtConn el estado de dicha conectividad. La escala de trabajo en función de los criterios de análisis e insumos disponibles fue 1:100.000 dando como resultado un estudio semidetallado (Martínez-Ardila, López-Salgado, Samacá-Torres, Vargas-Tejedor, & Vargas-Hernández, 2017). A continuación, se dan a conocer los insumos utilizados por cada sistema planetario, con información importante asociada.

Tabla 4. Insumos utilizados en el trabajo de investigación

Sistema	Insumo	Año	Escala	Formato	Fuente
Atmosférico	Temperatura media anual (°C). Promedio multianual 1981-2010	2014	1:100.000	Atlas	IDEAM
	Precipitación media total anual. Promedio multianual 1981-2010	2014	1:100.000	Atlas	IDEAM
	Velocidad promedio del viento a superficie (m/s)	2015	1:100.000	Atlas	IDEAM
	Clasificación climática de Caldas-Lang	2012	1:100.000	Shape	IDEAM
Hidrosférico	Zonas potenciales de recarga de agua subterránea	2018	1:1.000.000	Atlas	IDEAM
	Cartografía base	2019	1:100.000	Shape	IGAC
Geosférico	Atlas Geológico Colombiano	2015	1:500.000	Atlas	SGC
	Modelo de Elevación Digital	2015	30x30m***	Ráster	USGS
	Suelos del Territorio Colombiano. Departamento: Caquetá	2014	1:100.000	Shape	IGAC
Biosférico	Cartografía base Nacional	2019	1:100.000	Shape	IGAC
	Monitoreo de los bosques y otras coberturas	2018	1:100.000	Shape	SINCHI
Antroposférico	Cartografía base Nacional	2019	1:100.000	Shape	IGAC
	Monitoreo de los bosques y otras coberturas	2018	1:100.000	Shape	SINCHI
	Áreas Protegidas	2018	1:100.000	Shape	RUNAP
	Áreas otorgadas hidrocarburos	2019	1:25.000	Shape	ANLA**
	Mapa de Clasificación de las Tierras por su Vocación	2017	1:100.000	Shape	IGAC
	Miraflores Picacho****	2019	1:100.000	Shape	RUNAP
	Zonas de reserva campesina	2019	1:100.000	Shape	ANT
Territorios Indígenas	2017	1:100.000	Shape	RAISG*	

Nota: \*RAISG- Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada

\*\*ANLA- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales

\*\*\* Resolución espacial del ráster

\*\*\*\*El insumo más reciente "Áreas protegidas" del RUNAP (2018) no contiene la AP Miraflores Picachos, su descarga se realizó por separado

Elaborado por las autoras

La metodología fue dividida en tres etapas, donde cada una de ellas realiza una descripción detallada del proceso realizado para el cumplimiento de los objetivos específicos.

### **3.1. ETAPA 1: SISTEMAS PLANETARIOS Y LAS CARACTERÍSTICAS DE SUS ELEMENTOS**

En esta primera etapa se lleva a cabo una metodología de tipo descriptiva que según Domínguez (2015) estudia un conjunto de elementos bajo circunstancias temporales y geográficas específicas presentando distintos conceptos, se utilizó la metodología descrita por (Montoya-Rojas, 2011, 2018) en donde se analizan de manera integrada los elementos que contienen los cinco sistemas planetarios desde la ecología del paisaje, se realizó la búsqueda detallada y adaptación de información secundaria del área de estudio clasificándola por sistemas planetarios. El sistema atmosférico considera la climatología; el sistema hidrosférico contiene la hidrografía, hidrología e hidrogeología; el sistema geoesférico fue estudiado desde la geología, geomorfología y la edafología; el sistema biosférico a partir de la zoología, y por último el sistema antroposférico teniendo en cuenta los agrosistemas, antroposistemas, y tecnosistemas.

### **3.2. ETAPA 2: SUPERFICIE DE COSTO A PARTIR DE LOS SISTEMAS**

En esta etapa se llevó a cabo la elaboración de la superficie de costo o fricción por medio del método de rutas de menor costo o LCP por sus siglas en inglés (*least-cost paths*), utilizado para identificar las áreas donde es favorecida la propagación de especies o flujos en un paisaje dado (Balbi et al., 2019; Saura, 2013).

La superficie de costo es el resultado de la ponderación de diferentes matrices de costo, estas se generan a partir de los valores asignados a cada celda como el costo energético que supone recorrer este espacio, el costo más bajo corresponde a las zonas de mayor calidad para determinados movimientos (Lemming, 2016) en este caso dichos valores fueron adaptados de la metodología planteada por (Beier, Majka, & Newell, 2009) en la que se utiliza una escala de 1 a 10 con cuatro intervalos; 1-3 para las zonas donde los flujos tienen un alto movimiento, valores de 4-5 que indican un movimiento moderado, de 6-7 para las zonas en las que los flujos tienen dificultad de movimiento y de 8-10 indicando restricción en este; esta valoración se realizó en los elementos considerados necesarios para limitar o facilitar los flujos adaptado de cómo se desarrolló en (Colorado et al., 2017), resultando una matriz de costo por cada sistema; estas matrices (cinco en total) fueron utilizadas para generar la superficie de costo por medio de la herramienta *Weighted Overlay* de ArcGIS donde cada sistema tiene la misma importancia dentro de la superficie contribuyéndole en un 20% al procesamiento.

En los siguientes párrafos se describe de manera detallada los factores considerados para la asignación del costo en cada componente de los sistemas planetarios a partir de la información adaptada del elemento que favorece o restringe los flujos, el conjunto de insumos utilizados en esta sección corresponde a información de los años 2017, 2018 y 2019.

### 3.2.1. Matriz de costo, Sistema Atmosférico

Fue considerada la precipitación como el elemento influyente dentro de la evaluación de los flujos para la ecología del paisaje desde este sistema.

El agua existente en el planeta es constante pero continuamente está cambiando de una forma a otra y se mueve por diferentes tipos de flujos (M. García, 2012). En efecto práctico para este trabajo se contempló el agua en forma de precipitación ya que una vez esta llega al suelo puede ser infiltrada, captada y aprovechada por las plantas, alimenta las aguas subterráneas, puede correr como flujo superficial en forma de escorrentía, acumularse en las hojas o saturar la superficie (Shaxson & Barber, 2005)

El exceso de precipitación favorece el equilibrio en el aprovechamiento del líquido por los sistemas superficiales y subterráneos, altas precipitaciones compensan el consumo elevado de agua por los bosques o vegetación densa dada su tasa de transpiración (Shaxson & Barber, 2005), abundantes precipitaciones contribuyen con la recarga de los acuíferos subterráneos, favorece el flujo de nutrientes, microorganismos y materia orgánica del suelo (Rodríguez, Calvo, & Arias, 2006), las zonas con precipitaciones escasas tienden a presentar estrés hídrico<sup>7</sup> descompensando la distribución de estos flujos (Shaxson & Barber, 2005).

En términos generales el flujo de la precipitación está condicionado por las características propias del suelo, sin embargo, dentro de este sistema con base a la información anterior se asignó el costo a cada intervalo de precipitación por su magnitud en milímetros (mm) del promedio multianual 1981-2010 de la precipitación media total anual, como contribución a los flujos de minerales, materia orgánica, microorganismos, disponibilidad para la vegetación y recarga de acuíferos, determinando que a mayor precipitación mayor se ven favorecidos los demás sistemas. Se evaluó dentro del primer intervalo de la escala únicamente (1-3) ya que la magnitud de las precipitaciones en el área de estudio favorece el alto movimiento de flujos y hasta el momento no se ha considerado en estrés hídrico la cuenca del Amazonas (FAO - Organización de las Naciones Unidas para alimentación y agricultura, 2018).

A continuación, se expone el costo considerado para cada uno de los intervalos de precipitación.

Tabla 5. Costo: intervalos de precipitación

Costo por Magnitud de Precipitación						
Precipitación (mm)	1.000 a 1.500	1.500 a 2.000	2.000 a 2.500	2.500 a 3.000	3.000 a 4.000	4.000 a 5.000
Costo	3	3	2	2	1	1

### 3.2.2. Matriz de costo, Sistema Hidrosférico

En este sistema se consideraron dos componentes, la hidrología y la hidrogeología, se evaluaron sus elementos por separado, pero son expresadas en una misma matriz de costo.

<sup>7</sup> El estrés hídrico se da en el momento en que la demanda de agua es mayor que la cantidad disponible, evaluado en un periodo determinado o cuando su uso se ve restringido por su baja calidad (FAO, 2018).

La dinámica hidrológica contribuye a los fluidos vitales del paisaje desde diferentes perspectivas (Etter, 1991) por ejemplo los ríos y quebradas como un sistema de circulación lineal per se son enriquecidos por mecánicas energéticas, químicas y bioquímicas con el propósito de dar sustento en todo su recorrido a la vida en sus diferentes formas, (Campoblanco & Gomero, 2000), las lagunas y pantanos tienen una función primordial en el flujo genético de especies acuáticas y migratorias, de nutrientes, regulación hídrica, climática y calidad del aire (Borja, Florin, & Camacho, 2012).

Dentro de las leyes ecológicas que describe Etter (1991) es mencionada la ley de la tolerancia, donde cada flujo tiene para cada elemento ambiental, un mínimo requerido y un máximo tolerado, si hay alteraciones en los movimientos de los elementos del paisaje por la presencia de una perturbación, provoca su redistribución.

En el área de estudio fueron considerados los drenajes dobles y sencillos, lagunas y pantanos presentes en la cartografía base nacional del IGAC<sup>8</sup> (ver Tabla 4), se tuvo en cuenta las condiciones actuales de los cuerpos de agua realizando una revisión exhaustiva de información asociada a cada uno de ellos identificados con un nombre, aquellos que no contaran con nombre o que no presentaran información asociada fueron evaluados conforme a su ubicación respecto a las zonas con mayor perturbación antrópica, a partir de la división del área de estudio en tres secciones explicadas más adelante. En general se tuvo en cuenta tres condiciones para considerar la valoración de los elementos de este componente para la elaboración de la matriz de costo:

- La cercanía con las zonas transformadas por el ser humano.
- El grado de contaminación por metales pesados o aguas residuales.
- La influencia de las actividades turísticas de la región.

Los impactos producidos por las actividades antrópicas sobre el tránsito de los ríos son evaluados desde las condiciones propias de cada zona de interés, dada la heterogeneidad de las dinámicas de las ciudades hace imposible establecer un parámetro de medida general que permita calcular dichos impactos sobre los cuerpos de agua (Lalana, 2010). Al no encontrar evaluados los impactos que generan el desarrollo antrópico siendo este el que ejerce mayor presión sobre los cuerpos de agua (Franco, 2013) en el área de estudio, se realizó una división de dicha área en tres secciones a partir de las coberturas transformadas por el ser humano como muestra de las actividades antrópicas presentes en la zona; la primera es la zona “A” en la cual se presenta la mayor densidad de coberturas transformadas, la segunda es la “B” y corresponde a la franja de amortiguamiento o transición del paisaje circundante, entendida como el espacio donde se aminora la presencia antrópica ya que separa dos zonas con características diferentes (Lalana, 2010), en esta área las coberturas transformadas se encuentran dispersas y en menor cantidad, por ultimo todo aquello que se encuentra adyacente a la franja de amortiguamiento y con mayor distancia a las zonas más transformadas fue denominada zona “C” (ver Anexo 3).

Por otro lado, las cuencas de los ríos de la Amazonía sufren diversas presiones por las actividades antrópicas, una de las de mayor impacto son las actividades minero-energéticas, ya que la región la extracción de oro es la causante de la incorporación de mercurio (Hg) a los cauces de los ríos (Salazar et al., 2019), este elemento por su estabilidad química y baja biodegradabilidad en el agua ha sido considerado altamente contaminante (Castro-Sanguinetti, 2011) provocando grandes transformaciones en el paisaje y en los ecosistemas acuáticos especialmente porque son estos los que se convierten en la ruta de transporte de este elemento (Nuñez et al., 2014; Salazar et al., 2019).

---

<sup>8</sup> Instituto Geográfico Agustín Codazzi

La existencia de este contaminante afecta las redes tróficas asociadas, el mercurio es acumulado en el tejido de los seres vivos y se biomagnifica<sup>9</sup> debido a esto los carnívoros registran el nivel donde se encuentran las mayores cantidades de este metal (Kabata-Pendias & Szteke, 2015), o los peces de nivel trófico superior, los cuales tienden a ser los de mayor interés en la comercialización entre los pobladores para su consumo (Nuñez et al., 2014). provocando de manera general dificultades en la propagación de flujos naturales. Con base a lo anterior se consideró el costo más alto del sistema a los cuerpos contaminados con este elemento dentro de la elaboración de la matriz de costo.

Sumando más presiones, toda población por sus actividades cotidianas genera residuos sólidos y líquidos que una vez son utilizados representan un peligro, provocando que inmediatamente sean desechados (García, 2015), los líquidos se generalizan en aguas residuales, pueden ser domésticas, aguas negras, aguas blancas, industriales y/o agrícolas, la producción masiva de estos desechos está ligada a las zonas de concentración poblacional, siendo las ciudades o cascos urbanos los mayores generadores de estos (Espigares & Pérez, 1995). Normalmente los cuerpos receptores de estos residuos son los ríos, quebradas, lagos, estuarios o el mar, alterando los ciclos naturales propios de estos cuerpos ya que superan su capacidad de absorber y neutralizar dichos vertimientos, favorece las alteraciones físicas como químicas además que contribuye a la reproducción de numerosos microorganismos causantes de enfermedades (García, 2015), los ríos se convierten en el medio de transporte de los contaminantes tóxicos que pueden contener dichas aguas perturbando el equilibrio ecológico que de ellos se espera, además de presentar una problemática para las comunidades ubicadas en los márgenes de los mismos, aguas abajo de los puntos de vertimiento (Solano, 2011), considerando lo anterior aquellos cuerpos de agua en los que se reportaran descargas de aguas residuales en la información consultada fueron valorados con un costo alto por la perturbación en los flujos asociados.

Por último, fueron considerados los ríos, quebradas y lagunas, característicos de la riqueza hídrica de Caquetá como parte fundamental de la actividad turística de la región, en ella se destaca la pesca deportiva, recorridos extremos, de recreación y zonas de balnearios (Olaya, España, Rodríguez, & Álvarez, 2017).

El turismo local se ha impulsado en los últimos años en el departamento generando dinamismo y activación del desarrollo económico (Olaya et al., 2017). Cualquier actividad de esta categoría genera impactos negativos contribuyendo la degradación de los ecosistemas (Gualy-Montealegre, Herrera-Valencia, & Osorio-Monar, 2013) sin embargo el departamento le apuesta a la planificación y gestión de las zonas involucradas en el turismo para prevenir dichos impactos (Olaya et al., 2017).

Aun así, con el entusiasmo departamental de realizar turismo responsable se reportan contaminaciones primarias en baja magnitud sobre los afluentes, se detectan residuos sólidos como plásticos, telas o latas provenientes de las masas turísticas (Gualy-Montealegre et al., 2013), consecuente a esto los cuerpos de agua relacionados con actividades turísticas también presentan una valoración considerable dentro de la matriz de costo.

Como segundo componente del sistema se evaluó la hidrogeología tomando las zonas de potencial recarga de aguas subterráneas, información elaborada por el IDEAM (Tabla 4) como el elemento influyente para la dispersión de los flujos.

---

<sup>9</sup> La biomagnificación se produce cuando algunos elementos químicos tienden a acumularse a lo largo de la cadena trófica, teniendo una relación directa de aumento en la concentración conforme se asciende un nivel trófico (Kabata-Pendias & Szteke, 2015)

La disponibilidad de agua subterránea está condicionada por la recarga de acuíferos la cual depende de la precipitación y el movimiento que ésta hace al caer al suelo (IDEAM, 2019b). La magnitud de agua infiltrada está dada por la respuesta de diversos factores que varían según las regiones; por ejemplo, el clima, las pendientes, coberturas, características propias del suelo y la geología.

Primero es necesario entender el proceso que realizan las aguas, una vez esta es precipitada toca la superficie, una parte se convierte en escorrentía mientras que la otra penetra los poros desplazando el aire que tiene el suelo, este líquido es aprovechado por las plantas o evapotranspirado retornando a la atmosfera, la parte que no es retornada es infiltrada verticalmente hasta llegar a una parte saturada de agua y que, por percolación, alimenta los acuíferos subterráneos (Shaxson & Barber, 2005).

Ahora bien, los acuíferos son unidades de rocas sedimentarias porosas, donde circula y se almacena agua, el movimiento depende del potencial hidráulico entendido como la energía que dispone el líquido para ascender o descender por el subsuelo, finalmente el agua en movimiento llegará a filtrarse en arroyos, lagos, ríos, manantiales o pozos artificiales encontrándose de nuevo en la superficie para ser evaporada o aprovechada culminando el ciclo hidrológico. El tránsito que realizan las aguas desde la infiltración hasta la filtración puede oscilar desde varios metros hasta miles de kilómetros así mismo completarse en unos meses o gastar miles de años (IDEAM, 2010).

La zona donde se acumula la mayor cantidad de agua es llamada zona de recarga, el área por donde hace todo su recorrido es llamada zona de tránsito y por donde asciende nuevamente a superficie es la zona de descarga.

En este caso se tomaron como referencia las zonas potenciales de recarga que según el IDEAM (2019b), fueron analizadas como aquellas zonas que por sus características hacen parte de la recarga o flujo de aguas subterráneas, evaluaron los tipos de cobertura, inclinación de la pendiente, la textura del suelo y la geología; dividida en porosidad primaria y secundaria, la disolución con la litología y el fracturamiento por fallas desde la geología estructural.

El estudio se representa en un mapa nacional a escala 1:1'000.000, rompiendo el parámetro de escala estimada para este trabajo, sin embargo, se consideró útil ya que para hablar en términos hidrogeológicos se abarca flujos a gran escala, la metodología que desarrolló el IDEAM (2010) para la determinación de provincias hidrogeológicas tuvo en cuenta la gran variabilidad geográfica y geológica del país a partir de sistemas de flujos regionales, correspondiendo a la parte más alta de la organización jerárquica indicando que todos los sistemas de flujo están contenidos dentro de escalas regionales (Thót, 1963).

El resultado está dado por cuatro potencialidades de recarga; Muy Baja, Baja, Moderada y Alta descritas por el IDEAM, 2019b así.

*Las muy bajas corresponden a zonas con pendientes elevadas dificultando la infiltración ya que favorece la escorrentía, cuando aumenta la pendiente aumenta la velocidad de esta y se modifican las condiciones de suelo y la recarga, esta zona presenta litología impermeable como rocas ígneas o metamórficas, cobertura como zonas urbanas o suelos de textura muy fina impidiendo el almacenamiento o movimiento del agua infiltrada proveniente de la superficie.*

*Las zonas con baja potencialidad corresponden a pendientes muy inclinadas, suelos con texturas arcillosas y que por compactación impiden nuevamente la infiltración del agua, sin embargo, se puede dar el flujo de agua mayor a las "muy bajas" por medio de las fracturas geológicas.*

Las zonas con potencialidad moderada se asocian a pendientes levemente inclinadas, suelos con textura no tan fina, coberturas con cultivos y áreas heterogéneas, se encuentran distribuidas principalmente en área del piedemonte, tienen una alta consideración porque son un medio de tránsito importante en áreas de menor extensión para contribuir con las zonas de recarga.

Por último, las zonas con alto potencial de recarga se presentan en pendientes levemente inclinadas, suelos con texturas arenosas a franco arenosas propias de ambientes sedimentarios, tiene asociada vegetación de bosque que protege y mejora la estructura del suelo, hay mayor movimiento de organismos por los canales formados por las raíces favoreciendo en gran medida la infiltración de aguas encontrándolas en geomorfologías de valles asociados a los grandes ríos y zonas de piedemonte.

Para la realización de la matriz de costo fue considerada de manera sistémica cuan influyente es cada división según su potencialidad para la recarga de acuíferos, ya que la Ley N°99 de 1993 considera que “Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial”, esto permitió considerar el menor costo de la escala 1-10 a las zonas que tienen mayor potencial de recarga de acuíferos, como zona de alto interés.

Tabla 6. Costo: zonas de potencialidad de recarga

Potencialidad de Recarga	Costo
Muy Baja	3
Baja	3
Moderada	2
Alta	1

En resumen, para el sistema hidrosférico se tuvo en cuenta los cuerpos de agua como ríos, quebradas, lagunas y pantanos, evaluando las perturbaciones a las cuales están sometidos y las zonas de recarga de acuíferos, como medios principales para los flujos considerados.

### 3.2.3. Matriz de costo, Sistema Geosférico

Los flujos inherentes a los suelos son tomados como los elementos determinantes para la construcción de la matriz de costo de este sistema desde el componente edáfico. La materia orgánica, los minerales, los microorganismos, el aire y el agua componen el suelo, la dinámica e interacción entre cada elemento determina la funcionalidad de este (FAO, 1996).

Los minerales de los suelos en su mayoría derivan de la meteorización de la roca madre, o son transportados eólica o hídricamente desde otras zonas erosionadas.

La materia orgánica es el resultado de los ciclos de descomposición de los organismos muertos y aprovechamiento de los nutrientes, hay un apoyo fundamental entre los tipos de organismos que contiene el suelo, son encontrados dos tipos, los que deshacen la materia orgánica en unidades micro y aquellos hongos o bacterias que proceden a su descomposición liberando los nutrientes contribuyendo a que la materia orgánica sea nuevamente aprovechada por la vegetación (Gonzales & Etcheverts, 1999).

La vegetación natural como una actividad biológica sobre los suelos contribuyen con el grado de porosidad de los mismos (Shaxson & Barber, 2005) lo cual permite hablar de los últimos dos flujos en consideración; el agua y el aire, estos elementos destinan los poros o espacios entre las partículas de suelo para su movimiento, el patrón de distribución y tamaño es de suma importancia para el desarrollo biótico sobre él. Los poros de tamaño reducido originan suelos densos, húmedos con un pobre crecimiento de las raíces por la resistencia que le genera a las plantas, tamaños grandes constituyen suelos sueltos que se secan rápidamente (FAO, 1996).

Estos dos elementos deben tener un equilibrio constante, el agua con minerales y materia orgánica diluidas son transportados por las plantas al ser absorbidos por las raíces, permitiendo el crecimiento de ellas, cuando hay déficit de agua limita su crecimiento y cuando, por el contrario hay un exceso, el líquido desplaza el aire y no le concede el oxígeno y nitrógeno necesario para la respiración de las raíces (FAO, 1996).

En el sistema se analizaron las características de los suelos presentes en el área de estudio y cómo permiten cada uno de flujos mencionados anteriormente, los suelos fueron agrupados por el nivel de suborden según sus componentes a partir del Orden al que pertenecen, para la clasificación USDA<sup>10</sup> en (Soil Survey Staff, 2014) se obtuvo 12 diferentes subórdenes, fuera de esta clasificación se obtuvo la presencia de tres suelos especiales asociados a centros urbanos, cuerpos de agua y afloramientos rocosos.

Los centros urbanos son catalogadas como antropoles debido a la fuerte modificación por el ser humano, su material parental puede ser diverso, pero hay una transformación física y química por los materiales intrínsecos en las actividades antrópicas, se asocian a suelos compactos y muy densos donde se carece de poros dificultando los flujos (FAO, 2008).

Los cuerpos de agua son denominados dentro de la categoría de suelos especiales como entisoles de cuerpos de agua, por su relación con materiales aluviónicos, sin embargo, es importante aclarar que se considera que no existe suelo si la zona está cubierta en forma permanente por agua, y si esta está a 2,5 m de profundidad, impidiendo por completo el desarrollo de vegetación (Soil Survey Staff, 2014).

Y por último se encuentra el regolito que si bien son partículas de rocas, aun no constituye un suelo formado (Montoya-Rojas, 2018).

Para la matriz de costo de este sistema se evaluó entonces la capacidad de cada uno de los subórdenes y los tres suelos especiales para permitir el flujo de los elementos del suelo mencionados al inicio, además se tuvo en cuenta los suelos con prioridad de conservación a partir de su alta susceptibilidad a la erosión (Posner et al., 2002) e importancia de éstos asociados a los ecosistemas estratégicos como páramos por su alta contribución en el almacenamiento, retención de los flujos hídricos y protección a la erosión de las zonas más bajas (Díaz-Granados, Navarrete, & Suárez, 2005; Palacio, 2015)

---

<sup>10</sup> USDA - United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos)

Tabla 7. Suelos: características subórdenes, suelos especiales y costos

SUELOS					
Orden	Š <sup>o</sup>	Suborden	Características	Costo	
INCEPTISOL		Tropepts	Estos suelos ofrecen buenas condiciones físicas al crecimiento de las raíces, se han formado por aportes aluviales como diques y bajos, terrazas aluviales, abanicos o por la disección de llanuras, por lo general tienen drenaje moderadamente bueno.	1	
		Aquepts	Suelos saturados de agua, su capa freática se encuentra relativamente próxima a la superficie debido a un drenaje deficiente.	5	
		Cryepts	Asociado a climas fríos, bajas temperaturas y a páramos, son suelos que no generan permafrost.	2	
		Udepts	Presentan un régimen de humedad údico asociado a climas húmedos con altas precipitaciones generando la pérdida de cationes básicos incrementando la acidez y una disminución de su fertilidad, cuenta con un buen drenaje.	4	
ENTISOL		Aquepts	Se encuentran casi permanente saturados por agua, lo cual le genera pérdida continua de oxígeno por la acción de microorganismos, tiene propiedades redoximórficas afectando la movilidad de hierro y manganeso.	5	
		Fluvents	Los Fluvents son característicos de áreas aluviales, formados por materiales asociados a cambios en el régimen de la deposición de sedimentos de otros suelos erosionados, son generalmente fértiles y con materia orgánica.	1	
		Orthents	Corresponden a la característica general del Orden. Se desarrollan en superficies donde los procesos de erosión y deposición son muy activos, no culminan la acción de la edafogénesis por los cortos periodos de formación condicionando la ausencia de horizontes.	2	
		Psamments	Son Entisoles de texturas arenosas formándose a partir de la alteración de rocas como areniscas y algunas calizas, son altamente susceptibles a la erosión por su drenaje rápido debido a la baja capacidad de retención de agua.	2	
ALFISOL		Udalf	Son suelos de régimen de humedad údico. Se facilita el almacenamiento y suministro de agua a las plantas mesofíticas, presentan un buen drenaje interno, lo que implica una buena oxigenación.	2	
ANDISOL		Udands	Presentan un régimen de humedad údico asociado a climas húmedos con altas precipitaciones, cuentan con un horizonte plácico es decir tienen una capa fina muy sólida compuesta por óxidos de hierro manganeso y materia orgánica.	1	
ULTISOL		Udults	Son Ultisoles de regiones húmedas, suelos con mayor evolución. En general, tienen un drenaje bueno, no tienen exceso de humedad y presentan bajos contenidos en materia orgánica.	3	
OXISOL		Udox	Suelos antiguos muy evolucionados con régimen de humedad údico, tiene alto riesgo de procesos de erosión irreversible.	2	
ESPECIALES		ZONA URBANA	Antrosol	Comprenden suelos que han sido profundamente modificados a través de actividades humanas, su material parental proviene de desechos orgánicos, materiales hogareños, de riego, o labranza.	9
		CUERPO DE AGUA	Entisoles de C.A.	Corresponde a los suelos que se encuentran permanentemente inundados por los cuerpos de agua (C.A.)	5
		AFLORAMIENTO ROCOSO	Regolito	El regolito es la capa superficial de fragmentos de roca y minerales, resultado de la meteorización física y química de la roca.	5

Fuente: (Barrientos, 2013; FAO, 1965, 2008; Ibáñez et al., 2011; Pimto-Zárate & Ojeda-Rodríguez, 2019; Soil Survey Staff, 2014). Elaborado por las autoras.

### 3.2.4. Matriz de costo, Sistema Biosférico

En el sistema biosférico los elementos que condiciona a los flujos fueron las vías y la cubierta bio-física (cobertura), el IDEAM (1997) define las coberturas a partir del análisis de la respuesta espectral de elementos con distintas características fisionómicas y ambientales dentro de una zona específica. Usualmente la cobertura de la tierra es expresada en términos descriptivos acerca de la vegetación o la falta de ella, sin embargo, abarca otros tipos de superficies como lo son los cuerpos de agua, afloramientos rocosos y suelos desnudos (Lamprea, 2017).

La cobertura del suelo está relacionada con las especies tanto animales como vegetales, ya que esta hace parte del entorno de las especies y particularmente de las características que determinan dónde éstas se encuentran o no (Bamford & Calver, 2014). Remelgado et al. (2019) señala que hay una dependencia entre los animales y las coberturas del suelo. Debido a la falta de conocimiento acerca de los requisitos de cada una de las especies para su supervivencia (Dinerstein et al. citado en Kattan & Naranjo, 2008) plantea una estrategia para determinar tamaños de bloques de hábitat en los que se realicen actividades de conservación seleccionando un número pequeño de especies denominadas “especies focales”, al usar los requisitos espaciales de estas como requisitos espaciales de todas las demás, suponiendo que el establecimiento de áreas suficientemente grandes e interconectadas cumplirían con los requisitos de las demás especies nativas.

Con el interés de seleccionar especies focales en el área de estudio se tuvieron en cuenta las recomendaciones de Alonso-F. et al. (2017); Kattan & Naranjo, (2008) ya que mencionan que se deben considerar especies emblemáticas de la región, especies del que se tenga interés para conservación, que cumplan características ecológicas contrastantes e información disponible; además de esto, se realizó una revisión de literatura en la cual se buscaba la presencia de las especies en la mayoría de las AP del departamento del Caquetá. Cabe resaltar que estas especies requieren de hábitats con condiciones especiales haciéndose vulnerables a las prácticas humanas del uso de la tierra (SINCHI, 2016). Las características ecológicas de cada una de las especies asociadas en la tabla a continuación permitieron la selección de estas, dando como resultado las siguientes tres especies focales, el jaguar (*Panthera Onca*), el mono churuco o mono lanudo gris (*Lagothrix lagotricha lugens*) y el águila arpía (*Harpia harpyja*). Una especie que habita y reina el suelo, otra que habita y se mueve por los árboles y por último aquella que habita los doseles de los árboles más altos y la extensión de los cielos. Como información complementaria se tuvo en cuenta el estado de conservación de cada una de ellas según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) en su lista roja de especies.

Tabla 8. Características Especies focales

Características	JAGUAR	MONO LANUDO GRIS	ÁGUILA ARPÍA
	<i>Panthera onca</i>	<i>Lagothrix lagothricha lugens</i>	<i>Harpia harpyja</i>
<b>Orden</b>	Carnivora	Primates	Accipitriformes
<b>Familia</b>	Felidae	Atelidae	Accipitridae
<b>Tamaño y peso</b>	Es el felino más grande de América, desde la nariz a la punta de la cola mide de 1,70 a 2,30 m, pesa de 45 a 130 kg, y tiene una longevidad de 20 años	Es uno de los primates de mayor tamaño en Colombia, alcanza los 55cm de longitud y entre 60 y 65cm con cola, su peso promedio es de 7kg y puede vivir hasta 25 años	Esta es el águila más grande del hemisferio occidental austral y la segunda más grande del mundo, la hembra mide 107cm y pesa 7,5 kg, puede vivir hasta 20 años
<b>Hábitat</b>	Su hábitat es muy extensa, sin embargo prefiere los bosques tropicales y frondosos con vegetación espesa para acechar a sus presas. Tiene gran habilidad para nadar y trepar prefiriendo vivir cerca de ríos lagos y pantanos	Habita en bosques muy húmedos, Andinos y de piedemonte, se distribuye en las tierras bajas al oriente de la cordillera oriental, en toda la selva Colombo amazónica.	Habita las selvas tropicales de tierras bajas y desde el dosel hasta la vegetación emergente, cazan allí mismo o pocas veces en el suelo. Por lo general, no están en áreas perturbadas, pero visitan regularmente mosaicos de pastizales o bosques semi abiertos
<b>Distribución</b>	Su distribución actual es muy fragmentada, sólo es abundante en Centroamérica y en el Amazonas, sin embargo, se encuentra desde México hasta el norte de Argentina	Se encuentra sobre los Andes desde Colombia hasta Bolivia, y sobre la cuenca amazónica desde los Andes hasta la frontera con Brasil	Se extiende desde el Sureste de México, pasando por Centroamérica, hasta el Sureste de Brasil y Paraguay y el Norte de Argentina. Vive tanto en la vertiente atlántica como en la pacífico
<b>Ámbito altitudina</b>	0 - 3.000m.s.n.m	0 - 3.000m.s.n.m	400 - 2.000m.s.n.m
<b>Dieta</b>	Es el mayor depredador en las zonas selváticas, caza: capibaras, ciervos, tapires, pécaris y pacas, pequeños roedores, lagartos, culebras, caimanes, tortugas de agua y sus huevos, anfibios, grandes boas, monos, perezosos y/o peces	Frutos, semillas, retoño de hojas, flores e insectos pequeños	Se le considera un superdepredador se alimenta de mamíferos arbóreos, aves y algunos reptiles, prefiriendo los osos perezosos, además de las diferentes especies de monos y pequeños venados
<b>Estado (IUCN)</b>	NT "Casi amenazada"	CR "Peligro Crítico"	NT "Casi amenazada"



Fuente de información: (Acevedo-Charry, Matiz-González, Pérez-Albarracín, González-Rodríguez, & Valencia-Vera, 2015; Londoño & Arroyave, 2008; Romeu, 1996)

Fuente de las fotografías utilizadas: (Gómez, 2017; Kaewkhammul, s.f; Terán, 2004)

Elaborado por las autoras.

Para la matriz de costo se relacionaron las coberturas de la tierra que pudiesen impedir o no el movimiento fluido de las especies focales seleccionadas anteriormente. En este caso se tomaron las coberturas del Sistema de Monitoreo de las Coberturas de la tierra de la Amazonía Colombiana - SIMCOBA- del SIATAC<sup>11</sup> coordinado por el SINCHI, del año 2018; año en el cual el departamento del Caquetá contiene tres de los seis núcleos de deforestación del país (IDEAM, 2018), estas coberturas están basadas en la metodología *Corine Land Cover* para Colombia y en este caso se presentaron 45 coberturas diferentes entre territorios artificializados, territorios agrícolas, superficies de agua, bosques y áreas seminaturales.

Cada cobertura fue calificada con un costo por especie focal, por ejemplo, se clasificó en el intervalo de mayor costo (8-10) aquellas coberturas intervenidas por el ser humano y que por esta razón son evitadas por las especies. Por un lado, el águila arpía es un ave sensible a la contaminación y a los cambios en la calidad del hábitat (Muñiz, 2016).

En cuanto al Jaguar (Payán & Soto, 2012) describen como amenazas para la especie el temor que tiene el ser humano de ella, la cacería particularmente por ganaderos, la fragmentación de la población por las vías, el avance de la frontera agrícola y la minería (Payán, Moreno, Mejía, Fonseca, & Carlos, 2015).

Para el caso del mono churuco son calificadas las coberturas donde no hay bosque como las de mayor costo ya que esta especie suele habitar en los árboles altos, ocasionalmente baja al suelo y es improbable que pueda subsistir en otro hábitat diferente (National Research Council, 1976), además se ve amenazado por la pérdida de su hábitat debido a la deforestación y a la cacería (Rodríguez-Bolaños, González-Caro, Etter, & Stevenson, 2013; Stevenson & Guzmán-Caro, 2014). En especial esta especie tiene una función primordial en la dispersión de semillas porque al ser un animal frugívoro juega un papel importante en la regeneración de bosques y mantenimiento en la biodiversidad de plantas (Cifuentes et al., 2013).

Las coberturas que para cada especie representaran un lugar utilizable pero no adecuado para su reproducción fueron calificadas en el intervalo 6-7, de 4-5 se calificaron aquellas que permiten una reproducción marginal y de 1-3 las coberturas que cumplen con las condiciones del hábitat reproductivo preferido por la especie (Beier et al., 2009).

En el caso del águila arpía estas prefieren los bosques primarios no inundables principalmente o lugares con árboles altos para anidar, aunque también puede hacerlo cerca a zonas intervenidas de forma no mecanizada por el ser humano, por lo contrario los lugares cercanos a extracciones forestales y explotación de palmeras con fines comerciales y cercanos a vías principales aunque son transitados por el ave, los nidos que allí construyen son abandonados (Muñiz, 2016; Piana, 2007).

El jaguar en zonas de baja perturbación antrópica se encuentra muy activo durante el día o la noche, sin embargo, se ha observado cercanía de la especie a zonas de plantaciones de palmas de aceite y bosques secundarios (Payán et al., 2015; Payán & Soto, 2012) afirman que este es el mamífero que primero desaparece con el avance de la frontera agrícola y que por otro lado, frecuenta ríos y depósitos de agua dulce; las poblaciones de jaguar habitan bosques y sabanas tropicales, bosques de galería asociados a ríos, ciénagas y playones, también señalan que las coberturas en las que se evidencian bosques fragmentados están relacionadas con otros cambios ecológicos como la caza, las quemadas y la tala, además que el tamaño de los parches empieza a limitar la supervivencia de este gran mamífero.

---

<sup>11</sup> Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonía Colombiana

Por otro lado, también se tuvo en cuenta las vías ya que estas tienen un impacto negativo sobre la fauna silvestre causando fragmentación, modificación de hábitat, cambio en los patrones reproductivos y mortalidad en la fauna que por allí transite (Arroyave et al., 2006; De La Ossa, De La Ossa-Nadjar, & Medina-Bohórquez, 2015; Rabinowitz & Zeller, 2010). Las vías tomadas de la cartografía base para el departamento del Caquetá están clasificadas en tipos de vías según su amplitud, el material en el que están construidas y el volumen de tráfico que circula por ellas (IGAC, 2010), así pues, se calificaron como se muestra en la Tabla 9 según el peligro que estas representan para las especies; aquellas con mayor volumen de tráfico y revestidas de materiales que permitiendo la circulación a gran velocidad fueron calificadas con el costo más alto, luego aquellas que solo permiten el tráfico de vehículos de tracción animal o personas y sin revestimiento fueron contempladas en el intervalo de 6-7 ya que generan dificultad en el movimiento de las especies. En el Anexo 1 se detallan las características de cada tipo de vía.

Tabla 9. Costo: tipo de Vía

Costo por tipo de Vías						
Vía	Tipo 1	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7
Costo	10	9	8	7	7	6

### 3.2.5. Matriz de costo, Sistema Antroposférico

En la matriz de costo del sistema antroposférico se tuvo en cuenta al ser humano como el ente con capacidad de alterar los factores naturales puesto que en el paisaje suceden interacciones entre elementos bióticos y abióticos, en el primer grupo se encuentra la actividad humana (Zubelzu & Allende, 2015). En este caso se tomó lo propuesto por (Montoya-Rojas, 2018) para dividir este sistema en los componentes agrosistema, antroposistema y tecnosistema.

**Agrosistema:** definido por Montoya-Rojas (2018) es aquel que tiene en cuenta el servicio de abastecimiento, en especial de alimentos y materias primas, refiriéndose así al aprovechamiento de recursos por parte del ser humano. Mata olmo et ál (2009) indica que, el paisaje visto por el ser humano es concebido como sustento de actividades productivas citado en (Zubelzu & Allende, 2015), teniendo en cuenta lo anterior, se toma la capa de coberturas del 2018; ya mencionada en el sistema anterior pero ahora con énfasis en las coberturas intervenidas por el ser humano para dichas actividades, como lo son territorios agrícolas y áreas seminaturales en los que, según (Corpoamazonia, 2012b), se llevan a cabo actividades como ganadería y agricultura.

Paralelamente, al referirse al aprovechamiento de recursos entró en consideración la extracción de hidrocarburos y la pesca para el consumo humano siendo parte de las actividades productivas más importantes de la región amazónica (Corpoamazonia, 2012b).

Cada una de las actividades mencionadas anteriormente generan demanda del suelo, la UPRA - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2014) tiene en cuenta la vocación del suelo la cual está orientada a su uso adecuado, a partir de la oferta para el desarrollo de distintas actividades retratadas en la cobertura de la tierra, basándose en esto, se relacionaron únicamente las coberturas intervenidas por el ser humano con la vocación del suelo en el área de estudio. La calificación se realizó de la siguiente manera; se le asignó costo de 1 a aquellas coberturas que coincidieran con la vocación del suelo y luego, para aquellas

coberturas que no tuviesen coincidencia se les calificó según la categorización para valorar el estado de conservación de los suelos propuesta por el SINCHI (Peña-Venegas & Cardona, 2010) para los suelos de la Amazonía; las coberturas del nivel 1, son las que menos degradación<sup>12</sup> causan en ellos, entre estas se encuentran las plantaciones agroforestales y rastrojos, para el nivel 2 están los cultivos transitorios y policultivos, los monocultivos corresponden al nivel 3 ya que los suelos en estos casos tienen bajas posibilidades de recuperación, en el nivel 4 se mencionan las praderas de origen antrópico con posibilidades complicadas de recuperación y por último, las zonas donde es removida toda la capa vegetal y el suelo queda expuesto dejándolo con muy complicadas posibilidades de recuperación son clasificadas dentro del último nivel (5).

Ahora bien, para adecuar cada uno de los niveles a la escala manejada por la metodología de Beier et al., (2009) fueron calificadas las coberturas del nivel 1 dentro del intervalo de 2-3, luego las de nivel 2 en el intervalo de 4-5, las de nivel 3 de 6-7 y aquellas que se encontraran en el nivel 4 y 5 se les dio el mayor costo dentro del intervalo 8-10. El costo de cobertura con vocación se relaciona en el Anexo 4.

La información fue obtenida del mapa de Vocación de Uso de la Tierra a escala 1:100.000 elaborada por el IGAC en el 2017 (Tabla 4), donde se especifica que el objetivo principal de la vocación es la determinación del uso más apropiado que puede soportar cada suelo, buscando una producción adecuada que no deteriore los recursos naturales. Este insumo contenía una columna con información acerca del uso principal recomendado el cual es el uso deseable desde el punto de vista del desarrollo sostenible (IGAC, 2013), esta fue tomada en cuenta para la adecuación de los niveles en la escala de valoración.

**Antroposistema:** este componente es definido como el suelo transformado por el ser humano por medio de infraestructura para satisfacer sus necesidades básicas como lo son salud, educación, vivienda, empresas y vías (Montoya-Rojas, 2018). En el área de estudio se identificaron como parte de este componente los aeropuertos, las áreas urbanas, las vías y la red de ríos navegables. Esta infraestructura fue calificada según su contribución en la interacción de la población, Rozas & Figueroa (2006) mencionan que la representación física del concepto abstracto de conectividad es la estructura conformada por redes de corredores que sirven para movilizar bienes, servicios y personas entre distintos puntos del territorio.

En primer lugar, el transporte aéreo contribuye a la conexión e inclusión social promoviendo la conectividad interregional facilitando el comercio y el intercambio de conocimientos e ideas (Rozas & Figueroa, 2006), por esta razón los aeropuertos del área de estudio tienen un costo de 1, estando dentro del intervalo que favorece altamente la distribución de flujos.

Como otro elemento se evaluaron los cascos urbanos y centros poblados de los municipios, caracterizándose por estar conformadas por conjuntos de estructuras agrupadas y delimitadas por calles, carreras o avenidas, estas áreas cuentan por lo general con dotación de servicios esenciales como acueducto, alcantarillado, electricidad, gas, colegios y hospitales (DANE, 2009), al ser puntos de concentración de estos servicios para el ser humano, se le asignó un costo de 1.

Respecto a las vías; las condiciones de las mismas determinan los tiempos de viaje, los costos productivos, la accesibilidad a mercados y generación de bienestar social (Obregón - Biosca, 2010), a mayor diversidad vial entre vías tipo 1, 2 y 3, mejor será el bienestar socioeconómico (Durango, 2016),

---

<sup>12</sup> Degradación es la disminución o alteración negativa de las características propias del suelo por actividades antrópicas y se diferencia de la erosión donde esta es un proceso natural de la pérdida de algunas características del suelo (Peña-Venegas & Cardona, 2010)

por esta razón a las vías tipo 1 y 3 se les asignó un costo de 1, luego las demás fueron calificadas según el volumen de tráfico que permiten y la calidad de su revestimiento, las vías tipo 4 y 5 se encuentran en el intervalo de costo de 4-5 debido a que permiten un movimiento moderado y las vías tipo 6 y 7 cuentan con un costo de 6 ya que por ellas se produce dificultad en el movimiento, recordando que las especificaciones de las vías tratadas en este trabajo se encuentran en el Anexo 1.

En cuanto a los ríos, se tomaron en cuenta aquellos que pertenecen a la red primaria y secundaria de navegación; en la red primaria se tiene al río Caquetá y de la secundaria los ríos Caguán, Orteguzza, Apaporis y Yarí esto según el Ministerio de Transporte (2010). A pesar de que los ríos son elementos naturales han pasado a ser entendidos como parte de ensamblaje dentro de la infraestructura de transporte (Serje & Ardila, 2017). Corpoamazonia (2011) menciona la importancia de esta red fluvial a través de la cual se establece comunicación entre las zonas rurales más apartadas de la capital departamental, por esta razón fueron calificados dentro del rango de 1-3 debido a que, por medio de ellos se facilita el movimiento.

Tabla 10. Costo: elementos del Antroposistema

	Elemento	Costo
Antroposistema	Aeropuertos	1
	Red de ríos navegables	1
	Tejido urbano	1
	Vías tipo 1 y 3	1
	Vías tipo 4	4
	Vías tipo 5	5
	Vías tipo 6 y 7	6

**Tecnosistema:** en este componente se incluyeron las zonas que contaran con alguna figura legal de conservación o manejo especial y que preservan alguna parte del sistema natural (Montoya-Rojas, 2018). Bajo esa definición se tomaron las diferentes áreas protegidas del SINAP y otras áreas como figuras legales de conservación, en este caso Resguardos Indígenas y Zonas de Reserva Campesina.

Dentro del área de estudio se encontraron cuatro tipos de áreas protegidas del SINAP como se menciona en el capítulo 2; PNN (Parque Nacional Natural), RFPN (Reserva Forestal Protectora Nacional), PNR (Parque Natural Regional) y RNSC (Reserva Natural de la Sociedad Civil) según el RUNAP (2018). Cada una de ellas con distinta reglamentación.

En Colombia hay dos grandes tipos de áreas protegidas (Bonilla & Huiguera, 2016): las naturales y las étnicas, la Constitución Política de Colombia, 1991, art. 63. les da el valor de inalienables, imprescriptibles e inembargables a los Parques Nacionales Naturales y a los Resguardos Indígenas.

(Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente., 1974). *Así las áreas protegidas nacionales no permiten ningún uso distinto al de conservación, educación, recreación, control, cultura, investigación y recuperación, su manejo corresponde a la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales.*

Las áreas protegidas regionales permiten también las acciones mencionadas anteriormente sin embargo su administración corresponde a las (CAR) Corporaciones Autónomas Regionales (Decreto N° 2372, 2010).

La Reserva Forestal Protectora Natural del área de estudio es de nivel nacional ya que alberga ecosistemas estratégicos a esta escala y es administrada por la Corporación Autónoma Regional CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena) en un 80% y Corpoamazonia en el 20% restante (RUNAP, 1983). Las actividades permitidas en esta área son de restauración, uso sostenible, conocimiento, preservación y disfrute; el uso sostenible en esta categoría hace referencia a la obtención de frutos secundarios del bosque (MADS, 2017).

El Decreto N° 2372, 2010, art.17. señala que las RNSC son manejadas bajo principios de sustentabilidad en el uso de recursos naturales y que por voluntad del propietario del inmueble se destina para uso sostenible, preservación o restauración a largo plazo, es importante anotar que dentro del inmueble debe existir una muestra de ecosistema natural; las actividades a las cuales se dedican estos espacios son la conservación, preservación, regeneración y restauración de los ecosistemas, también es permitido el ecoturismo, la investigación y la habitación permanente.

En cuanto a los Resguardos Indígenas y Zonas de Reserva Campesina (IAvH - Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt & Fundación Natura, 2019) indican que estos territorios son de gran importancia en términos de biodiversidad, servicios ecosistémicos y valores culturales debido a las prácticas de estos grupos a raíz de las formas de gobernanza comunitarias.

Por un lado, los Resguardos Indígenas con una titulación de la tierra colectiva, por medio del Plan de Vida que los cobija, identifican áreas de conservación, sitios sagrados y corredores interculturales; dado que las tradiciones y la cosmovisión crean un estrecho vínculo con el territorio y la tierra la cual es considerada como madre (Cortes, 2018). Por el otro lado, las Zonas de Reserva Campesina, con titulación de la tierra dada a una organización o asociación campesina, por medio de una propuesta territorial propia con el desarrollo de estrategias y prácticas de conservación y uso sostenible de la biodiversidad (ANT - Agencia Nacional de Tierras, 2017) mostrando la capacidad que tienen las comunidades de conservar, gestionar y beneficiarse del ecosistema.

Esta última figura de protección legal mencionada resalta que su propósito es la regulación, limitación y ordenamiento de la propiedad rural, eliminando la concentración y el acaparamiento de tierras baldías por colonos a través de la implantación de mejoras y el fomento de la pequeña propiedad campesina previniendo la descomposición de su economía (Ley N° 160, 1994, art.79), construyendo una figura agraria equitativa (Ordoñez, 2012).

En el área de estudio se encuentra una de las siete ZRC reconocidas en el país, la ZRC de la cuenca del río Pato y valle del Balsillas la cual se creó a partir de un acuerdo entre la comunidad campesina y el Ministerio de Medio Ambiente para su relocalización fuera del PNN Los Picachos si no mejor en la zona de amortiguación de este parque siguiendo el lineamiento dado por el (Decreto N° 1777, 1996, art. 1, parágrafo 1), siendo una figura estratégica para el logro de los objetivos de conservación del SINAP, dado que se da una protección especial al territorio protegiéndolo de actividades extractivas e intensivas (IAvH & Fundación Natura, 2019).

Según Cortes (2018) la conservación solo es posible si los actores sociales que hacen uso de los recursos naturales están incluidos en los espacios de participación dentro del área protegida, de esta forma se sustenta la importancia de aquellos territorios indígenas dentro de los PNN ya que al promover y consolidar procesos de participación social se llega a la coordinación para la conservación dando un reconocimiento a aquellas comunidades que han vivido el territorio (Van der Hammen et al. 2015 citado en Cortes, 2018)

Teniendo en cuenta lo anterior se dio un costo a cada una de estas áreas, a partir del nivel de conservación y manejo especial de los recursos naturales a través de las figuras legales que representan dichas áreas, estas calificaciones se muestran en la Tabla 11. En este caso se asignaron costos en el intervalo de 1-3 puesto que todas las áreas presentan un manejo especial y preservan alguna parte del sistema natural, unas en mayor grado que otras, es por esto que las áreas sin figura legal de conservación pero con cobertura vegetal no modificada tuvieron un costo de 3, luego las áreas calificadas con 2, son aquellas que permiten el uso de los recursos naturales dentro de estas pero sin una población beneficiaria específica lo que podría dar lugar a conflictos, como es el caso de las RFP (MADS, 2017). y los PNR (Bonilla & Huiguera, 2016) que se encuentran coordinados por dos Corporaciones Autónomas Regionales distintas con excepción del PNR Miraflores Picachos. Mientras que aquellas calificadas con 1 tenían un manejo especial tanto de forma institucional como de la población que las habitan dada las relaciones de gobernanza donde las reglas de uso y gestión se producen en deliberación entre actores heterogéneos (Palacio, 2015), contribuyen de forma significativa el cumplimiento de los objetivos de conservación planteado para cada área (Cortes, 2018; Rojas, 2014).

Tabla 11. Costo: variables del Tecnosistema

	Figuras de conservación o manejo especial	Costo
Tecnosistema	Resguardo Indígena	1
	ZRC (Zona de Reserva Campesina)	1
	RNSC (Reserva Natural de la Sociedad Civil)	1
	PNN (Parque Nacional Natural)	1
	PNR (Parque Natural Regional)	2
	RFP (Reserva Forestal Protectora)	2
	Área sin figura de conservación y sin modificación de cobertura	3

Posterior a esto se unificaron todos los elementos de los componentes de agrosistema, antroposistema y tecnosistema con sus respectivas calificaciones para la elaboración de la matriz de costo de este sistema y para culminar con la metodología de esta etapa se realizó la superficie de costo con la herramienta *Weighted Overlay* de *ArcGIS* a partir del procesamiento conjunto de las matrices de costo resultantes de cada sistema mencionado a lo largo de este fragmento, como se mencionó al principio de este capítulo esta superficie representa el costo ponderado para el movimiento conjunto de los flujos considerados.



Figura 4. Modelo para elaboración de Superficie de costo  
Fuente: Imágenes ESRI (elaborado por las autoras)

### 3.3. ETAPA 3. ÁREAS PROTEGIDAS ¿ESTÁN BIEN CONECTADAS?

Para cuantificar el porcentaje del departamento que está cubierto por áreas protegidas bien conectadas se utilizó el índice Protected Connected Land (ProtConn) el cual también permitió identificar las zonas donde es necesario robustecer la conectividad entre Áreas Protegidas (Areiza, Corzo, Castillo, Matallana, et al., 2018).

Teniendo en cuenta la metodología propuesta por Saura et al. (2017) para calcular este índice, los insumos utilizados fueron las Áreas Protegidas en formato vector, la superficie de costo creada para el objetivo anterior y las unidades de análisis también en formato vector, para este caso, los municipios ya que en ellos los instrumentos de planeación pueden incorporar medidas para mejorar la conectividad entre Áreas Protegidas con una gestión más apropiada (Paredes-Leguizamón, 2018).

Inicialmente se tomaron las Áreas Protegidas calculando las distancias de costo mínimo entre ellas teniendo en cuenta la superficie de costo creada, ya que se utilizó el valor asignado de cada celda siendo el que se debe recorrer desde la celda fuente hasta la celda final para dar un valor de costo acumulado, la distancia de costo mínimo entre Áreas es aquella con menos costo acumulado haciendo alusión al camino más corto con este tipo de distancia (Etherington, 2016; Richard & Armstrong, 2010; Wang, Savage, & Shaffer, 2009). Este cálculo se realizó con ayuda del paquete *Makurhini* para *RStudio* (Godínez-Gómez & Correa-Ayram, 2020) utilizando el argumento *distancefile* el cual se encuentra dentro de la función *MK\_ProtconnMult*, siendo esta la utilizada para el cálculo del índice ProtConn para cada municipio

Para completar la información en este argumento primeramente se definió el *ngh* (direcciones del gráfico vecino para cálculos de distancia), eligiendo entre dos tipos de vecindad, la de Von Newman y la de Moore, asignando el último tipo ya que permite el movimiento para la medición de la distancia entre las celdas diagonales y también entre las que se encuentran a los laterales, la superior y la inferior (Vargas-Forero, Muñoz- Ceballos, García- Baños, & Jaramillo- Molina, 2019).

Después de elegir la vecindad a utilizar, en la función *MK\_ProtconnMult*, también se definieron valores para los argumentos; en el caso del umbral de distancia se asignaron 64km ya que es la distancia máxima de dispersión de las especies focales seleccionadas (Rabinowitz & Zeller, 2010); para definir las áreas transfronterizas que son aquellas que están fuera del área de estudio pero que influyen en la conectividad de las Áreas Protegidas al interior del departamento, el paquete *Makurhini* genera un buffer con la distancia dada por la fórmula de probabilidad de dispersión en la que tanto Saura et al. (2017) como Saura et al. (2018) mantienen un valor de probabilidad de 0,03 para una distancia mediana de dispersión, en este caso esta distancia correspondió a 33km teniendo en cuenta las distancias de dispersión de las tres especies focales; 2km para el mono churuco (Gonzales, 2007), 31,5 km para el águila harpía (Muñiz, 2016) y 64km para el jaguar (Rabinowitz & Zeller, 2010). De esta forma, cumpliendo con el valor de probabilidad de 0,03 se obtuvo una distancia para el buffer que contiene las áreas transfronterizas de 165km. Una vez definidos los valores anteriores en la función de R el programa procedió a realizar el cálculo del índice ProtConn para cada municipio.

## CAPÍTULO 4

### 4. RESULTADOS

#### 4.1. SISTEMAS PLANETARIOS Y LAS CARACTERÍSTICAS DE SUS ELEMENTOS

Se recolectó y adaptó información secundaria detallada de cada uno de los elementos presentes en los componentes de los cinco sistemas planetarios como base descriptiva de la ecología del paisaje para el área de estudio.

##### 4.1.1. Sistema Atmosférico

Engloba el estudio de la atmosfera desde las variables meteorológicas, y su dinámica tanto en el espacio como en el tiempo (Montoya-Rojas, 2011). El sistema se abordó desde la climatología donde se evaluó la información referente a la temperatura, precipitación, vientos y clasificación climática Caldas-Lang.

**Temperatura:** Corresponde a los datos proporcionados por el IDEAM (ver tabla x la de los insumos) mostrando el promedio multianual 1981-2010 a partir de la distribución media anual en grados centígrados (°C). Como se observa en la Figura 5 el 5,5% del área de estudio presenta temperatura entre 6 y 18°C, temperaturas entre 18 y 24°C cubren el 6,7%, por consiguiente, el 87,8% restante del área de estudio presenta temperatura mayor a 24°C correspondiendo a la selva amazónica donde se presenta una homogeneidad térmica la mayor parte del año.

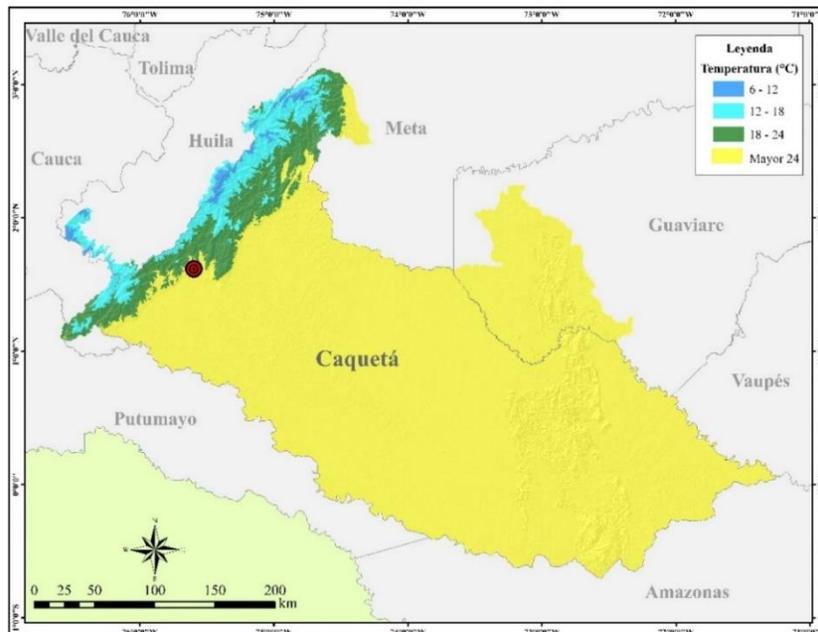


Figura 5. Mapa temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010 (°C)

**Precipitación:** Aquí se consideró la información del promedio multianual 1981-2010 de la precipitación media total anual, en la Figura 6 se visualizan precipitaciones desde los 1.000mm hasta los 5.000mm, los valores entre 1.000 a 2.500mm corresponden al 10,6% del área de estudio, el 33,1% registra 2.500 a 3.000mm, 55,7% para 3.000 a 4.000mm y por último en el rango de 4.000 a 5.000mm se encuentra una pequeña zona con el 0,6% del área total.

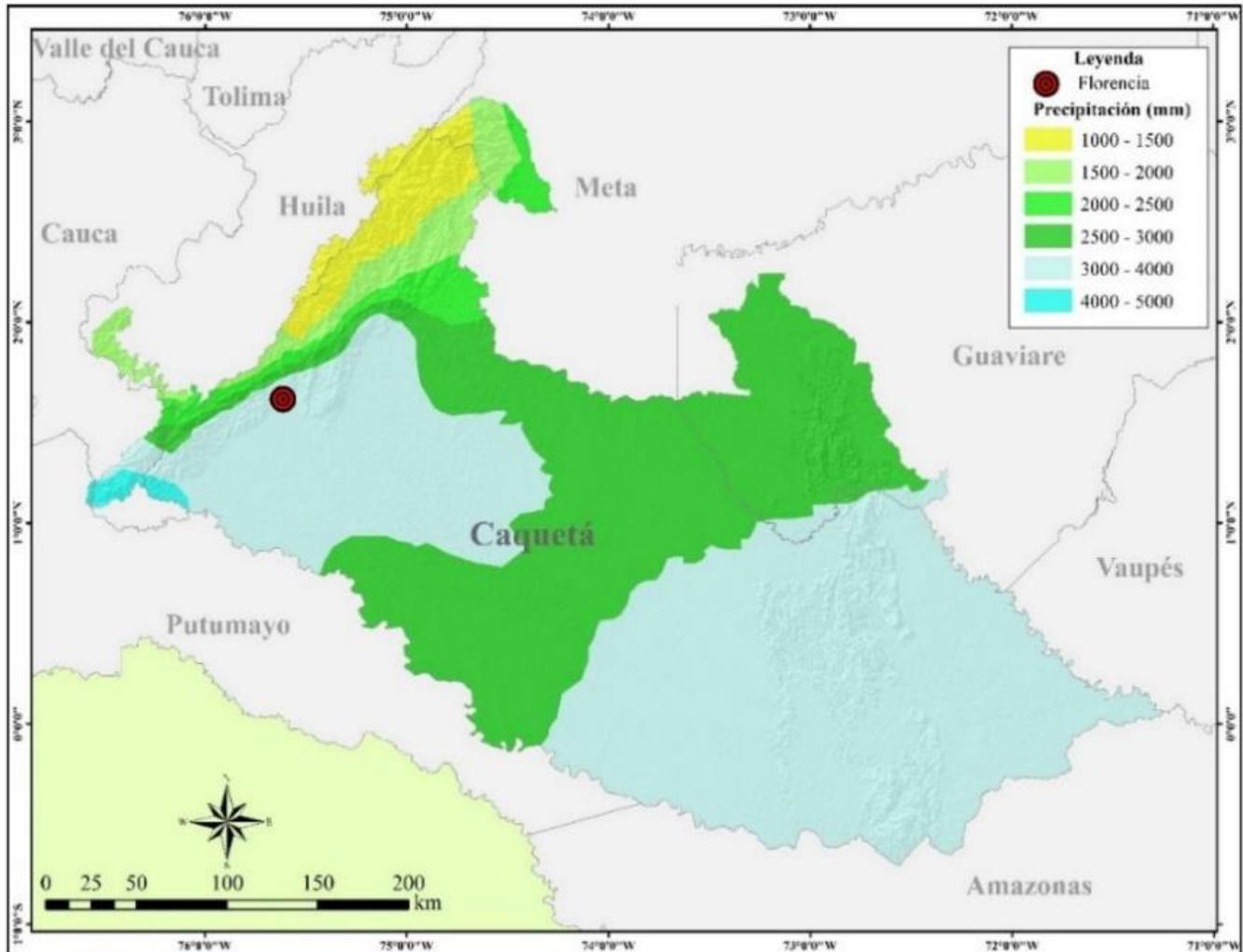


Figura 6. Precipitación media total anual, promedio multianual 1981-2010 (mm)

**Vientos:** Para este elemento se tomó la información de la velocidad (m/s) promedio anual sobre la superficie a partir de la información publicada por el IDEAM (ver tabla 4) mostrando una variación entre los 0 a 6 m/s y una dirección hacia el Noroeste casi uniforme, se presenta una pequeña perturbación al Oeste de lo que corresponde al macizo de la Serranía de Chiribiquete, alrededor del 85,5% del área de estudio presenta una velocidad promedio anual de 0 a 2 m/s. Lo anterior corresponde a la Figura 7.

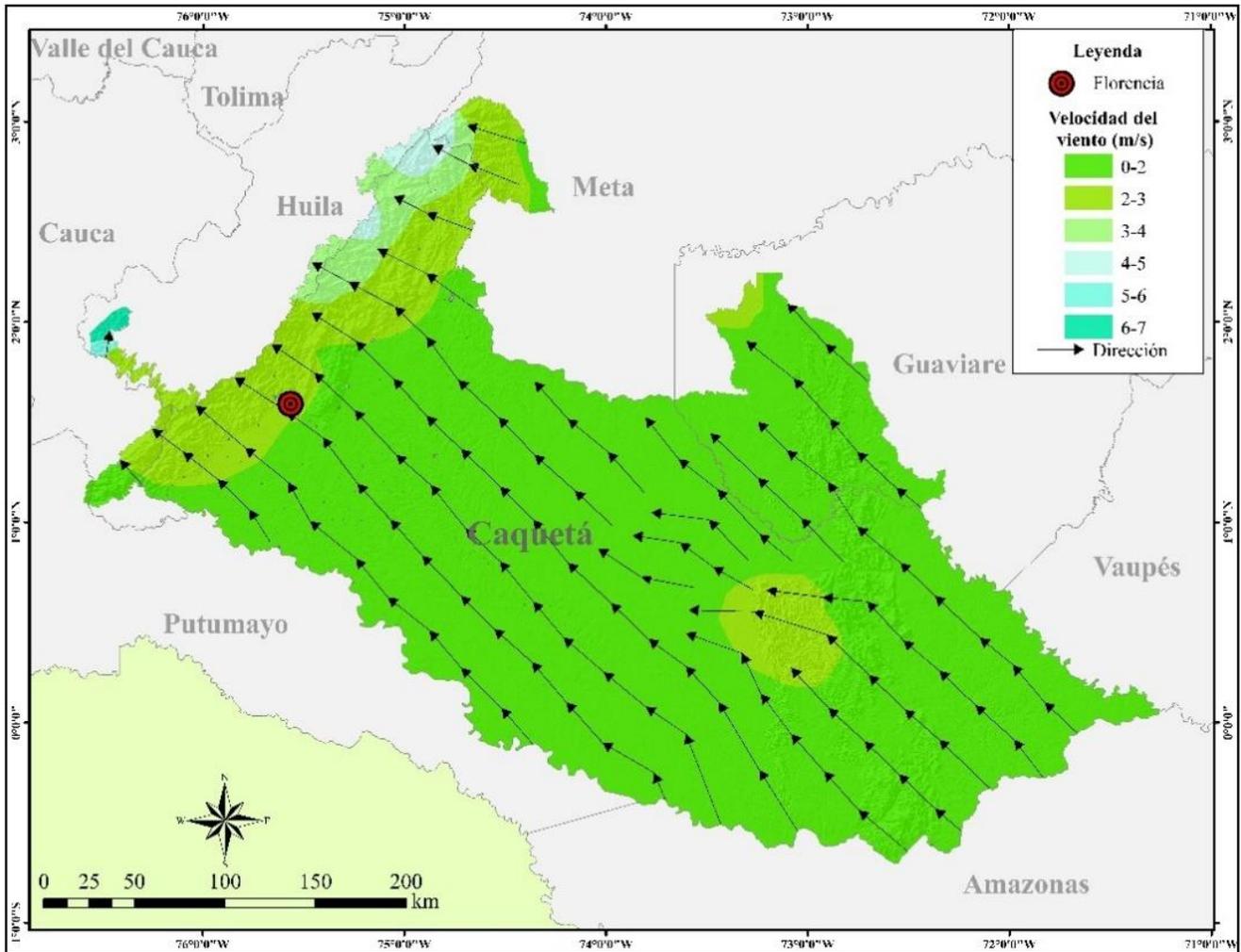


Figura 7. Mapa velocidad (m/s) y dirección del viento

**Caldas-Lang:** En 1962 se combinó la clasificación de Caldas con la de Lang considerando el factor térmico y el factor de humedad haciendo que cada tipo de clima en esta clasificación estuviera compuesto de dos palabras referidas a cada factor (IDEAM, 2015a), se adaptó la información publicada por el IDEAM en el 2012 (Tabla 4) para el área de estudio, encontrando 11 clases climáticas (Figura 8) de las cuales, alrededor del 86,5% del departamento se encuentra influenciado por el clima cálido húmedo teniendo correspondencia a la selva amazónica y conforme aumenta la altitud hacia la cordillera oriental se encuentran en menos proporción (13,5%), clases como cálido superhúmedo, cálido semihúmedo, templado superhúmedo, templado húmedo, templado semihúmedo, frío superhúmedo, frío húmedo, frío semihúmedo, muy frío superhúmedo y muy frío húmedo presentándolas de manera gráfica a continuación.

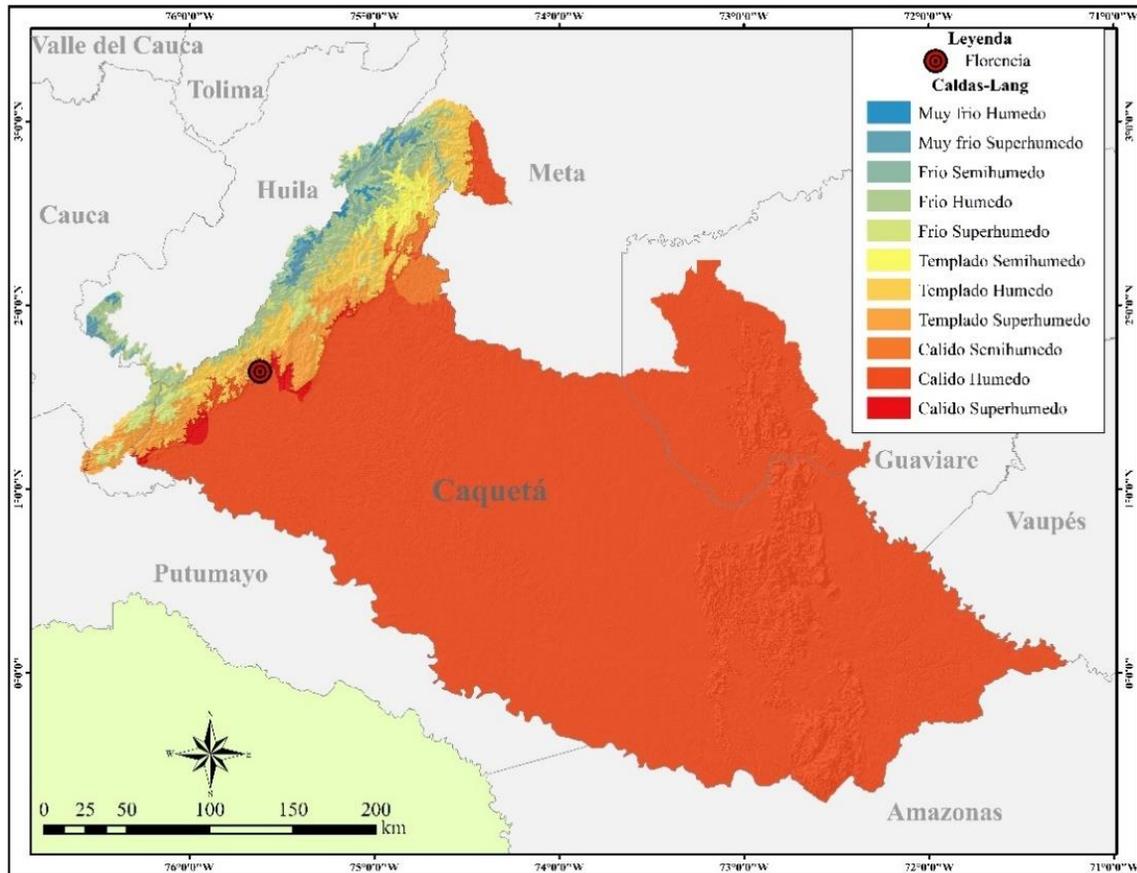


Figura 8. Mapa clasificación climática de Caldas-Lang

#### 4.1.2. Sistema Hidrosférico

En este sistema se relaciona la dinámica e interacción entre los cuerpos de agua tanto superficiales como subterráneos, continentales o marinos (Montoya-Rojas, 2011); tiene una visión desde la hidrografía donde se describen los cuerpos de agua y se representan gráficamente, se complementa también con la hidrología estudiando el origen de las aguas, movimiento, distribución en el espacio, propiedades físicas y químicas (García, 2012) por último considera la hidrogeología la cual se apoya principalmente en la geología, además de información hidrológica para entender el origen y formación de las aguas subterráneas (IDEAM, 2010).

**Hidrografía:** Caquetá se encuentra ubicado en el Área Hidrográfica del Amazonas según la zonificación del IDEAM (1978), dentro de su territorio se encuentran cuatro de las nueve zonas hidrográficas del Amazonas (Apaporis, Caguán, Caquetá y Yarí) siendo los ríos más importantes mencionados en la región (Cordoba, 1957) junto con el Orteguaza, este último perteneciente a una de las 20 subzonas hidrográficas del departamento representadas en la Figura 9.

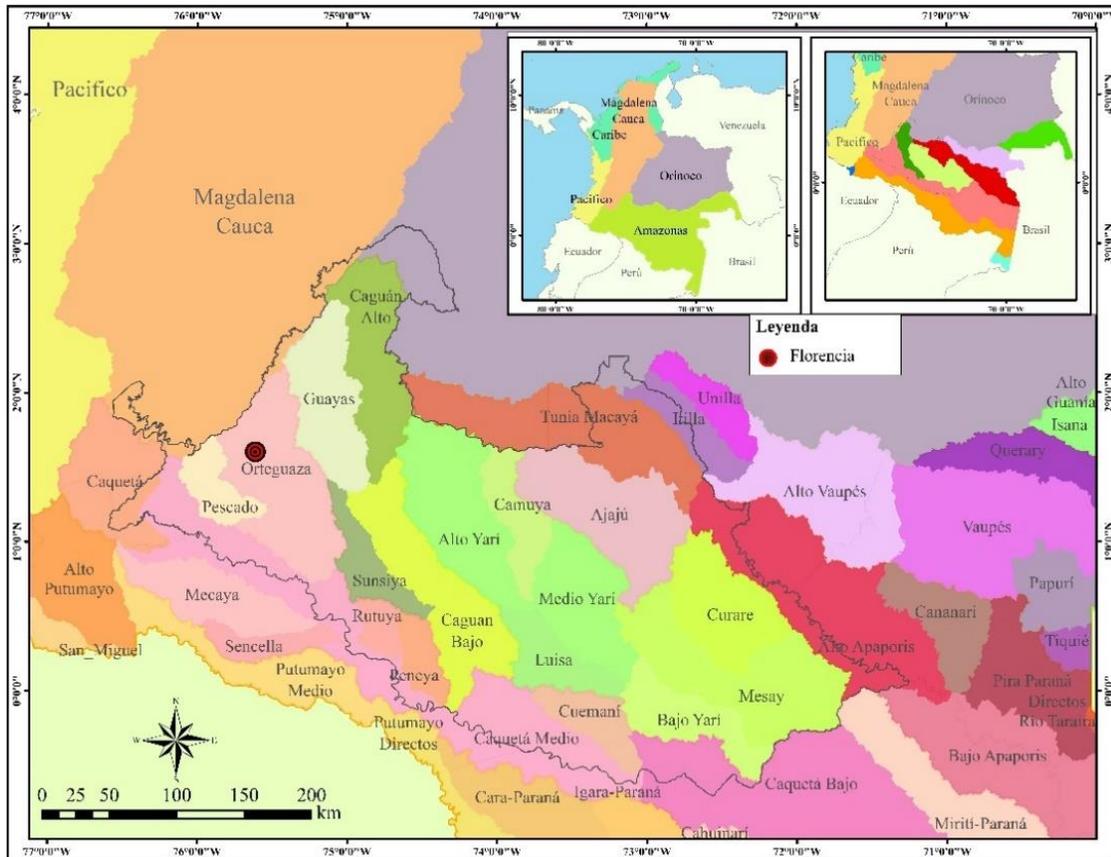


Figura 9. Mapa Área, Zona y Subzonas hidrográficas del área de estudio

La riqueza hídrica de esta región se debe a que lo que se conoce hoy como la Amazonía era mucho más extensa, sus aguas discurrían hacia el océano Pacífico y estuvo sumergida bajo el mar que ingresaba por lo que ahora es el norte venezolano, en el momento en que es emergida la cordillera de los Andes, se da inicio a la nueva configuración de drenajes andinos, cambia la dirección de la red hídrica existente haciéndola fluir hacia el Este, los procesos nuevos erosivos de la cordillera fueron restringiendo la penetración del mar el cual se fue secando y dando origen a un sistema lacustre de humedales, lagos, lagunas y pantanos (Otero et al., 2016).

En términos de cuerpos de agua, el Área hidrográfica del Amazonas representa el 39% de agua continental superficial del país, y es la segunda región con mayor área de humedales continentales del país, estos se ubican alrededor de los ríos Caquetá, Vaupés, Apaporis y Putumayo (Jaramillo, Cortés-Duque, & Flórez, 2015), Los humedales tienen un rol fundamental en el mantenimiento de la salud y regulación hídrica de las cuencas hidrográficas de la región, cumplen funciones de mitigación de impactos por inundaciones, absorción de contaminantes, retención de sedimentos, recarga de acuíferos y son hábitat para fauna y flora (Ricaurte et al., 2015).

Por ejemplo, para el municipio de Florencia, capital del departamento se han identificado 23 humedales, y a lo largo de los municipios de Morelia, Belén de los Andaquíes, Albania, Milán, Valparaíso y Montañita, se localizan más de 800 cuerpos de esta clase, que en su mayoría tienen un área inferior a 10 ha. y los de mayor tamaño se encuentran dentro de la cuenca del río Orteguaza (Ricaurte et al., 2015).

En otros ambientes lenticos en la región se localizan lagos, lagunas y pantanos, la mayoría de las lagunas del departamento son meandros<sup>13</sup> abandonados o desconectados por la modificación del cauce principal de un río, esto sucede por la acumulación de sedimentos en uno de sus laterales hasta provocar el taponamiento del cauce, dado esto, el espejo de agua restante conforma una laguna, una vez esta empieza a presentar procesos de invasión vegetal y disminución de la lámina de agua se convertirá finalmente en pantano (Jaramillo et al., 2015).

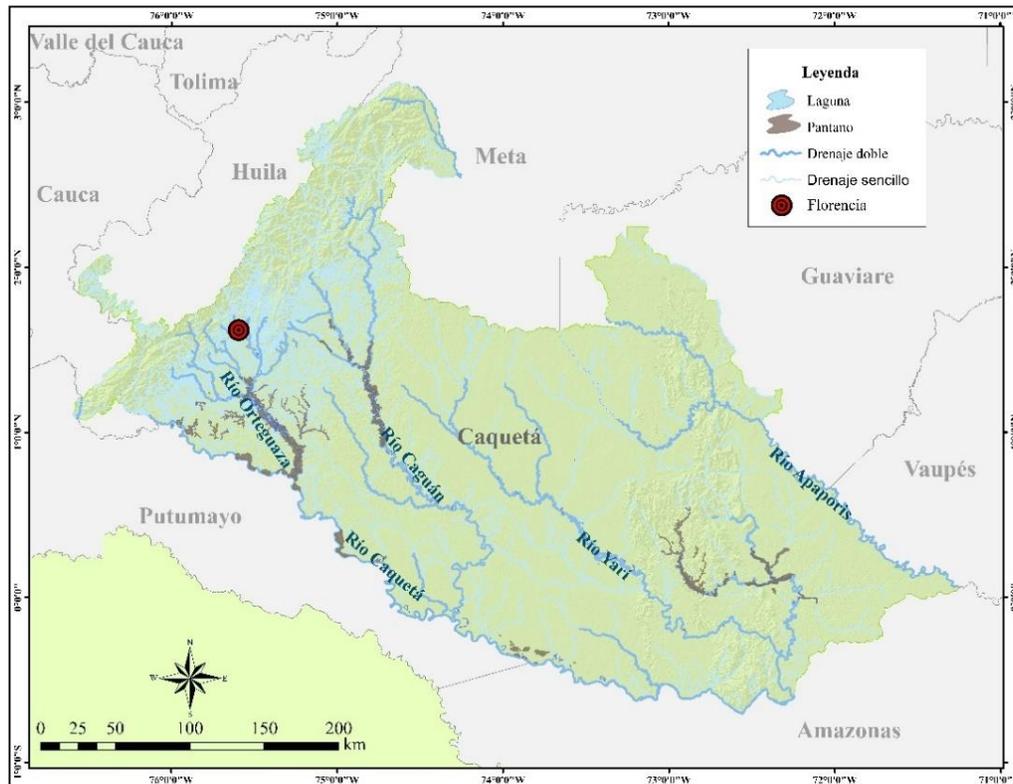


Figura 10. Mapa cuerpos de agua superficial del área de estudio

**Hidrología:** Desde esta rama se pueden identificar diversas propiedades de los drenajes, por ejemplo los ríos del departamento se clasifican en dos tipos según las características de sus aguas, ríos de aguas blancas o aguas negras, aquellos de aguas blancas tienen su origen sobre la cordillera de los Andes, sus aguas son de color amarillo ricas de nutrientes y alto número de sedimentos; aquellos de aguas negras nacen en la planicie amazónica, son de color oscuro ya que tienen una alta carga de materia orgánica, sin embargo, tiene bajos nutrientes y pocos sedimentos (Otero et al., 2016). Así mismo se pueden determinar las características de origen de los cauces fluviales a partir de la geomorfológica de la región (Vargas, 2012). Por otro lado se reconoce el patrón de drenaje, el cual se ve influenciado por la configuración de los suelos y las rocas ya que va relacionado con el material geológico sobre el cual fluye (Meza & Martínez, 2010).

Como se mencionó unos párrafos atrás en el momento que emerge la cordillera de los Andes se configura el nuevo patrón de drenaje de los ríos amazónicos que desembocan en el Atlántico y da origen a los que discurren de la cordillera, dividiendo los cauces en tres momentos, cuando nacen en la alta

<sup>13</sup> Es una curva compuesta por dos arcos sucesivos en el cauce de un río, normalmente formado en llanuras aluviales y zonas con poca variación de pendiente (Montserrat, 1985).

montaña, cuando se mueven por el piedemonte y por último el movimiento en la llanura amazónica (Otero et al., 2016).

A continuación, en la Tabla 12 se muestra como varían ciertas características de los drenajes conforme cambia la morfología de la región:

Tabla 12. Características de los drenajes según región

Características del drenaje	REGIÓN AMAZÓNICA		
	Cordillera	Piedemonte	Llanura
Patrón	Dendrítico	Subparalelo	Desordenado
Disección	Alta	moderada a baja	baja a muy baja
Sinuosidad	Rectos	Meándricos	Anastomosados
Edad	Joven	Maduro	Senin
Capacidad de material transportado	Bloques y Gravas	Gravas a Arenas	Arenas finas a limos y arcillas

Fuente: adaptado de *Corpoamazonia* (2012)  
Elaborado por las autoras

Los sistemas dendríticos se caracterizan por la ramificación arborescentes, las corrientes tributarias se unen al drenaje principal formando ángulos agudos y en zonas con pendientes elevadas, el subparalelo se presenta en zonas más homogéneas en su pendiente, sus tributarios se unen formando ángulos generalmente iguales y los de patrón desordenados están sobre terrenos planos con grandes llanuras aluviales sin tener un patrón definido (Meza & Martínez, 2010).

La capacidad de disección describe el proceso gravitacional hídrico mediante el cual los drenajes forman su cauce, esto consiste en el proceso de erosión donde se genera el desprendimiento del material del fondo o lecho fluvial y de las orillas de este, también se relaciona con la capacidad de transporte de material ya que, a mayor capacidad de disección, mayor erosión y mayor es el tamaño de los sedimentos transportados (Vargas, 2012).

La sinuosidad de un río determina el grado de curvatura de este, presenta una relación numérica por la longitud del cauce principal, por ejemplo un cauce en línea recta tiene una sinuosidad de 1 y conforme tiene curvaturas aumenta este valor, el drenaje Rectilíneo contiene normalmente un único cause, además tienen caudal de alta energía y gran capacidad erosiva, los drenajes Dendríticos tienen sinuosidad mayor a 1,5 y un canal único, se compone de diversos meandros donde la parte cóncava tiene mayor capacidad erosiva que la orilla convexa la cual favorece la sedimentación debido a la variación de velocidad hacia ambos extremos, por último se encuentran los drenajes Anastomosados o trenzados con los valores máximos de sinuosidad ya que presentan múltiples canales, tienen menor energía que las corrientes rectilíneas, por lo que, al encontrarse con obstáculos, tienden a modificar su trayectoria adecuándose al relieve de la región (Montserrat, 1985), lo mencionado anteriormente se describe gráficamente en la Figura 11.

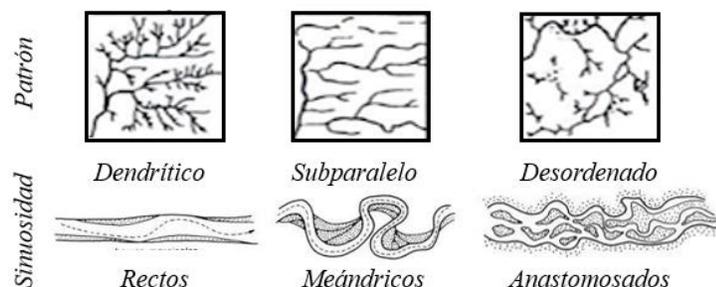


Figura 11 Patrón y Sinuosidad de los ríos  
Fuente: (Montserrat, 1985)

Los ríos Apaporis, Caguán, Caquetá, Ortegúaza y Yarí son los drenajes principales dentro del área de estudio (Cordoba, 1957) ver Figura 10 hidrográfico el de los ríos arriba.

Los ríos Caguán, Ortegúaza y Caquetá corresponden a ríos de aguas blancas por su nacimiento en la cordillera, los dos primeros suman alrededor de 760 km de longitud y tributan en el tercero; Caquetá o Japurá en Brasil, este recorre aproximadamente 2.200 km entre Colombia y Brasil, alrededor de la mitad corresponde al departamento que lleva su nombre, este es uno de los principales tributarios del río Amazonas en tierras brasileñas, los ríos Apaporis y Yarí tienen un recorrido de 1820 km hasta verter sus aguas en el río Japurá, estos ríos contienen aguas extremadamente negras debido a su nacimiento sobre la planicie amazónica (Otero et al., 2016).

**Hidrogeología:** El IDEAM (2010) realizó la zonificación de 16 provincias hidrogeológicas<sup>14</sup> mostrando así que Caquetá se encuentra sobre dos de ellas, la de mayor cobertura, Caguán-Putumayo (1) está localizada desde el piedemonte Amazónico y Andino-Amazónico hasta el alto estructural que incluye la Serranía de Chiribiquete.

En la zona de transición entre la cordillera y la selva amazónica predominan rocas sedimentarias, presentando una porosidad primaria favoreciendo la alta infiltración y por ende la recarga de los acuíferos más profundos. En la planicie selvática se originan acuíferos locales en mediaciones de los cauces de los ríos principales meándricos y anastomosados con la característica de contar con una buena porosidad y permeabilidad por la presencia de acuitardos<sup>15</sup>

La provincia hidrogeológica de Vaupés- Amazonas (16) comprende una menor cobertura en el área de estudio, ésta inicia con el alto estructural de la Serranía de Chiribiquete hasta la frontera con Brasil, sin embargo en esta provincia, afloran rocas muy antiguas además de también contar con material terciario que corresponde a sedimentos de origen marino a continental lacustre por la presencia de acumulaciones detríticas, terrazas y aluviones como depósitos de los cauces, cuenta con porosidad primaria permitiendo la alimentación de los acuitardos más profundos.

<sup>14</sup> Unidad de análisis para el cálculo de la reserva de agua subterránea existentes en el país, definidas con base en unidades tectonoestratigráficas separadas entre sí por rasgos estructurales regionales, que coinciden con límites de cuencas geológicas mayores y que, desde el punto de vista hidrogeológico, corresponden a barreras impermeables representadas por fallas regionales y altos estructurales. Adicionalmente, se caracterizan por su homogeneidad geomorfológica. (IDEAM, 2010).

<sup>15</sup> Materiales que almacenan agua, pero solo permiten el flujo muy lento de ella por sus condiciones semipermeables o impermeables (IDEAM, 2015b).

En ambas provincias se clasifican los sistemas de acuíferos como valles aluviales y terrazas de grandes ríos Libres<sup>16</sup> a Semiconfinados<sup>17</sup> (IDEAM, 2015b).

Las provincias hidrogeológicas Vaupés–Amazonas y Caguán–Putumayo muestran en general una baja potencialidad de recarga (IDEAM, 2019b) sin embargo, ya que la disponibilidad del agua subterránea depende de la recarga de los acuíferos proveniente principalmente del agua lluvia precipitada y del camino que ésta recorre en el dominio litosférico, una fracción del agua interceptada por el suelo escurre por el mismo en forma de escorrentía, mientras que la otra penetra a través de los poros y fisuras de las rocas hacia el subsuelo, entonces bien, la recarga de los acuíferos de esta zona dependen de aquellas con baja potencialidad de recarga (IDEAM, 2019b) como corresponde a la cordillera oriental, estas zonas potenciales de recarga se muestran en la Figura 12 junto con las dos provincias hidrogeológicas correspondientes.

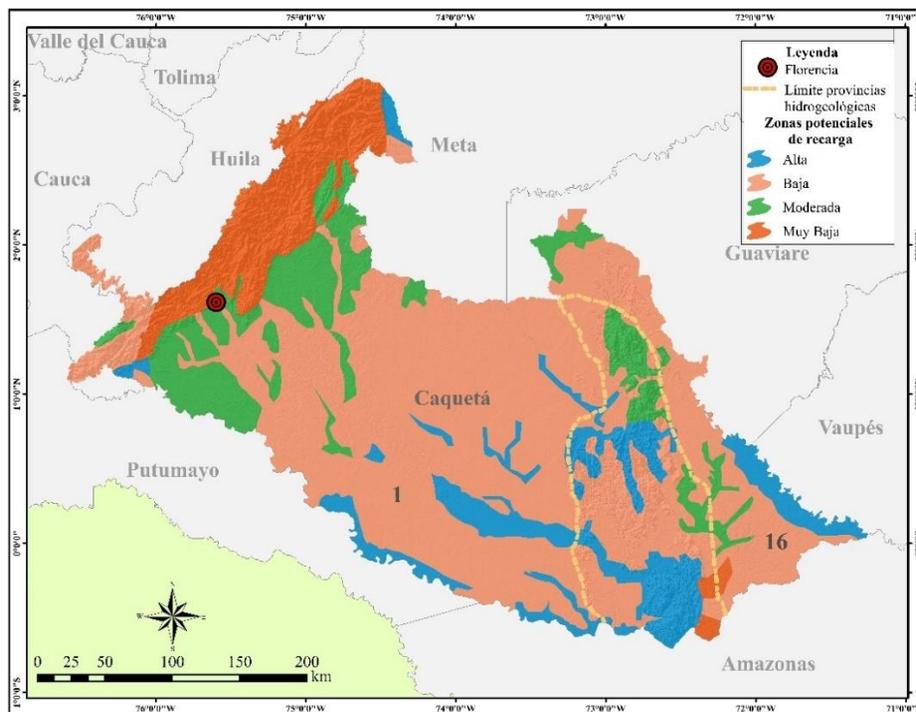


Figura 12. Mapa zonas potenciales de recarga

#### 4.1.3. Sistema Geosférico

Este sistema estudia la geosfera desde la dinámica geológica, hace referencia a la capa sólida y rocosa terrestre que sirve de soporte para la interacción de los demás sistemas (Montoya-Rojas, 2011) para el área de estudio se llevó a cabo la caracterización geológica, geomorfológica y edafológica.

**Geología:** Se divide en tres ramas según su disciplina principal, geología estratigráfica, estructural e histórica, definiendo la composición, distribución y edad de las unidades geológicas

<sup>16</sup> Corresponde a una clasificación hidrostática, los acuíferos libres también llamados no confinados o freáticos son aquellos que tienen su límite superior a presión atmosférica (IDEAM, 2015b).

<sup>17</sup> Corresponde a una clasificación hidrostática, son semiconfinados cuando su límite superior está a mayor presión que la atmosférica pero que alguna de las capas confinantes es semipermeables o acuitardos (IDEAM, 2015b).

respectivamente, para este componente se abarcaron las tres por separado, pero se evidencia similitudes en la información asociada por la interacción sistémica de sus elementos.

***Geología Estratigráfica.*** Esta ciencia estudia los estratos, sus composiciones, sucesiones y procesos geológicos en el tiempo y espacio, los estratos son el conjunto de material rocoso y sedimentario que se depositan en capas superpuestas, expuestas a diversas dinámicas geológicas (Blandón, 2002).

El componente geológico de este sistema fue desarrollado a partir del Atlas Geológico Colombiano (AGC), este resume la información geológica superficial del país representada en Unidades Cronolitoestratigráficas de aquí en adelante UC, el SGC<sup>18</sup> adapta la clasificación de estas unidades de manera mixta, cronoestratigráfica y litoestratigráfica lo que hace referencia al uso de dos criterios: la edad y la litología de los estratos además en algunos casos se tiene en cuenta el terreno geológico<sup>19</sup> de cada unidad (J. Gómez et al., 2015).

Para la geología estratigráfica evaluada en este sistema es de importancia la composición litológica de cada una de las UC. A partir de simbología alfanumérica del AGC se diferencié cada una de ellas, de tal manera que su primera letra esté de acuerdo con la edad de formación de los materiales, seguida por el tipo de rocas que le compone y el terreno geológico al cual pertenece.

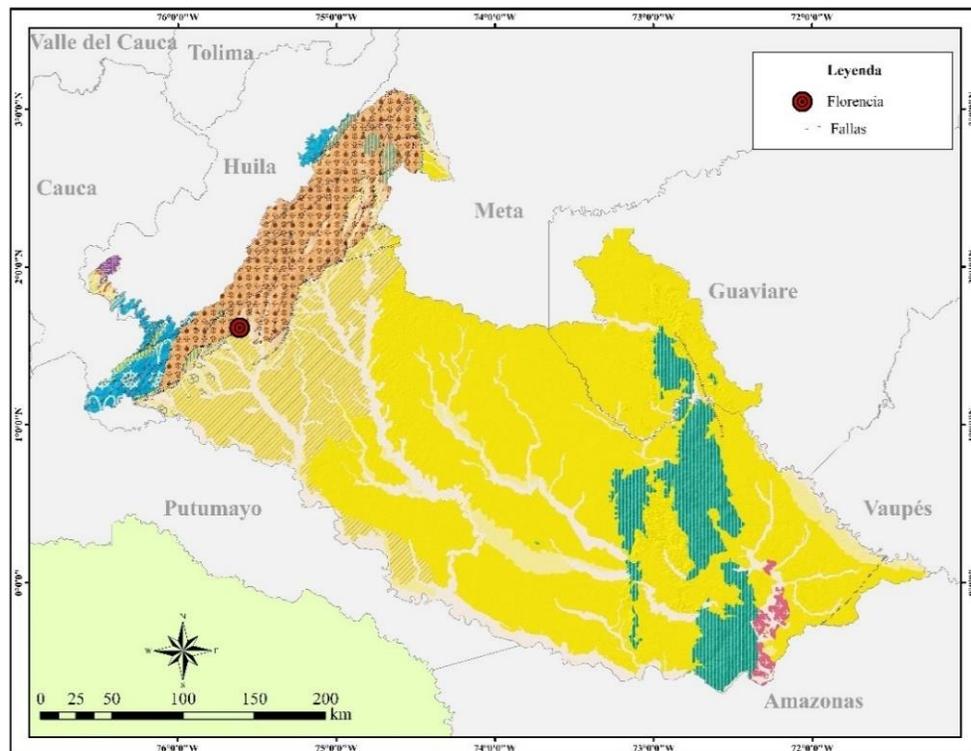


Figura 13, Mapa estratigráfico

<sup>18</sup> Servicio Geológico Colombiano

<sup>19</sup> Terreno: es un cuerpo de roca limitado por fallas de extensión regional, caracterizado por tener una historia geológica diferente a los terrenos contiguos. Un terreno geológico es generalmente considerado como un fragmento alóctono discreto distinto de corteza continental u oceánica adicionada a un cratón en una margen activa por acreción (J. Gómez et al., 2015).

El mapa de la Figura 13 es la representación de la distribución de cada una de las unidades dentro del área de estudio, de manera complementaria, la Tabla 13 describe la composición litológica de cada una de ellas.

Tabla 13. Descripción estratigráfica y tipo de rocas

§ <sup>a</sup>	Código	Descripción	R
	Q1-ca	Abanicos aluviales disectados	
	N2-p	Tobas de cenizas y lapilli intercaladas con lavas de composición andesítica	
	Q-al	Depósitos aluviales y de llanuras aluviales	
	Q-t	Terrazas aluviales	
	b5b6-Sctm	Conglomerados rojizos; arenitas feldespáticas; cuarzoarenitas; calizas y shales, y en el tope, glauconíticas y ferruginosas.	
	b6k1?-Sctm	Cuarzoarenitas glauconíticas y conglomerados de cuarzo. Intercalaciones de lodolitas grises a negras y de calizas bioclásticas.	
	b6k5-Sm	Lodolitas oscuras y margas intercaladas con calizas, cuarzoarenitas y limolitas silíceas.	
	b6k6-Sm	Shales, calizas, arenitas, cherts y fosforitas	
	DC-Sctm	Cuarzoarenitas, arcillolitas, lodolitas grises y, ocasionalmente, calizas y conglomerados.	
	e6e9-Sc	Intercalaciones de capas rojas de conglomerados, arenitas líticas conglomeráticas y arcillolitas.	
	k1?k5-Sm	Lodolitas y margas con intercalaciones de calizas, cuarzoarenitas y limolitas silíceas	
	k6E1-Sm	Arcillolitas rojizas con intercalaciones de cuarzoarenitas de grano fino. Mantos de carbón a la base.	
	C-Sctm	Conglomerados y lodolitas grises intercalados con calizas y arenitas	
	E3N1-Sct	Lodolitas, arenitas líticas e intercalaciones de conglomerados ferruginosos. Presenta costras de yeso y capas de carbón.	
	N1-Sc	Conglomerados y arenitas poco consolidados con matriz arcillosa, también arcillolitas con intercalaciones de lodolitas y arenitas.	
	PZ-Sm	Pizarras, filitas y limolitas micáceas intercaladas con cuarzoarenitas	
	O-Sm	Lodolitas, shales, limolitas silíceas, metalimolitas, metarenitas feldespáticas y metarenitas lodosas con lentes de mármoles.	
	εO-Sm	Filitas y pizarras que alternan con cuarzoarenitas y arenitas lodosas	
	N2-VCC	Tobas intercaladas con aglomerados, brechas, conglomerados, lodolitas y arenitas.	
	J-VCC	Tobas, aglomerados y lavas; ocasionalmente, intercalaciones de capas rojas de arenitas líticas y limolitas.	
	Q-vc	Flujos volcanoclásticos constituidos por piroclastos y epiclastos de composición andesítica	
	Q2-Vm	Basaltos y andesitas basálticas	
	Q-Vi	Andesitas porfíricas	
	J-Pi	Granodioritas que varían de sienogranitos a tonalitas y de cuarzomonzonitas a cuarzomonzodioritas	
	MP3NP1-Mag2	Gneises cuarzofeldespáticos, migmatitas, granulitas, anfibolitas, ortogneises, cuarcitas y mármoles.	
	PP-Mmg1	Gneises cuarzofeldespáticos, anfibolitas, migmatitas, cuarcitas, gneises cuarzosos y granitos con variaciones a alaskitas y monzonitas.	
	T-Mbg3	Esquistos grafiticos, cuarzomoscovíticos, cloríticos y anfibólicos; filitas; cuarcitas; mármoles, y serpentinitas.	

Tipo de Roca (R)									
	Depósitos		Sedimentarias		Volcanoclásticas		Ígneas		Metamórficas

Fuente: adaptado de información Atlas geológico SGC (J. Gómez et al., 2015)  
elaborado por las autoras

**Geología estructural.** Aquí se estudian los resultados de la deformación y movimientos de la corteza terrestre por fuerzas (o esfuerzos) endógenas producto de la tectónica de placas, además tiene en cuenta la roca que compone cada una de las deformaciones (estructuras) (Belousov, 1974)

Dentro del área de estudio las estructuras más representativas se basan en el escudo Guayanés y la cordillera Oriental de los Andes. El escudo Guayanés es parte de los afloramientos principales de la unidad tectónica del cratón<sup>20</sup> amazónico, parte de estos afloramientos se pueden apreciar desde diversos puntos de la Amazonía entre ellos en el departamento del Caquetá por medio de la

<sup>20</sup> Los cratones son las raíces de los continentes, o las partes más antiguas de los mismos que no han sufrido importante deformación desde el Precámbrico (Belousov, 1974)

serranía de Chiribiquete y la mesa de Araracuara (Otero et al., 2016), este conjunto de afloramientos rocosos hacen parte de la formación de Araracuara que a su vez componen el complejo migmatítico del Mitú, encontrando por lo tanto en estas zonas las rocas más antiguas de Colombia. Los afloramientos son demostraciones del surgimiento abrupto del basamento precámbrico del escudo Guayanés (Otero et al., 2016) de hace unos 2.500 a 1.600 millones de años (MA) en mediaciones del Proterozoico (Cohen, Finney, Gibbard, & Fan, 2018).

Por otro lado, se encuentra la cordillera de los Andes, esta empezó a emerger alrededor de la era Mesozoica hace unos 200 MA producto de la dinámica tectónica a partir del proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la Suramericana, sin embargo para el área de estudio es de mayor relevancia la ramificación oriental de la cordillera y esta solo empezó a emerger alrededor del periodo Neógeno hace 23 MA (Cohen et al., 2018) donde al emerger deforma el cratón amazónico y por ende genera el levantamiento de todo el material paleozoico que permaneció sumergido en el mar y a grandes profundidades por millones de años, ese material es potencial suministro de sedimentos para las zonas que resultaron ser más bajas (Otero et al., 2016).

Como segundo interés de la geología estructural está el considerar los tipos de roca existentes en cada una de las estructuras (Belousov, 1974), es por esto que se tiene en cuenta la agrupación de los tipos de rocas y depósitos no consolidados presentes en el país a partir del AGC (2015). Dentro de la clasificación de las rocas se encuentran las de carácter sedimentario, volcanoclásticas, ígneas y metamórficas. El conocer qué tipo de roca hay a través del estudio de sus minerales y bajo qué procesos se formaron, es de suma importancia ya que estas mismas guardan registro de la información asociada a los procesos geológicos dando una idea de cómo fueron y qué procesos se podrían presentar en el futuro (Teichmüller, 2003).

Para entender la distribución de las rocas en el área de estudio es necesario consultar la Tabla 13, ya que cada UC está organizada por el tipo de roca o depósito no consolidado al que pertenece y a su vez la Figura 14 muestra la distribución espacial de ellas.

Dentro del área de estudio el 9,8% de rocas son de tipo metamórficas que son aquellas que han sido sometidas a cambios fisicoquímicos como presión y temperatura, provocando cambios en su mineralogía y estructura, (Teichmüller, 2003) a estas rocas se le consideran las más antiguas del mundo datando del Paleoproterozoico y Mesoproterozoico, se encuentran en mediaciones a la mesa de Araracuara, la serranía de Chiribiquete, y sobre la vertiente oriental de la cordillera Oriental respectivamente, otras rocas metamórficas con menos porcentaje fueron encontradas en el corredor biológico Guacharos Puracé.

Para las rocas ígneas y volcanoclásticas se encuentran en alrededor del 2% del área de estudio, ubicadas sobre la cordillera de los Andes y en su mayoría pertenecientes al periodo Jurásico de la era Mesozoica, estas rocas representan la actividad volcánica efusiva y explosiva, dando su origen al enfriamiento y solidificación del magma, proveniente del interior de la Tierra (Teichmüller, 2003).

En cuanto a rocas sedimentarias siendo estas las formadas por la acumulación y compactación de sedimentos y partículas, resultado de la meteorización de todo tipo rocas (Teichmüller, 2003), son encontradas en un 72% dentro del área de estudio, casi en su mayoría formadas en el Paleozoico, enfatizando en la unidad cronoestratigráfica *NI-Sc* (Tabla 13) con un 50,6% del área de estudio correspondiente a la llanura amazónica que como se mencionó anteriormente es resultado del

material suministrado por la cordillera y los afloramientos de la región, las rocas sedimentarias restantes datan más recientes del Cenozoico sobre la llanura amazónica.

Por último, a partir de la información entregada por el SGC se encontraron los depósitos no consolidados con un 15,7% del área de estudio asociados a estructuras aluviales como abanicos, depósitos y terrazas, producto de la actividad del cuaternario.

***Geología Histórica.*** Se realizó una clasificación de la geocronología del área de estudio, información que se fue exponiendo en los componentes anteriores, a partir del estudio de las UC ya que estas son las unidades formales de mayor interés global por basarse en la edad de formación de las rocas (Reguant & Ortiz, 2001). El SGC presenta su información con la edad geológica de cada una de dichas unidades, ésta es organizada y adaptada para representarla en la Figura 14, además se le asocia la Tabla 14 dando más información de la Época, Período y Era a la cual pertenece.

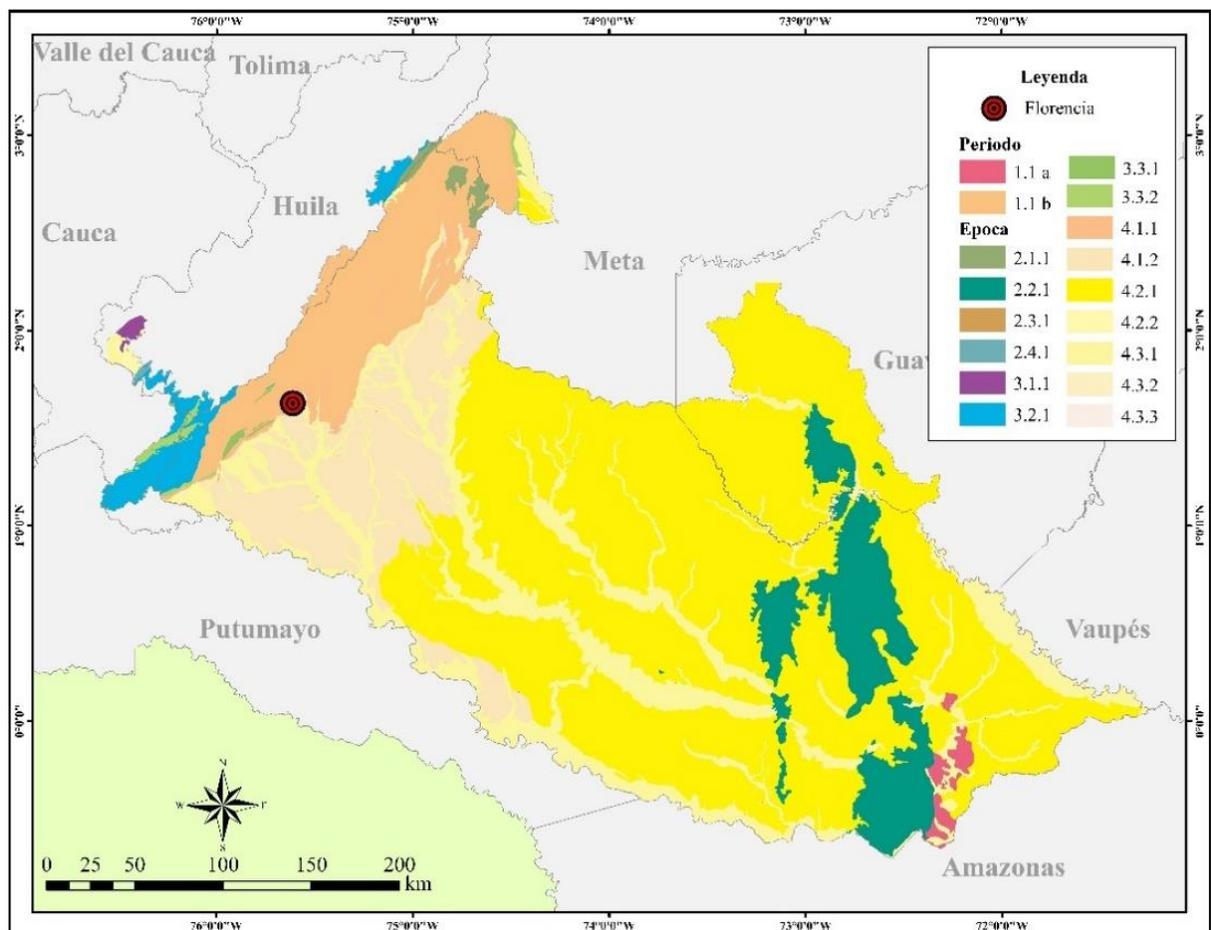


Figura 14. Mapa cronoestratigráfico

Tabla 14. Cronoestratigrafía del área de estudio

EON	#	ERA	#	PERIODO	§#	ÉPOCA	EDAD
Precámbrico	1a	Paleoproterozoico	1.1a	Paleoproterozoico	1.1a	-	-
Proterozoico	1b	Mesoproterozoico	1.1b	Estenico	1.1b	-	-
Fanerozoico	2	Paleozoico	2.1	Cambrico	2.1.1	Furogiense	Cambrico ordovicico
			2.2	Ordovicico	2.2.1	Ordovicico	Oordovicico
			2.3	Devónico	2.3.1	Superior	Devonico carbonifero
			2.4	Carbonifero	2.4.1	Carbonifero	Carbonifero
	3	Mesozoico	3.1	Triasico	3.1.1	Triasico	Triasico
			3.2	Jurasico	3.2.1	Jurasico	Jurasico
			3.3	Cretacico	3.3.1	Inferior	Albiano campaniano
							Aptiano albiano
							Albiano cenomaniano
			3.3.2	Superior	Albiano maastrichtiano		
					Cenomaniano campaniano		
			Maastrichtiano paleoceno				
	4	Cenozoico	4.1	Paleogeno	4.1.1	Eoceno	Bartoniaco chatiano
					4.1.2	Oligoceno	Oligoceno mioceno
			4.2	Neogeno	4.2.1	Mioceno	Mioceno
					4.2.2	Plioceno	Plioceno
			4.3	Cuaternario	4.3.1	Cuaternario	Cuaternario
4.3.2					Pleistoceno	Pleistoceno	
		4.3.3	Holoceno	Holoceno			

Fuente: adaptado de (Cohen et al., 2018)  
elaborado por las autoras

Como se estuvo mencionando, el área de estudio tiene la particularidad de tener un contraste muy marcado en la temporalidad de sus formaciones. La cronología en esta zona data de la era Paleoproterozoica de hace 1.800 MA hasta el cuaternario con acontecimientos más recientes de unos 3 MA (Cohen et al., 2018).

Parte de la mesa de Araracuara es la estructura más antigua que se reporta en el área de estudio, se encuentra el basamento del escudo Guayanés y la cordillera de los Andes como actividad del Eón pasado, representadas en la tabla como (1.1a y 1.1b) sin embargo solo abarca alrededor del 9% del área total, en menos proporciones se encontraron unidades que datan del Paleozoico y Mesozoico, llegando a la actividad del Cenozoico como la de mayor dinámica en el área de estudio ocupando el 79% del área total, esta era es representada con numerales 4 en la Tabla 14.

**Geomorfología:** Este componente del sistema se encarga de estudiar las grandes geoformas hasta las formas del terreno como resultado de la dinámica de los procesos exógenos y endógenos (Martínez-Ardila et al., 2017). En el área de estudio son distinguidas tres unidades fisiográficas: la vertiente oriental de la cordillera Oriental, el piedemonte Amazónico y Andino-Amazónico y la llanura Amazónica, este piedemonte a lo largo del departamento tiene dos denominaciones; en la parte Norte y central como piedemonte Amazónico y en el Sur como piedemonte Andino- Amazónico. A partir del insumo de suelos se abarcaron las geoformas desde el tipo de paisaje y relieve, además se identificaron las pendientes presentes en esta zona.

El paisaje entendido en este componente como una configuración geomorfológica es definido como una gran porción de terreno caracterizada por sus rasgos fisiográficos, en él se da la repetición de

los tipos de relieve, el relieve es originado por una combinación de topografía y estructuras geológicas (Martínez-Ardila et al., 2017). Para el área de estudio hay baja heterogeneidad en los paisajes (Figura 15), es decir aun cuando son contrastantes no hay gran variedad, predomina en su gran mayoría el paisaje de lomerío con casi un 66% del área total, este ocupa la parte de llanuras amazónicas con relieves planos a suavemente ondulados, seguido, se encontraron paisajes de montaña, macizo y valles aluviales cubriendo el 13, 11 y 8% del área de interés respectivamente.

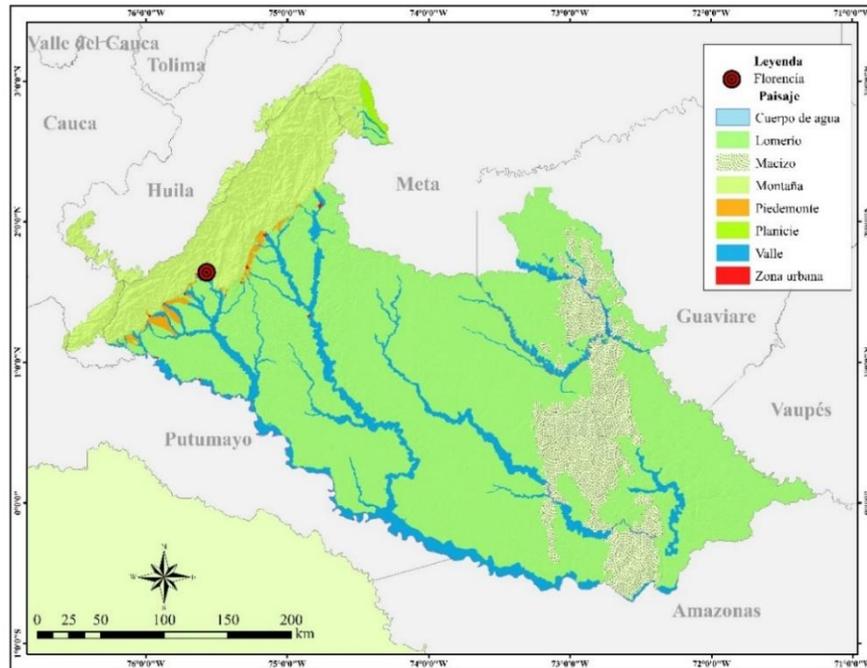


Figura 15. Mapa de paisaje

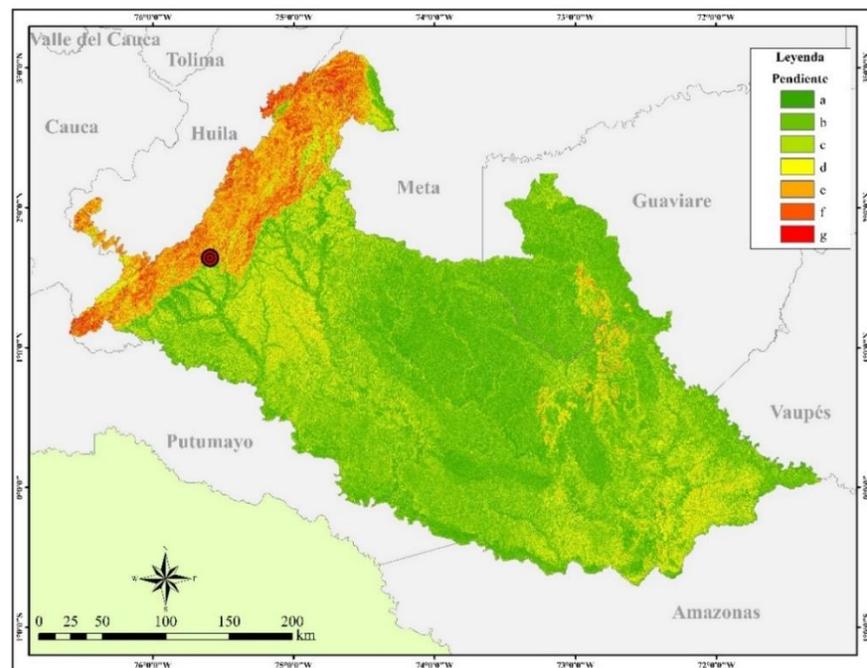


Figura 16. Mapas pendientes

Como otro aspecto geomorfológico se considera la pendiente (Figura 16), esta es la inclinación que tiene el terreno respecto al plano horizontal, su magnitud es medida en porcentajes generando la relación 100% a un ángulo de 45°, el IGAC (2010) divide la escala de pendientes según su característica de gradiente en siete secciones así:

*Tabla 15. Descripción de las pendientes*

<b>Símbolo</b>	<b>Porcentaje (%)</b>	<b>Grados</b>	<b>Descripción de pendientes</b>	<b>% Área de estudio</b>
a	0 - 3	0 - 2	Plano o a nivel	18,2
b	3 - 7	2- 4	Ligeramente inclinado a ligeramente ondulado	35,3
c	7 -15	4 -7	Moderadamente inclinado a ligeramente quebrado	20,7
d	15 - 25	7- 12	Fuertemente inclinado a quebrado	14
e	25 - 50	12 - 23	Ligeramente escarpado a fuertemente quebrado	7,4
f	50 - 75	23- 34	Moderadamente escarpado a escarpado	3,2
g	> 75	> 34	Fuertemente escarpado a muy escarpado	1,2

*Fuente: adaptada de (IGAC, 2010), elaborado por las autoras*

Dentro del área de estudio predominaron las pendientes más bajas que oscilan entre ligeramente ondulada a ligeramente quebradas representadas por lomas y algunas mesas abarcando alrededor de 60% del área total, los procesos erosivos han modelado estos relieves localizados en la parte media del territorio a lo largo de los ríos Caquetá, Apaporis y algunos de sus afluentes, en la parte oriental del territorio predominan formaciones como la mesa de Araracuara, y las serranías; las demás pendientes con mayor valor se distribuyen sobre la cordillera en filas, vigas, escarpes y mesetas, el piedemonte está conformado por abanicos, terrazas aluviales y colinas resultantes de materiales de acumulación, dando origen a relieves planos, ondulados e incluso quebrados. los demás tipos de relieves presentes en el área de estudio se evidencia en la Figura 17.

Por último, se tiene el Modelo Digital de Elevación (DEM) con alturas que oscilan entre los 56 y los 3678 m.s.n.m., la Serranía de Chiribiquete en promedio se encuentra alrededor de los 600 m.s.n.m., sin embargo, tiene formaciones que alcanza hasta los 1000 m.s.m.m (Figura18).

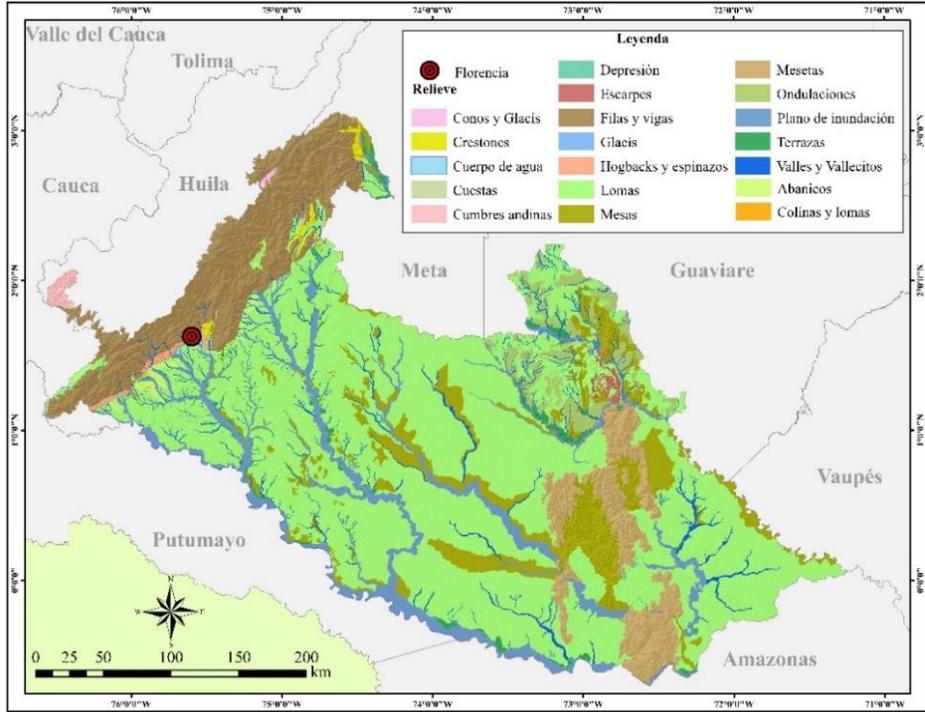


Figura 17. Mapa relieve

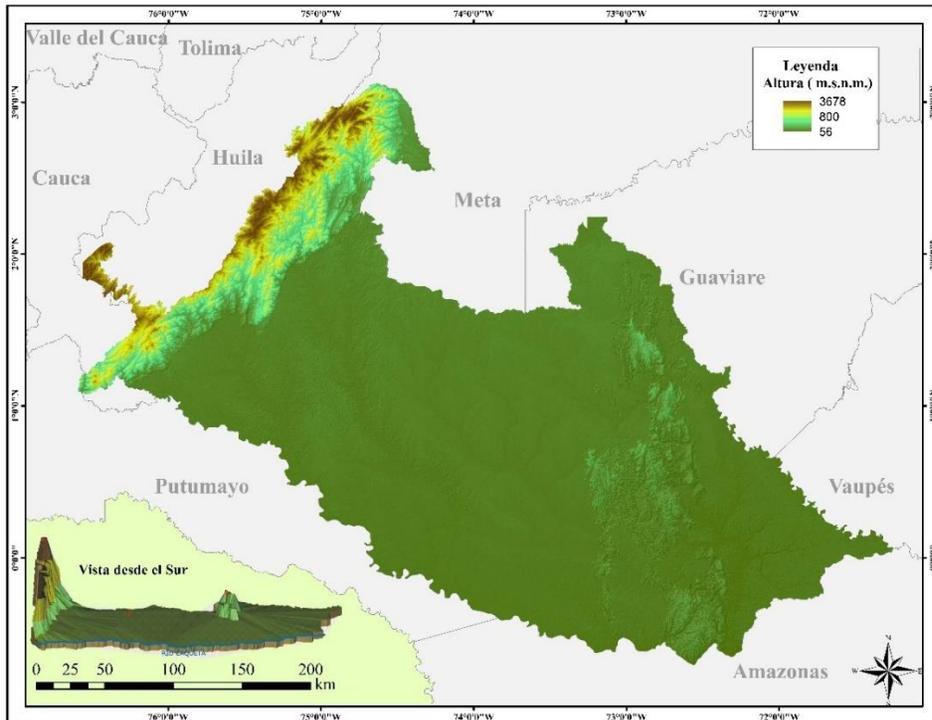


Figura 17. Modelo digital de elevación (con vista desde el sur Fuente: Sogecol- Sociedad Geográfica de Colombia)

**Edafología:** Como menciona Montoya, (2018) la edafología aporta la información de los factores formadores del suelo como el clima, la geología, la geomorfología, los organismos y el tiempo; por su lado, la pedología describe las características taxonómicas, para este componente se tuvo en cuenta la información espacial de los suelos del área de estudio, que como se mencionó en la metodología se hace una agrupación a nivel de suborden según la taxonomía USDA a partir de los componentes del Orden al que pertenecen.

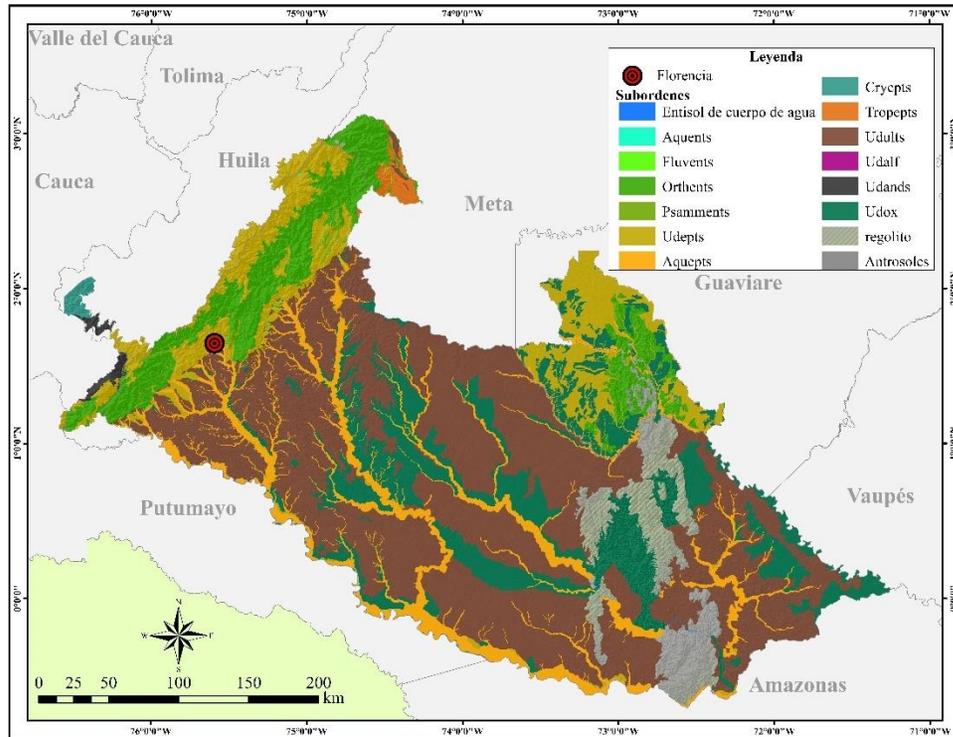


Figura 18. Mapa clasificación subórdenes y suelos especiales

El área de estudio presentó 12 subórdenes como se describen en la Tabla 7 y en el mapa 19 distribuidos en seis Ordenes y tres suelos especiales. Al igual que el componente anterior demuestra el contraste evolutivo de la región, alrededor del 45,4% del área total representa suelos de orden Ultisol asociados al suborden Udalf, junto con un 17% de Oxisoles (Udox), denotando los dos tipos con mayor evolución y más antiguos característicos de la Amazonía por estar sometidos a climas cálidos y muy húmedos además de ser muy poco fértiles (Peña-Venegas & Cardona, 2010) estos suelos están solapados en su mayoría con el paisaje de Lomerío y algunos valles, otros porcentajes importantes son los Entisoles e Inceptisoles los cuales cubren un 30,7% asociados a suelos más recientes producto de la denudación sedimentaria correspondiendo a paisajes de piedemonte, aluvial, valles, lomeríos y en algunas filas y vigas del paisaje de montaña, por último se tuvo un 6,5% correspondiente a regolitos ubicados netamente en el paisaje de Macizo presentes en relieves de mesetas, escarpes y afloramientos rocosos.

#### 4.1.4. Sistema Biosférico

El levantamiento de los Andes es posiblemente el evento más importante para la creación de los ecosistemas de la Amazonía y los patrones de biodiversidad actuales, el efecto directo en la alteración del clima, al generar una zona húmeda, cambió el paisaje amazónico mediante la reconfiguración de los

patrones de drenaje ya que el agua que la recorre es uno de los factores que caracterizan la vegetación de esta importante área natural y el aporte de una gran afluencia de sedimentos en la cuenca enriqueciendo tanto la flora como la fauna (Hoorn et al., 2010).

La Amazonía representa 5% del área continental mundial, se estima que los bosques amazónicos ofrecen la mayor biodiversidad de flora y fauna del planeta ya que en su superficie pueden encontrarse actualmente casi la mitad de la biodiversidad mundial existente (CEPAL & Patrimonio Natural, 2013).

Colombia es posicionada como el país con mayor número de especies de aves, segunda en anfibios y mariposas, tercer en reptiles y cuarto en mamíferos a nivel mundial (Rangel, 2005), la mayor cantidad de especies del país se encuentran repartidas sobre la cordillera de los Andes y la selva Amazónica, para la Amazonía colombiana se reportan alrededor de 674 especies de aves, 158 de anfibios, 195 de reptiles, 212 de mamíferos, 753 peces y más de 6.300 plantas.

Se encuentran sinnúmero de expediciones y estudios donde se buscaba calcular con rigurosidad la biodiversidad de esta importante región del país (CEPAL & Patrimonio Natural, 2013) pero por la magnitud y complejidad del ecosistema, esto no es posible, al no encontrar un estudio en concreto del área de interés de este trabajo, se toman como referencias las especies dentro de las áreas protegidas como figuras de preservación de la fauna y flora a partir de la información reportada por Parques Nacionales Naturales de Colombia o documentos de las Corporaciones Autónomas Regionales correspondientes. Se hizo una agrupación por la similitud de los ecosistemas y rangos altitudinales de las AP exponiéndolas en las siguientes figuras, la imagen principal solo es representativa de la agrupación, los números hacen referencia a la cantidad de especies registradas en las AP y por último se muestran algunos de los mamíferos más representativos, si su contorno es rojo son especies que se encuentran en alguna de las categorías de amenaza definidas por la UICN.

En la primera agrupación (Figura 20) se tiene en cuenta el PNN Cordillera de los Picachos, la RFPN Cuenca del rio ceibas y el PNR Las Áreas Naturales la Siberia y Parte de la Cuenca Alta del Rio las Ceibas. Se encuentra registro del número de especies de aves, mamíferos, anfibios y serpientes, el jaguar y el mono churuco especies focales de la matriz de costo se encuentran en vulnerabilidad (VU) y peligro crítico (CR) respectivamente en esta zona. El PNN contiene la mayoría de las especies de interés para la conservación de fauna del país actualmente (PNNC, 2020).

La unión de estas AP comprende un lugar rico en biodiversidad con un porcentaje alto de endemismo, la variedad altitudinal que cubre desde paramos casi inaccesibles, pasando por bosques altoandinos muy bien conservados, hasta el piedemonte con selvas inundables, humedales de tierras bajas y morichales permiten la existencia de diversos biomas, como, por ejemplo:

- Bioma alto de los Andes, que se encuentra ubicado sobre los 2.800 m.s.n.m. incluyendo herbazales, arbustos o zonas no arboladas, esta zona hace parte del complejo de paramos de los Picachos.

- Bioma medio de los Andes, comprendido entre los 1.800 y 2.800 m.s.n.m., correspondiendo al Bosque húmedo andino.

- Bioma húmedo tropical de la Amazonía y Orinoquia es aquí donde se encuentran los ecosistemas asociados a bosque, selva húmeda y herbazal denso alto de tierra firme (PNNC, 2020).

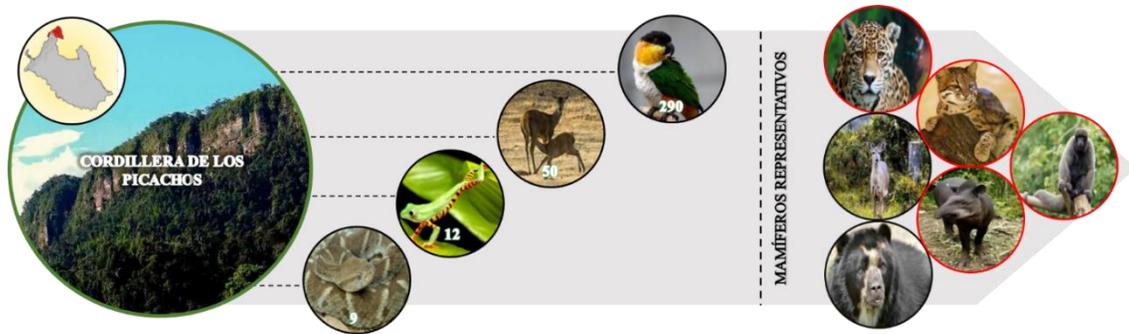


Figura 19. Representación numérica de especies encontradas en AP seleccionadas (grupo 1)

Fuente Imágenes: diferente origen disponibles en internet seleccionadas por las autoras

Fuente Información: (PNNC, 2020)

elaborado por las autoras

La segunda agrupación (Figura 21) tuvo en cuenta los PNR Cerro Páramo de Miraflores Rigoberto Urriago y Miraflores Picachos, estas AP se ubican sobre los páramos de Miraflores y Picachos, por consiguiente, tienen ecosistema de paramo, descienden hacia el bosque alto andino y subandino, presentan una zona con un estado de conservación importante al presentar ecosistemas de alta montaña, es de suma importancia para la protección del agua para el departamento del Caquetá, la última expedición en uno de estos Parques Naturales Regionales fue en el año 2017, y en él se reportó el número en especies de aves, anfibios y mamíferos, entre los más representativos están el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), el puma (*Puma concolor*) y la danta o tapir de montaña (*Tapirus terrestres*) (CAM, 2020).

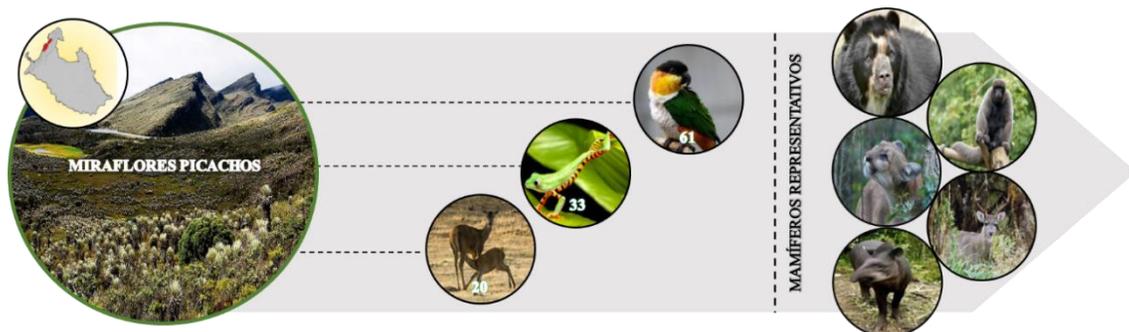


Figura 20. Representación numérica de especies encontradas en AP seleccionadas (grupo 2)

Fuente Imágenes: diferente origen disponibles en internet seleccionadas por las autoras

Fuente Información: (CAM, 2020)

elaborado por las autoras

En tercer lugar se encuentra el PNR Corredor biológico Guacharos Puracé, catalogado como uno de los corredores más importantes del país, debido a su gran oferta ecosistémica para la conectividad y zona de amortiguación de los PNN Cueva de los Guácharos, Serranía de los Churumbelos Auka Wasi y Alto Fragua Indi Wasi, tiene un número importante de especies de aves, de las cuales cinco son endémicas, este corredor es considerado el “túnel verde, Paseo de las Aves” por su característica de conectividad con la región baja andina (Figura 22). El corredor cuenta con bosques bien conservados y especies forestales endémicas de robledales, se encuentra el roble blanco (*Quercus humboldtii*) y el roble negro (*Colombobalanus excelisa*) además de la presencia de uno que otro cedro (IAvH, 2006).

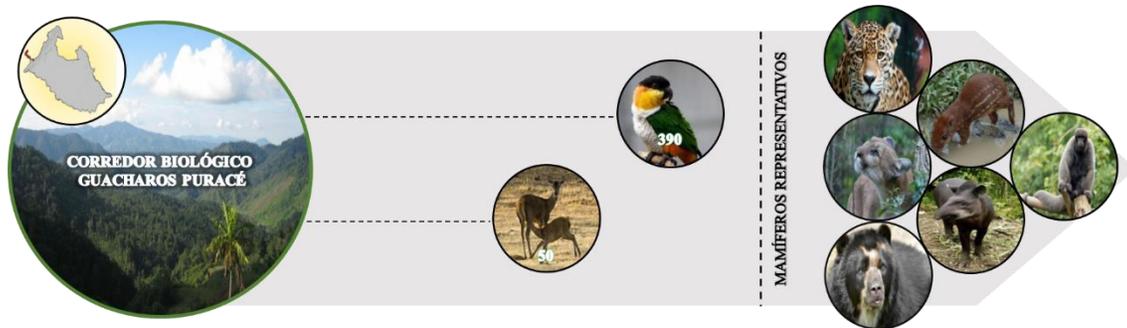


Figura 21. Representación numérica de especies encontradas en AP seleccionadas (grupo3)

Fuente Imágenes: diferente origen disponibles en internet seleccionadas por las autoras

Fuente Información: (IAvH, 2006)  
elaborado por las autoras

La cuarta agrupación (Figura 23) comprendió los PNN Serranía de los Churumbelos Auka Wasi, Alto Fragua Indi Wasi y Cueva de los Guacharos siendo posiblemente una de las zonas con mayor reporte de especies de fauna y flora de la región (PNNC, 2020c).

Se encuentra gran número de especies de aves, el equivale al 25% de las aves de Colombia, dada esta excepcional diversidad, hace del primer PNN en esta lista un “hotspot” extremadamente importante para la diversidad de aves (Salaman & Donegan, 2007). Se reporta el número de especies de mariposas diurnas, grandes y pequeños mamíferos, anfibios y reptiles. Dentro de los mamíferos representativos; el oso de anteojos se encuentra en amenaza vulnerable (VU) y en Peligro Crítico (CR) la danta, el churuco (*Lagothrix lugens*) y el jaguar (*Panthera Onca*). Como mención especial por no tratarse de un mamífero, se encuentra la Gallineta negra (*Tinamus osgoodi*) endémica de los Andes colombianos, ave igualmente amenazada en peligro crítico (CR) de extinción. El área de estos Parques Nacionales Naturales se caracteriza por presentar ecosistemas andinos y amazónicos descritos por PNNC (2020c) como:

-La selva húmeda tropical: que se distribuye entre los 300 y 1.100 m.n.s.m., es uno de los ecosistemas que reporta los mayores registros de aves, la composición florística presenta familias botánicas predominantes como la *Annonaceae* (como la guanábana), *Myristicaceae* (como la nuez moscada) y *Moraceae* (como el higo común).

-El Bosque húmedo subandino: Se distribuye entre los 1.101 y 2.100 m.n.s.m., con mayor diversidad de especies florísticas como *Lauraceae*, *Arecaceae*, *Sapotaceae* y *Leguminosae*, y arborea se encuentran *Bombacaceae*, *Burseraceae*, *Fagaceae* *Hippocastanaceae*, *Meliaceae* y *Moraceae*.

-Y por último el bosque húmedo andino: Se distribuye por encima de los 2.100 m.s.n.m., las familias representativas en este ecosistema corresponden a *Fagaceae*, *Lauraceae*, *Rubiaceae*, *Cunnoniaceae*, *Euphorbiaceae*, *Chloranthaceae* y *Melastomataceae*.

Más de 825 especies diferentes de plantas son reportadas debido a la ubicación geográfica de estos PNN por su distribución desde la parte alta de la cordillera hasta los inicios de la Amazonía, sin embargo, existe la presencia de una gran cantidad de especies desaparecidas y casi extintas arbóreas como el cedro (*Cedrela montana*), nogal (*Juglans neotropica*), roble blanco (*Quercus humboldtii*) y roble negro (*Colombobalanus excelsa*) (PNNC,2020c).

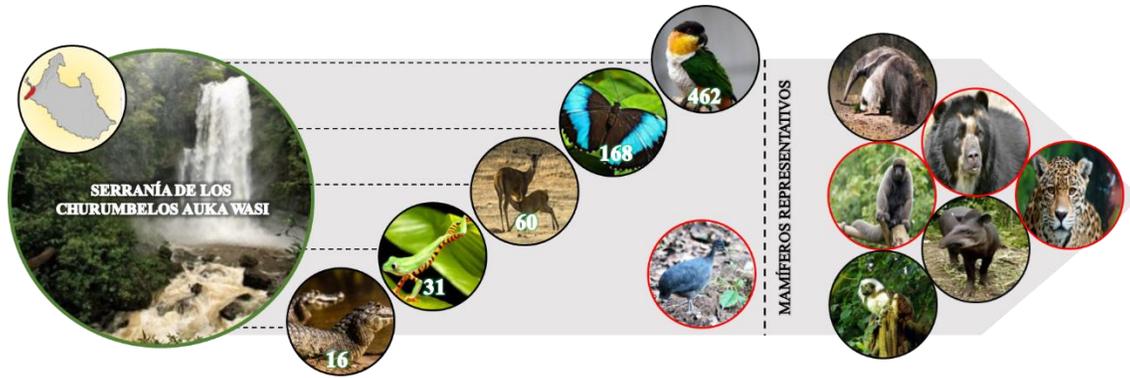


Figura 22. Representación numérica de especies encontradas en AP seleccionadas (grupo4)  
 Fuente Imágenes: diferente origen disponibles en internet seleccionadas por las autoras  
 Fuente Información: (PNNC, 2020c)  
 elaborado por las autoras

Por último, se encuentra el PNN Serranía de Chiribiquete, que como se mencionó en el primer capítulo es el Parque Nacional más grande de Colombia y el Parque Nacional de selva tropical más grande del mundo, por esto mismo hay varios registros de las especies encontradas en esta área sin embargo al ser un lugar no explorado totalmente no es posible estimar con certeza su riqueza y abundancia biológica. Para el 2018 las expediciones científicas registraron 1.676 especies, 57 nuevos registros de fauna y flora para Colombia, 5 especies endémicas y 32 posibles nuevas especies para la ciencia (Figura 24).

En este caso la figura expone algunas de las especies presentes en el PNN debido a la complejidad de estimación de número de especies como se presentó en las agrupaciones anteriores.

Por otro lado, la UICN reporta; en Peligro Crítico (CR) el tapir amazónico. En Peligro (EN), la nutria gigante (*Pteronura brasiliensis*) y el armadillo gigante (*Priodontes maximus*) y como vulnerable (VU) el mono araña (*Ateles belzebuth*), el oso hormiguero gigante (*Myrmecophaga tridactyla*), mono churuco y la nutria neotropical (*Lontra longicaudis*).

Hay diversidad de especies de primates entre ellos el mono churuco, el zogui zogui (*Callicebus caquetensis*), el tamarino león dorado (*Leontopithecus rosalia*), así mismo para aves, entre ellas de sumo interés el Águila arpía y el Colibrí amatista (*Calliphlox amethystina*), especies de anacondas como la anaconda verde (*Eunectes murinus*) y por supuesto la presencia de grandes depredadores como el Jaguar.

La serranía presenta configuraciones guyanesas y amazónicas que proveen una gran variedad de hábitats particulares en buen estado de conservación reuniendo las condiciones para ser una de las áreas con alta diversidad biológica del planeta, se convierte en un singular espacio biogeográfico para los procesos evolutivos de especies de flora y fauna involucrando las áreas del Escudo Guyanés, la cuenca del río Amazonas y el piedemonte (PNNC - Parques Nacionales Naturales de Colombia, 2020b).



Albania	4.514	43,9	56,1	5,6
Valparaíso	6.082	36,6	63,4	3,0
Solano	10.331	26,5	73,5	15,1
La Montañita	12.128	18,9	81,1	0,3
Milán	7.507	12,6	87,4	7,6
<b>Total</b>	<b>359.602.</b>	<b>67,6</b>	<b>32,4</b>	<b>3,3</b>

*Fuente: (DANE,2018)  
Elaborado por las autoras*

**Agrosistema:** Como ya se mencionó en el capítulo anterior para este componente se tuvo en cuenta las coberturas intervenidas por el ser humano como representación de las áreas en las cuales este lleva a cabo sus actividades productivas, para esta zona se mencionan especialmente la ganadería y la agricultura, la figura resultante expone las coberturas presentes en el área de estudio a partir del insumo de coberturas publicadas por el SINCHI en el 2018.

La ganadería es actualmente una de las actividades más importantes en la economía de departamento de Caquetá (Uribe, 2019), tanto es así que el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono del IDEAM (2017, 2018, 2019a) ha reportado a este departamento con la tasa de deforestación más alta a nivel nacional con el fin de ocupar los suelos con esta actividad.

Si se retorna a décadas atrás, desde la segunda mitad del siglo XIX se ha contribuido en el poblamiento del piedemonte de la región, ya que su configuración geográfica permite acceso al recurso hídrico y climas menos adversos que los del resto de la selva amazónica; (Ciro Rodríguez, 2018). El movimiento de la población en un inicio provenía de los departamentos del Huila y del Tolima, el gobierno decidió profundizar la expansión de la frontera agrícola mediante políticas de colonización dirigida por medio de proyectos conocidos como Caquetá I y Caquetá II concebidos entre 1959 y 1980 por el Instituto Colombiano de Reforma Agraria (INCORA), adjudicando predios para proyectos productivos en los que se priorizó la ganadería (CNMH, 2018; Gómez, 2019).

Torrijos (2019) reporta un total de 2'393.620 cabezas de ganado bovino y bufalinos, ubicando al departamento como el primer hato bovino de la Amazonía y a nivel nacional el segundo después de Antioquia. Los municipios con más número de bovinos corresponden en orden a San Vicente de Caguán con más de un millón, Cartagena de Chairá y Puerto Rico que juntos suman alrededor de 560 cabezas, sin embargo, entre los tres es Puerto rico el que concentra mayor numero por hectárea, ubicándolo como el de mayor densidad en este aspecto.

Como segunda actividad productiva se encontró la agricultura con importantes cultivos de arroz, plátano, yuca, cacao y caña de azúcar, las tierras con capacidad agropecuaria tendrían que ocupar pequeños parches en ocho municipios ubicados en el piedemonte pero a la fecha, este desarrollo está presente en los 16 municipios, solo el 18% del área departamental se encuentra dentro de la frontera agrícola permitida (UPRA, 2018).

Aun cuando estas actividades demandan el uso del suelo la Tabla 16 muestra como por la distribución de su población son considerados aun rurales solo cinco de los 16 municipios, sus nombres; Albania, Valparaíso, Solano y La Montañita (DANE, 2018).

También son consideradas las áreas otorgadas para extracción de hidrocarburos. En la Amazonía esta actividad se desarrolla especialmente a su Oeste, es una realidad proveniente de varias décadas atrás, pero para los últimos años se presentó un “boom” en las solicitudes mineras (Salazar et al., 2019). las actividades de este sector generan presiones y retos importantes con respecto al ecosistema y las relaciones sociales en el territorio.

Alrededor del 19% del área de estudio presenta coberturas transformadas como por ejemplo cultivos y pastos, espacios naturales o bosques fragmentados con pastos y cultivos, se distribuyen a lo largo de los 16 municipios sin embargo se ve mayor concentración en la zona de piedemonte del departamento interviniendo 15 de los municipios exceptuando Solano, las áreas otorgadas para extracción de hidrocarburos se encuentran en los municipios El Paujil, El Doncello, Puerto Rico, San Vicente del Caguán, Curillo, Valparaíso, Milán, Albania, Morelia, San José del Fragua y Belén de los Andaquíes, es decir que el 70% de los municipios está intervenido por esta actividad cuyos polígonos ocupan el 2% del área de estudio, esto se evidencia en la Figura 25.

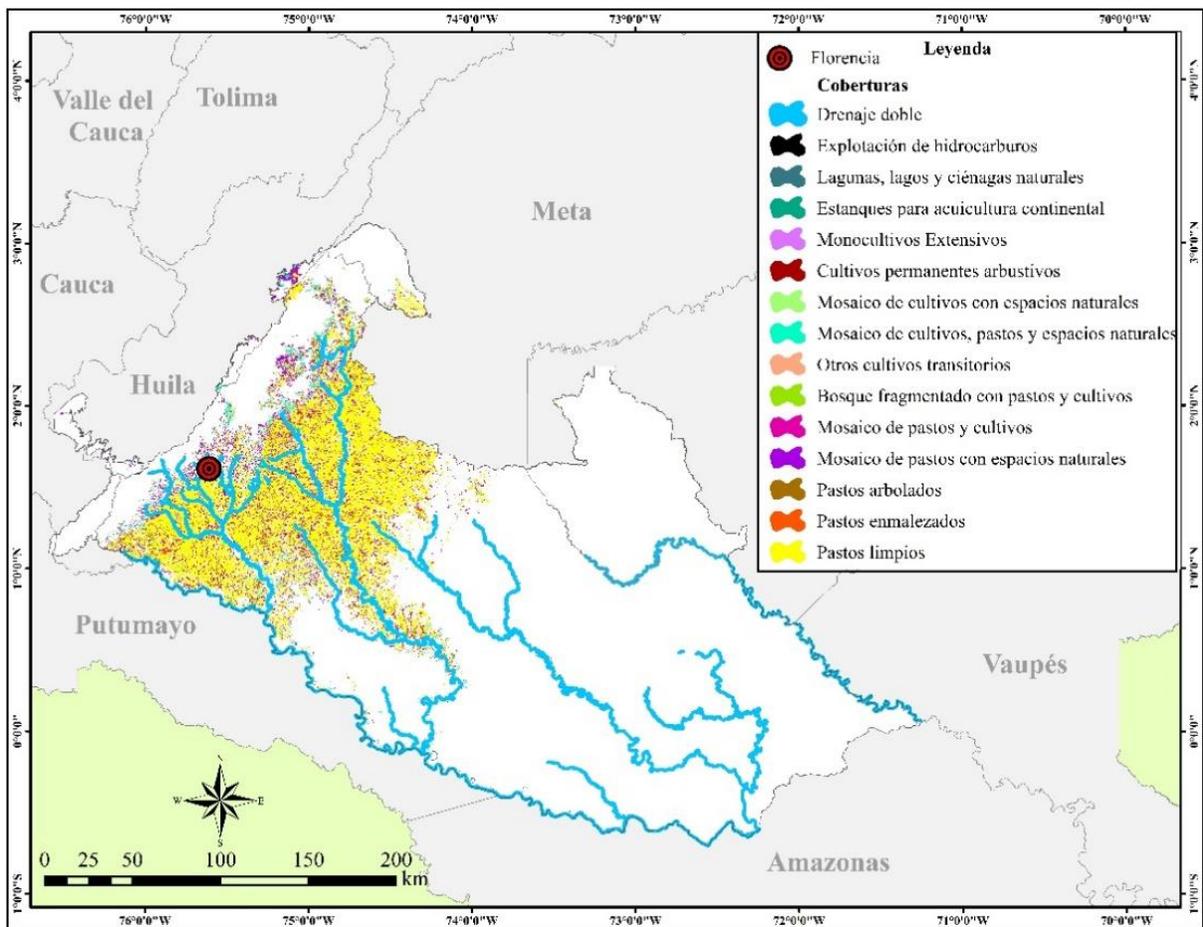


Figura 24. Mapa coberturas, agrosistema

**Antroposistema:** Este componente está representado por la infraestructura, en ella se reflejaron aeropuertos, cascos urbanos y centros poblados, vías y la red fluvial navegable (Figura 26). En este componente los aeropuertos, cascos urbanos y centros poblados se obtuvieron de la información de la cartografía base del departamento, en ella se identificaron cinco aeropuertos como medio de comunicación con el resto del país. Los cascos urbanos y centros poblados fueron de importancia ya que

son en estas zonas donde se encuentra la mayor densidad de infraestructura, compuesta por viviendas, y todos los sistemas de servicios esenciales como acueducto, alcantarillado, electricidad, gas, colegios y hospitales, es en estas zonas donde se concentra el mayor número de población del departamento, en la Tabla 16 se muestra como 11 de los 16 municipios contiene el mayor porcentaje de población en los centros urbanos, Florencia como capital reúne el 43% de toda la población urbana del departamento (DANE, 2018).

En cuanto a los medios físicos que utiliza la población para comunicarse y conectarse se encuentran las vías y los ríos navegables, el departamento cuenta con una variedad ya mencionada de vías, de diferentes tipos, los cuales condicionan la magnitud de los flujos entre poblaciones, estas conectan la mayoría de cascos urbanos ubicados sobre el piedemonte sin embargo la vía tipo 1 siendo la que permite mayor flujo solo representa el 2% de toda la red vial, la de tipo 3 no alcanza el 0,02%, tipo 4 y 5 corresponden al 21% y tipo 6 y 7 cubren el 76% de la totalidad de la red vial del departamento mostrando dificultad en el tránsito por las condiciones de estas; para aquellos centros poblados más distantes son utilizados los ríos, en el departamento se presenta una red primaria y secundaria de navegación dada la importancia y dimensión de ellos cuerpos de agua, entre ellos se encuentran los ríos Yará, Caquetá, Caguán, Apaporis, y Orteguaza.

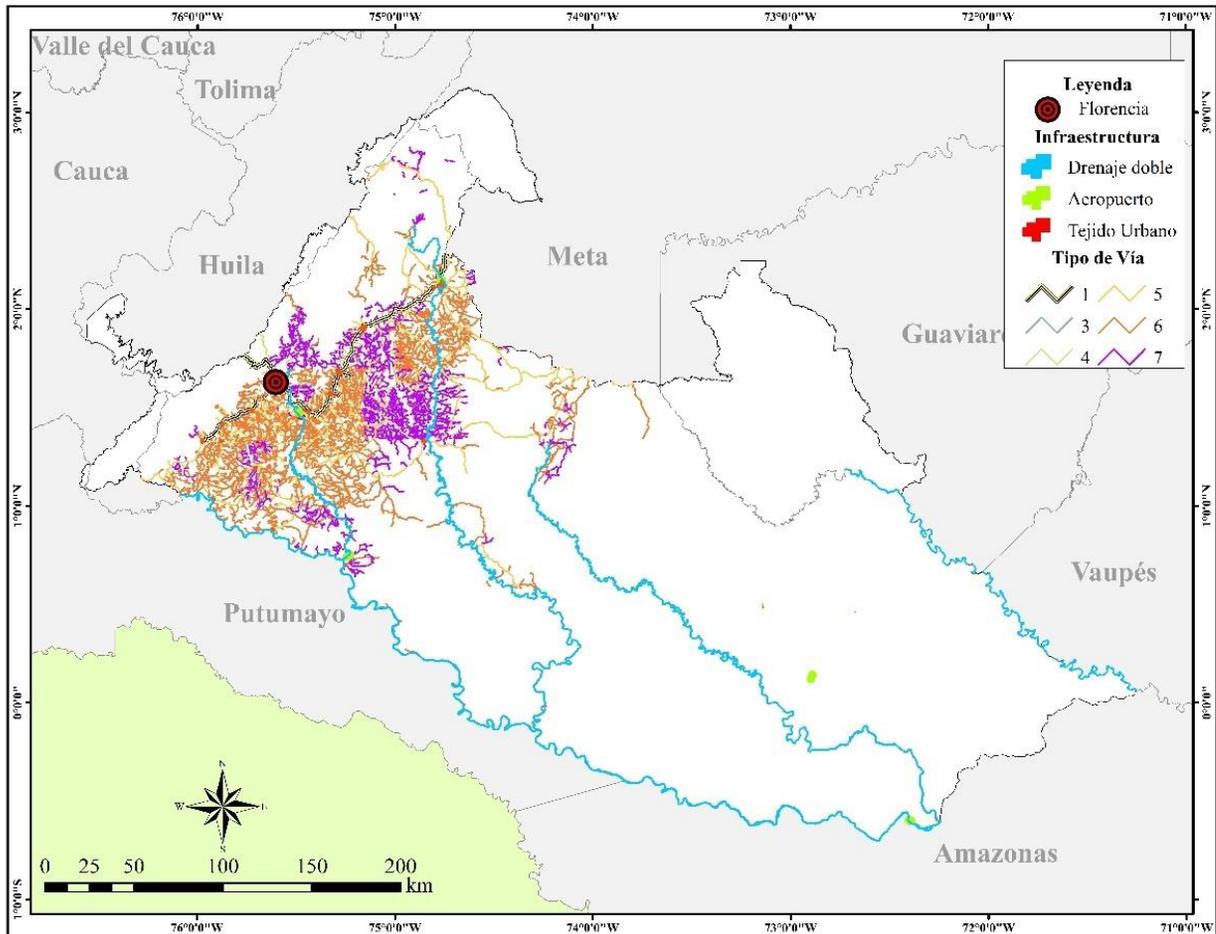


Figura 25. Mapa infraestructura, antroposistema

**Tecnosistema:** Al considerar las áreas que representan alguna figura legal de conservación se tuvo en cuenta además de la red de AP, la ZRC y los Resguardos Indígenas (Figura 27); como se ha mencionado el área de estudio concentra 13 áreas protegidas presentes en el SINAP, con diversas categorías de conservación denotando qué se puede y no hacer dentro de cada una de ellas, en conjunto abarcan un área total de 50.205km<sup>2</sup> de los cuales 35.085 km<sup>2</sup> corresponden al departamento del Caquetá, ocupando alrededor del 39% de área de este, el área restante es decir 15.120km<sup>2</sup> se distribuye entre los departamentos Huila, Cauca, Meta y Guaviare.

La ZRC Pato-Balsillas se creó bajo la Resolución 055 de 18/12/1997, con un área de 88.401 ha. reuniendo 200 familias y ubicándose en el municipio de San Vicente del Caguán entre el valle del río Pato y Balsillas, el manejo especial de esta área permite una armonía entre la producción agropecuaria y la naturaleza al incorporar proyectos productivos, en ella se realizan prácticas cercanas a la agroecología, tales como la utilización de semillas propias y adaptadas localmente reduciendo el uso de agroquímicos, la rotación y la asociación de cultivos, el descanso del suelo, el compostaje y las huertas caseras, por ejemplo se encuentra el proyecto “Implementación de procesos y tecnologías para la gestión ambiental – productiva de la ZRC – Pato Balsillas” en el cual se incluye la obtención de energía a partir de biocombustibles y estufas economizadoras de leña; sistemas agroforestales con Aguacate y Cacao, además de sistemas silvopastoriles para leche y doble propósito en la ZRC se ha hecho un esfuerzo por mejorar las prácticas ganaderas, incluso logrando obtener el registro de una marca colectiva del queso para el departamento (FAO & ANT, 2019) .

Como tercera figura legal en el área de estudio se consideraron los Resguardos Indígenas, se encontraron 47 resguardos diferentes cubriendo alrededor del 6 % del área de estudio, estos bajo el manejo de los pueblos Coreguajes, Uitotos, Paez Embera-Katíos, Andokes, Ingas, Nasas y Karijonas (OPIAC, 2015).

Hablando un poco de la realidad de las comunidades indígenas del departamento, por la condiciones en las que viven, el desplazamiento forzado, el precario servicio de salud, el poco respeto por las tradiciones y los límites al desarrollo de una educación propia ha hecho una población altamente perjudicada (OPIAC, 2015). Solo el 3,3% de la población del departamento (DANE 2018) es de origen étnico (Tabla 16), ya que la población colona, proveniente de los departamentos circundantes, representa hoy en día el mayor porcentaje de los caqueteños, la explotación cauchera, el narcotráfico y la violencia, convirtió a las poblaciones indígenas en víctimas acabando con varias etnias en los últimos siglos (OPIAC, 2015).

Sin embargo, este departamento junto con el Guaviare tiene cierta particularidad, el antropólogo Carlos Castaño para una entrevista con la WWF (Mussa, 2018) comentó cómo el Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete ha tenido por guardianes a las comunidades indígenas ancestrales que lo han habitado durante siglos, Castaño asegura que el Chiribiquete sigue siendo refugio para comunidades que no desean ser contactadas por la llamada “civilización”.

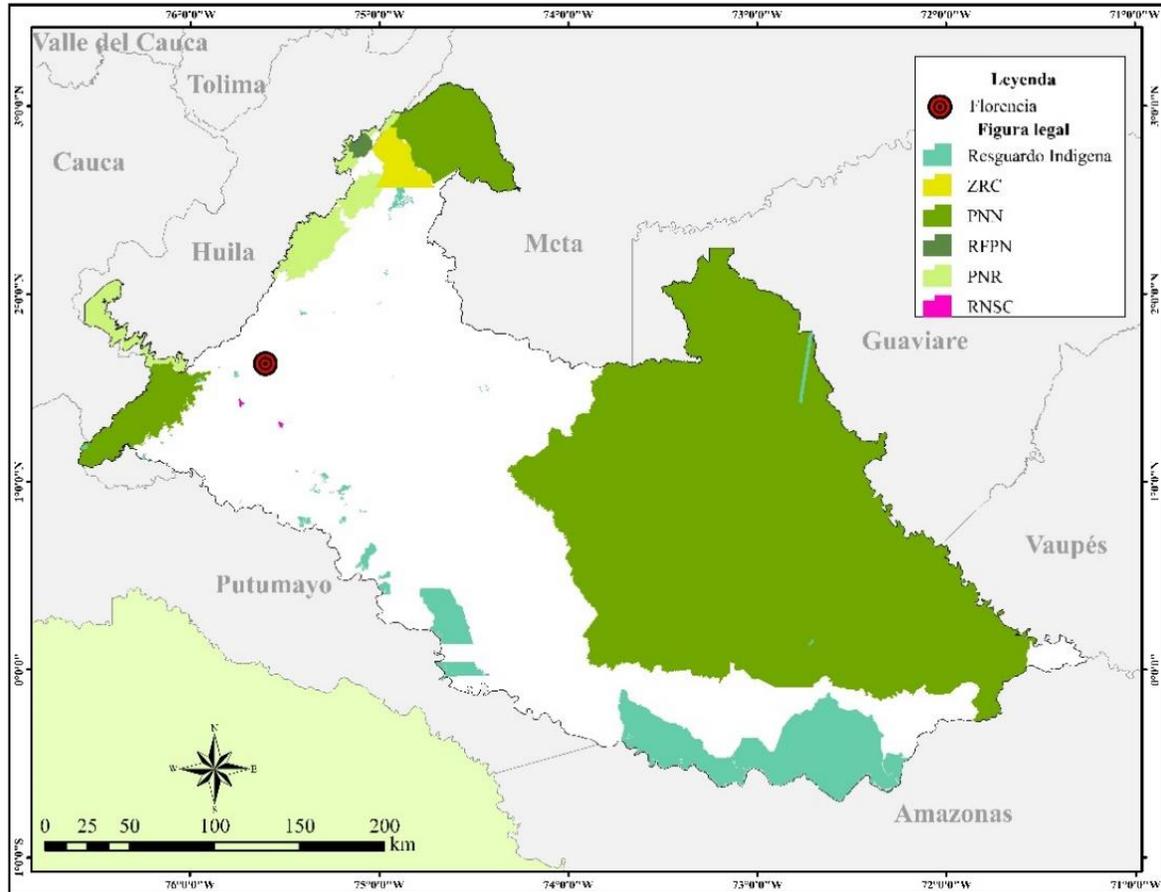


Figura 26. Mapa figuras legales de conservación o manejo especial, tecnosistema

#### 4.2. SUPERFICIE DE COSTO A PARTIR DE LOS SISTEMAS

En esta sección se demuestra de manera gráfica los resultados tras la aplicación de lo mencionado en la etapa 2 del capítulo 3 correspondiente a la metodología. Se adaptó la información de los elementos utilizados para la elaboración de las matrices de costo de cada uno de los sistemas a partir de su influencia en el favorecimiento o restricción de flujos del área de interés que como ya se mencionó se hace con base a la escala de Beier et al.(2009) de 1 a 10 con sus intervalos correspondientes.

Tabla 17. Característica de los flujos adaptada a escala numérica trabajada

Escala	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
característica de los flujos	Alto movimiento		Movimiento moderado			Movimiento con dificultad		Movimiento restringido		

#### 4.2.1. Sistema Atmosférico

En este sistema se consideró la precipitación ya que su magnitud en la región favorece el alto movimiento de flujos, su tránsito por los suelos, su importancia en la compensación del consumo elevado por la vegetación de la región y la contribución a la recarga de aguas subterráneas.

En la figura a continuación se muestra la distribución de la calificación a partir de la precipitación, asignándole valores dentro del primer intervalo de la escala; precipitaciones entre 1.000 y 2.000 mm tienen una calificación de 3, 2.000 a 3.000 mm de 2 y de 3.000 a 5.000 mm 1.

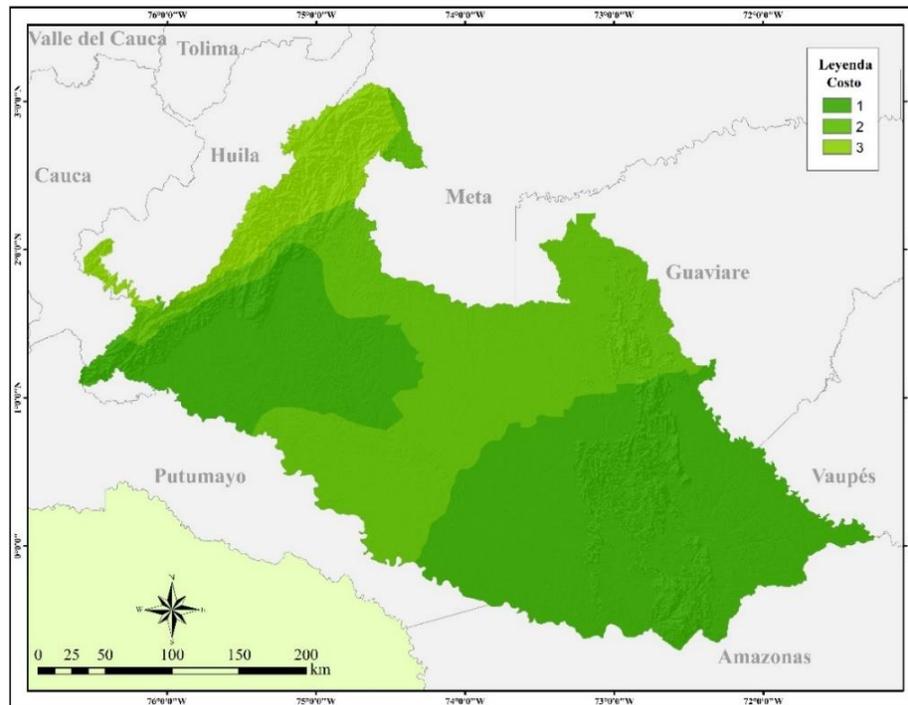


Figura 27. Mapa matriz de costo, sistema atmosférico

Correspondiendo en el área de estudio por costo los siguientes porcentajes:

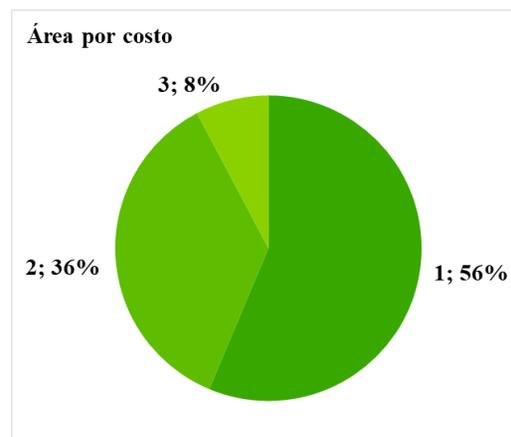


Figura 28. Distribución porcentual del área de estudio por costo, sistema atmosférico

#### 4.2.2. Sistema Hidrosférico

En esta sección se evaluó el conjunto de cuerpos de agua del área de estudio como drenajes dobles, drenaje sencillo, pantanos y lagunas, además de las zonas potenciales de recarga de agua subterránea.

Como se mencionó a través de la metodología hubo diferentes factores que influenciaron en la calificación más acorde a cada uno de estos cuerpos de agua, a continuación, se muestran los elementos evaluados con su costo correspondiente, se recuerda que la división de las zonas A, B y C se encuentra en el Anexo 3.

Tabla 18. Costo: elemento hidrosférico

Elemento evaluado	Costo
Drenajes sencillos sin información	3
Lagunas zona A	3
Lagunas zona B	2
Lagunas zona C	1
Pantanos dentro de RNSC	1
Pantanos zona A	3
Pantanos zona B	2
Pantanos zona C	1
Quebradas con vertimiento de aguas residuales	5
Quebradas fuente de turismo	3
Quebradas zona A	3
Ríos contaminados con Hg	6
Ríos fuente de turismo	3
Ríos tributarios en la cordillera	2
Ríos zona A	3
Ríos zona C	1

Como segundo parámetro se tomaron las zonas potenciales de recarga de agua subterránea, para las áreas de potencialidad muy baja y bajas se les asignó una valoración de 3 ya que si bien no retienen las aguas subterráneas sirven de medio para el tránsito de las mismas, para las zonas Moderadas se asignó un costo de 2 ya que es una zona de suma importancia para contribuir con la zonas de recarga, y por último para las zonas con Alta potencialidad de recarga se le asignó la mejor valoración como muestra de la acumulación de los flujos subterráneos con un costo de 1.

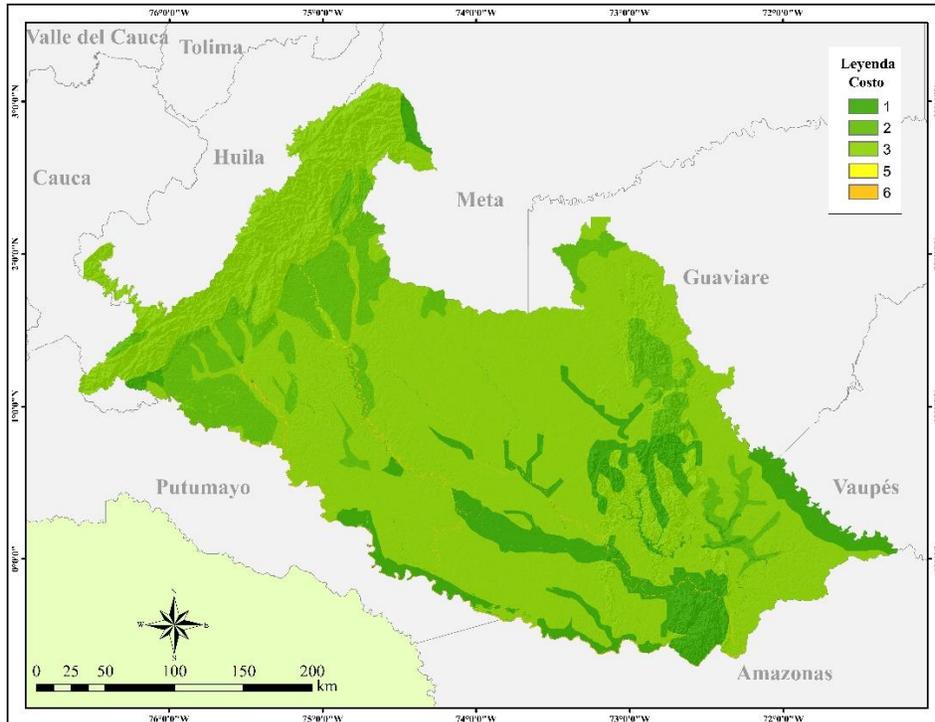


Figura 29. Mapa matriz de costo, sistema hidrosférico

En este caso el área total del área de estudio se distribuye en los siguientes porcentajes:

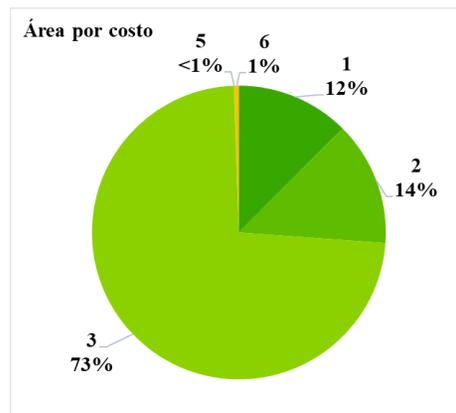


Figura 30. Distribución porcentual del área de estudio por costo, sistema hidrosférico

#### 4.2.3. Sistema Geosférico

En este sistema se evaluó la capacidad de cada uno de los subórdenes y los tres suelos especiales para el flujo de los cinco elementos del suelo; la materia orgánica, minerales, microorganismos, aire y agua además de tener en cuenta los suelos con prioridad de conservación.

Aquellos con valoración 1 son los que permite la existencia de todos sus elementos, conforme se excluye alguno su valoración es mayor, los antrosolos tienen el costo más alto debido a su fuerte

compactación y profunda modificación restringiendo los flujos a través de él, en conjunto la siguiente figura determina la distribución de la valoración de este sistema.

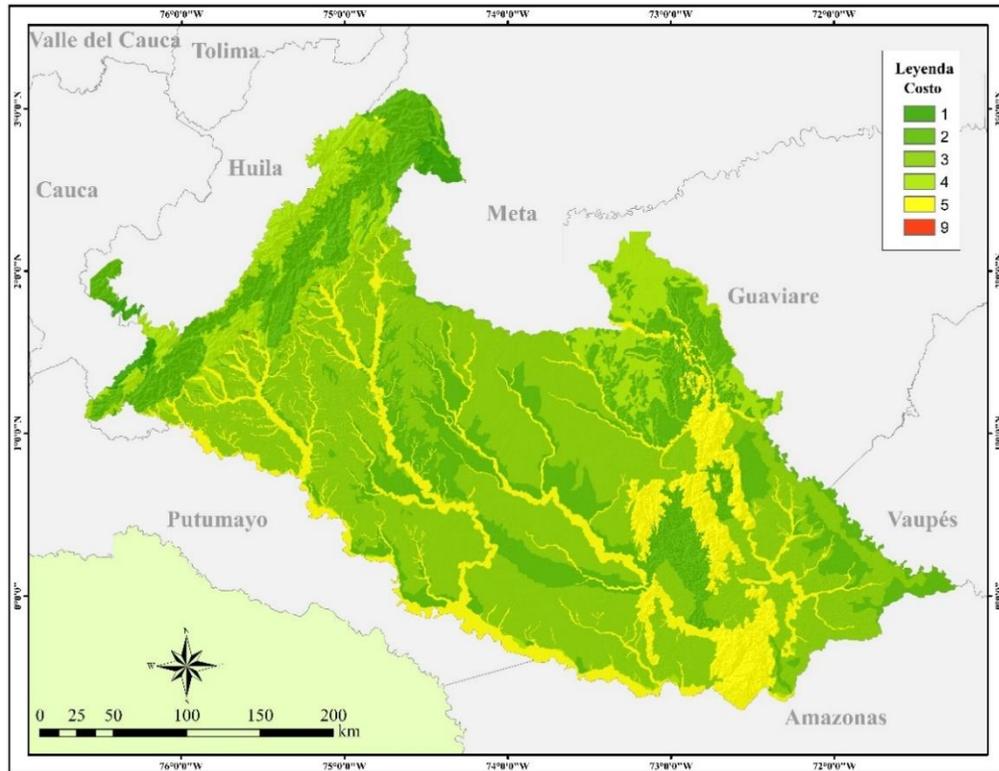


Figura 31. Mapa matriz de costo, sistema geosférico

Distribuyéndose el área total en:

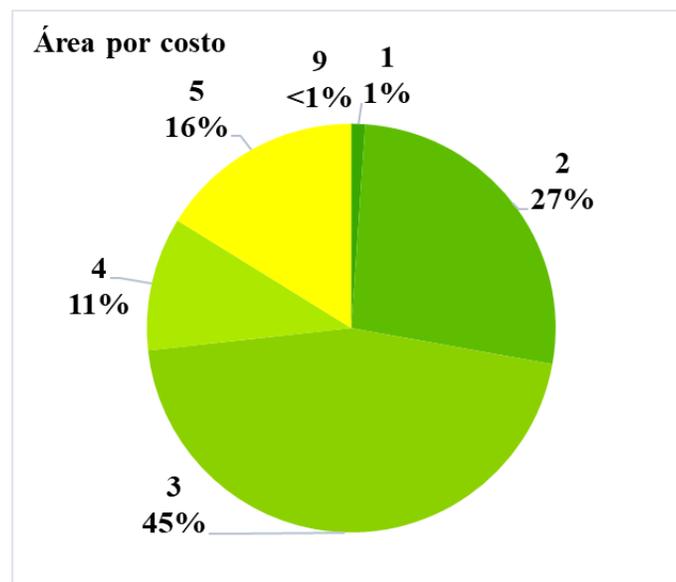


Figura 32. Distribución porcentual del área de estudio por costo, sistema geosférico

#### 4.2.4. Sistema Biosférico

Se consideró la cobertura del suelo como elemento íntimamente relacionado con las especies animales ya que determinan dónde pueden o no habitar, como se menciona en la metodología se estima la presencia del ser humano y cuan restrictiva resulta para el movimiento de las especies, el tener una reproducción propicia, marginal o no adecuada, se asignó la valoración a cada una de las coberturas como un promedio entre estas características a partir de las especies focales.

Debido al alto número de coberturas presentes en el área de estudio y la calificación para cada una de dichas especies se muestra este resultado en el Anexo 2, la Figura 34 permite identificar las zonas donde los movimientos de las especies se ven restringidas o tienen mayor dificultad.

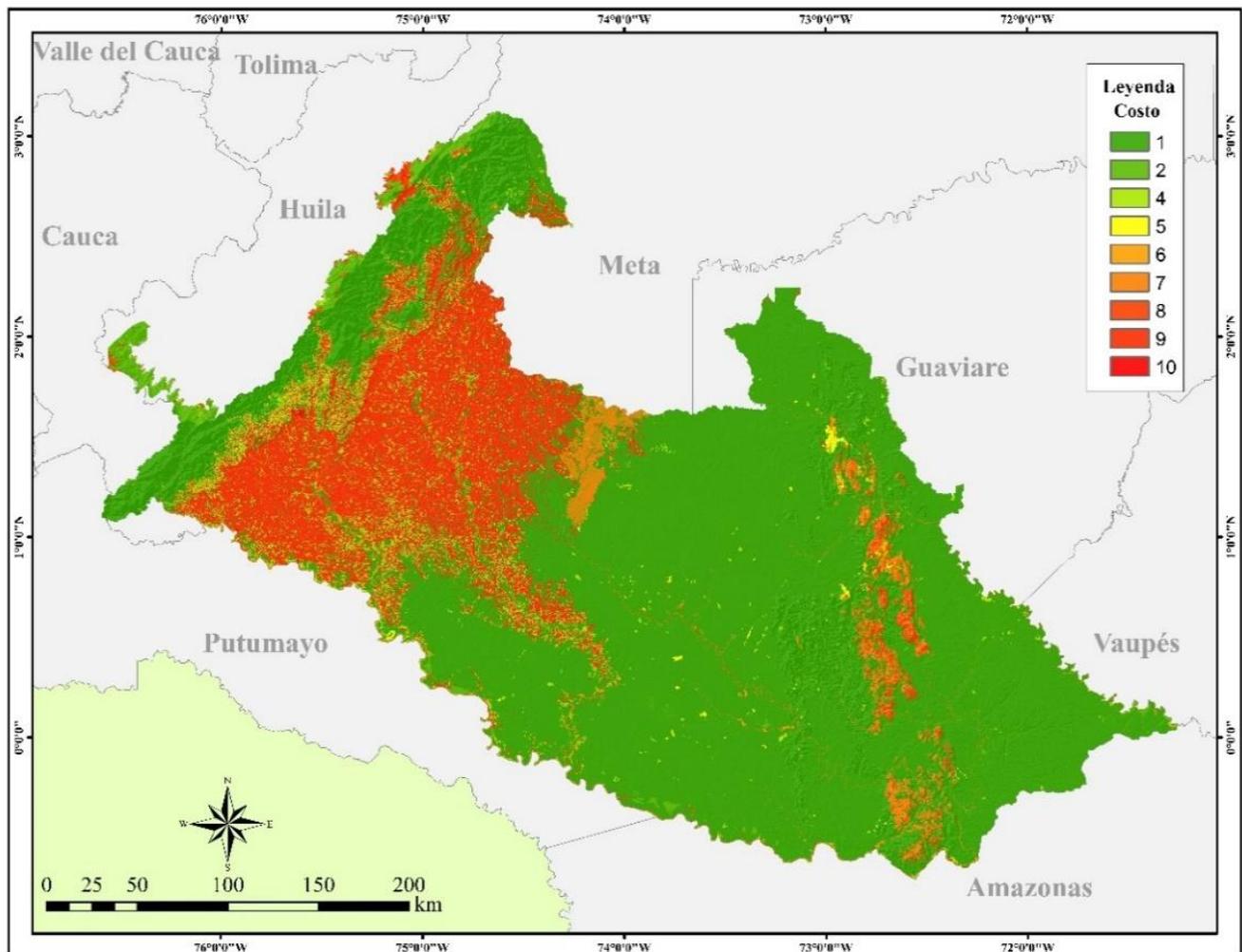


Figura 33. Mapa matriz de costo, sistema biosférico

La distribución a nivel porcentual de los costos en el área de estudio es la siguiente:

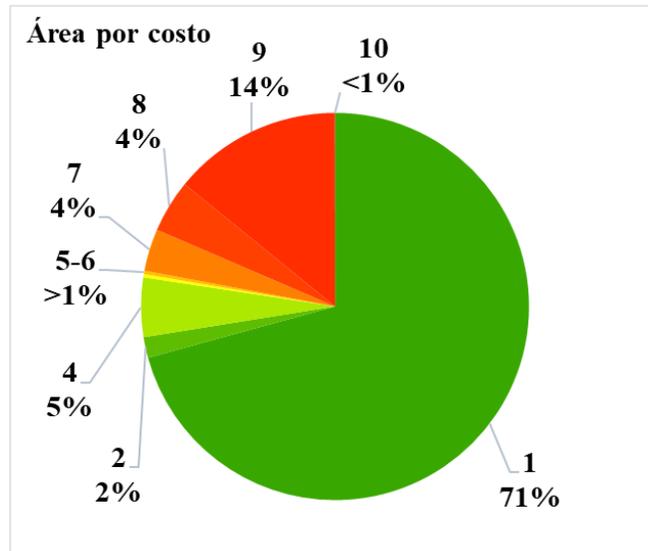


Figura 34. Distribución porcentual del área de estudio por costo, sistema biosférico

#### 4.2.5. Sistema Antroposférico

El sistema se analizó a partir de los tres componentes nombrados a lo largo del trabajo, para cada uno de ellos se llevó una valoración dependiendo su enfoque, el resultado se ver representado en una sola matriz de costo.

Parques Nacionales, Resguardos Indígenas, la ZRC fueron los elementos con mejor calificación, seguidos por la Reserva Forestal Protectora Nacional y el Parque Natural Regional por su categoría de manejo desde el componente de tecnosistemas, para el agrosistema como se mencionó en el capítulo 2, la relación de las coberturas con la vocación del suelo, por ultimo para el antroposistema los cascos urbanos y centros poblados fueron los elementos que presentaron la mejor calificación de la escala por representar la concentración de infraestructura, además de estimarse que allí se encuentra la mayoría de los servicios públicos necesarios.

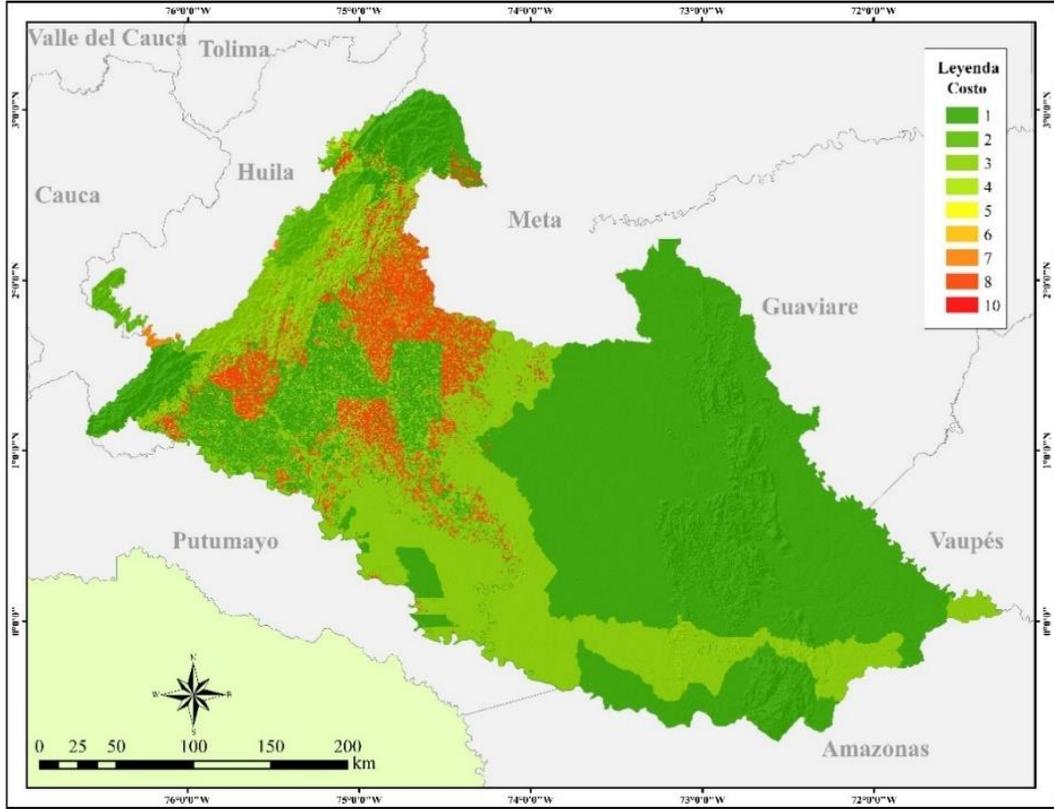


Figura 35. Mapa matriz de costo, sistema antroposférico

Para el sistema antroposférico los porcentajes que corresponden a las áreas ocupadas por cada costo dentro del área de estudio son los siguientes:

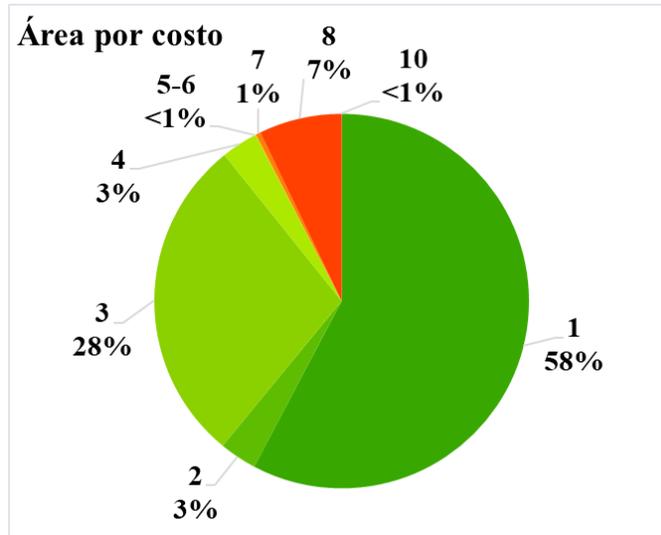


Figura 36. Distribución porcentual del área de estudio por costo, sistema antroposférico

#### 4.2.6. Superficie de costo

Después del procesamiento conjunto de las cinco matrices de costo como se menciona en el capítulo anterior con la herramienta Weighted Overlay de ArcGIS se obtiene la superficie de costo, la figura a continuación muestra la ponderación espacial de los costos, este insumo es base para la obtención de los siguientes resultados

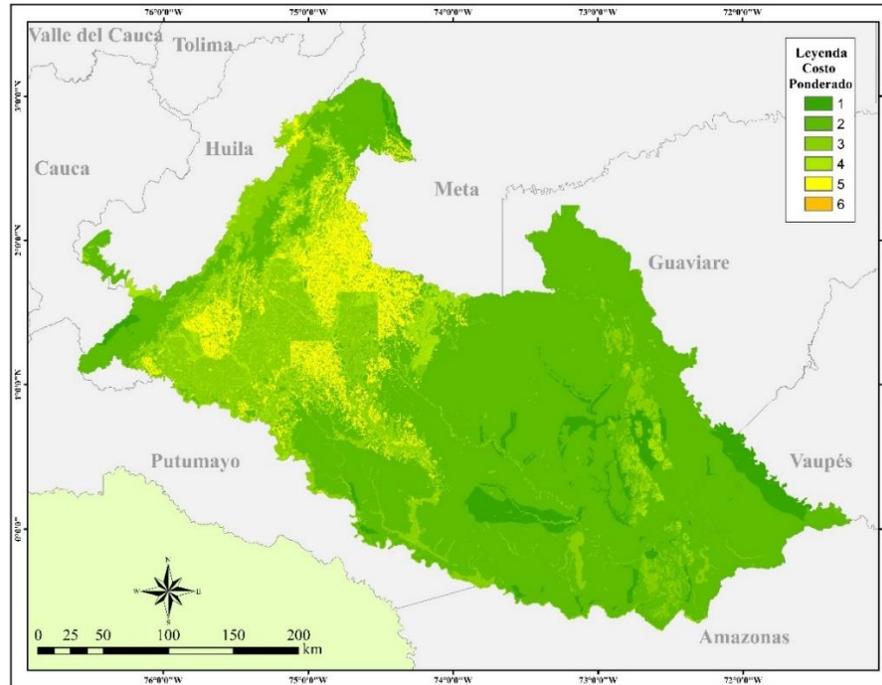


Figura 37. Mapa superficie de costo

Tras la ponderación de las matrices de costo, se obtuvo la siguiente distribución del porcentaje del área de estudio para los costos resultantes.

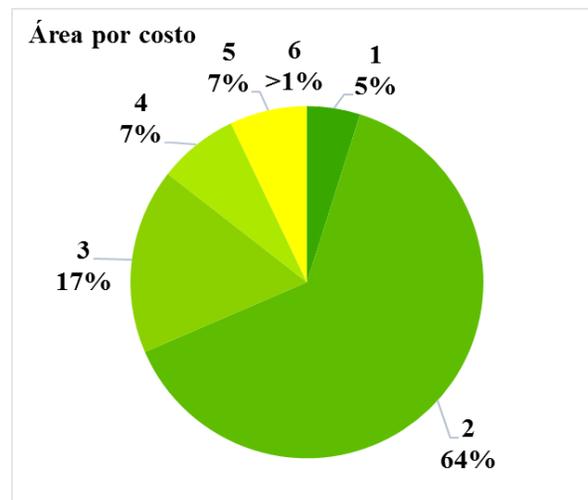


Figura 38. Distribución porcentual del área de estudio por costo en la superficie de costo

### 4.3. ÁREAS PROTEGIDAS ¿ESTÁN BIEN CONECTADAS?

Después de tener la superficie de costo se calculó el índice ProtConn teniendo en cuenta las AP y la distancia que hay entre ellas en términos de costo, el 38,50% del departamento de Caquetá se encuentra protegido bajo la figura de AP, y protegido conectado en un 38,45%, en términos generales las AP del departamento se encuentran conectadas, sin embargo, este último porcentaje informa que 4.827,8ha. no se encuentran conectadas, estas se localizan en un 91% en San Vicente del Caguán y el 9% restante en Cartagena del Chairá, por otro lado, el 5% de las áreas protegidas se conectan por medio de las áreas transfronterizas, es decir las áreas que se encuentran alrededor del área de estudio y que influyen en la conectividad de las demás.

Al ver que las áreas protegidas a nivel departamental están casi en su totalidad bien conectadas, se da indicio de que los municipios con AP en su territorio tienen el mismo comportamiento, la tabla a continuación muestra el porcentaje de área protegida por cada uno de ellos y la Figura 40 el porcentaje de área protegida conectada.

Tabla 19. Área protegida en cada municipio

<b>Área protegida por municipio</b>		
<b>Municipio</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
Florencia	86,21	3,33
El paujil	98,47	7,87
El Doncello	154,95	14,01
Puerto Rico	644,31	15,54
San Vicente del Caguán	7797,27	44,52
Solita	0,00	0,00
Solano	22069,86	52,15
Curillo	0,00	0,00
Valparaíso	0,00	0,00
Milán	6,66	0,54
Albania	0,00	0,00
Cartagena del Chairá	3042,60	23,83
Morelia	7,33	1,54
San José del Fragua	612,16	49,39
Belén de los Andaquíes	173,66	15,21
Montañita	0,00	0,00
<b>Total</b>	<b>34693,48</b>	<b>38,5</b>

Fuente: Datos obtenidos por el índice Protconn  
Elaborado por las autoras

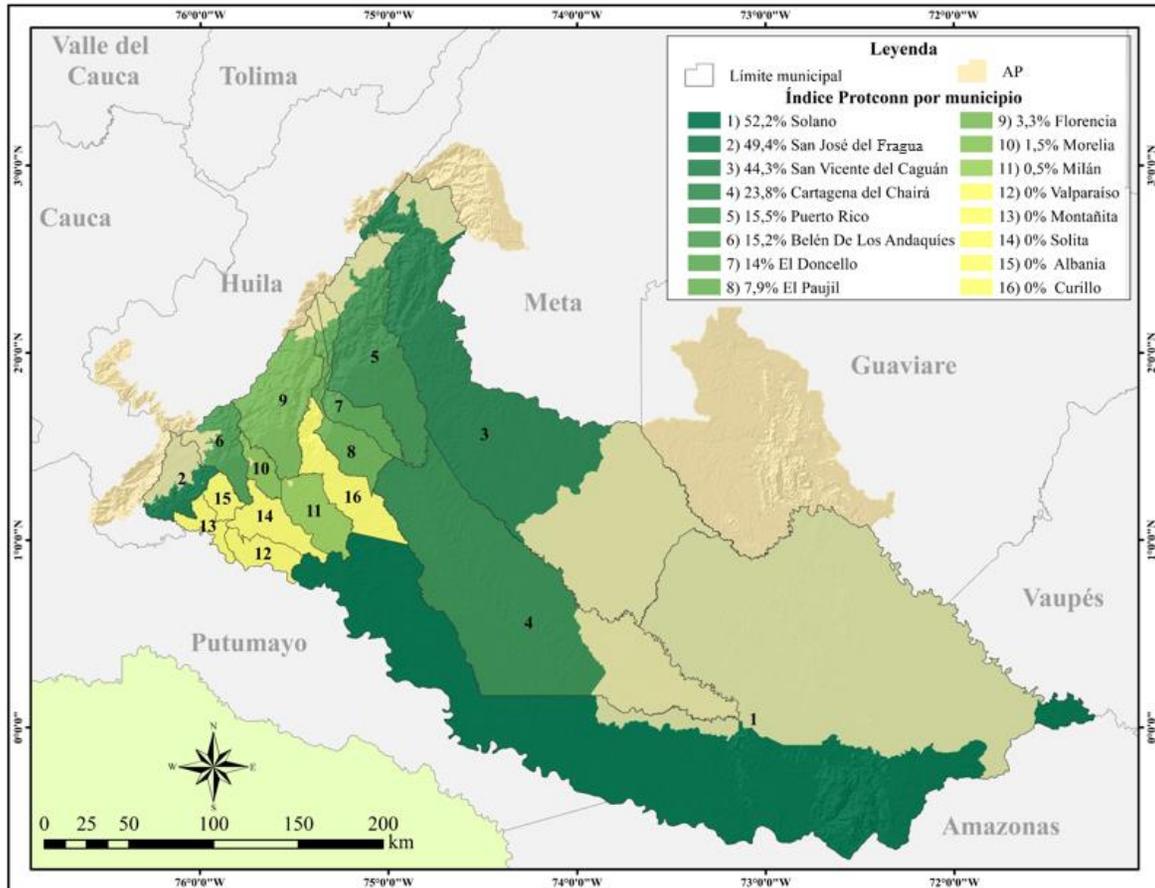


Figura 39. Índice Protconn a nivel municipal del departamento de Caquetá

## CAPÍTULO 5

### 4.4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La posición geográfica del departamento de Caquetá le permite tener particularidades ecológicas muy importantes, por ser la transición entre los Andes y la Amazonía esto se comprueba mediante la identificación de los elementos que componen los diferentes sistemas planetarios en el área de estudio permitiendo conocer el comportamiento de estos; teniendo en cuenta que la Amazonía es la selva tropical más grande del mundo.

Al haber tenido la información sobre cada elemento de manera digital fue posible contrastar la información espacial observando las relaciones entre ellos de forma más clara e identificando patrones que dan indicios para el análisis del paisaje desde la ecología del paisaje. Iniciando por los vientos en el área de estudio, los cuales se mueven de forma Sureste- Noroeste respondiendo al patrón de los vientos alisios, transportando la humedad generada tanto en el océano Atlántico como en la misma selva Amazónica hacia las cordillera oriental de los Andes la cual actúa como barrera geográfica para estos (Mendonça, 2017), la vertiente oriental se convierte en una zona de barlovento en donde se concentra la

mayor parte de la humedad que es la responsable de las altas precipitaciones características de la región y al otro lado de la cordillera, el interior del país recibe la humedad restante comportándose como zona de sotavento.

La velocidad del viento y la temperatura tienen un comportamiento constante en la mayor parte del área de estudio mostrando correlación, este comportamiento también se debe a la topografía existente y por esta misma condición, la presencia del macizo de la Serranía del Chiribiquete con alturas de hasta 1.000 m.s.n.m. genera una ligera variación tanto en la dirección como en la velocidad de los vientos, aumentando esta última.

La clasificación climática de Caldas-Lang cataloga la mayor parte del área de estudio como cálida húmeda, correspondiendo con las zonas de temperaturas superiores a 24°C y con alturas inferiores a los 1000 m.s.n.m., sin embargo, el área restante que es el 13,5% presenta otras 10 clases mostrando allí variedad climática por la disminución de la temperatura conforme aumenta la altura en la cordillera donde nace una importante red hídrica que alimenta la cuenca del Amazonas, esta red actúa como un agente transformador del paisaje debido a su capacidad de disección la cual es causante de la erosión que da lugar al transporte de sedimentos hacia las partes bajas, aportando minerales a los suelos que se encuentran a su alrededor, por otro lado, se encuentran ríos que nacen en las planicies que, junto con los anteriores, los humedales, las lagunas y pantanos forman la riqueza hídrica del departamento.

Al observar el patrón espacial de los ríos y las divisiones político-administrativas de los municipios ubicados en el piedemonte, se identificó cómo estas dependen del recorrido de algún río desde su nacimiento y al mismo tiempo ubican sus centros urbanos cerca a alguno de ellos, estos municipios tienen un área inferior frente a los que se encuentran alejados del piedemonte donde la densidad de cuerpos de agua superficiales disminuye, por otro lado, con las especies focales se corroboró que las coberturas alrededor de estos son muy importantes para el movimiento de fauna.

Se evidencia que las zonas de alta potencialidad de recarga de acuíferos se encuentran en su mayoría en la parte baja del departamento mostrando dependencia del flujo permanente de agua de los ríos Caquetá, Apaporis y Yarí en mediaciones de la Serranía del Chiribiquete y también como indica Hoorn et al. (2010) existe dependencia de las lluvias en la cordillera que por la permeabilidad de las rocas en el subsuelo se infiltran alimentando dichas zonas.

La influencia de la cordillera de los Andes en el área de estudio también se demuestra por el porcentaje de rocas sedimentarias presentes ya que estas provienen de materiales meteorizados desde ella, que se acumularon y compactaron en la planicie amazónica ocupando un 72%, sobre estas rocas se encuentran los suelos más antiguos que son los oxisoles correspondientes al relieve de mesas alrededor de los ríos y los ultisoles al relieve de lomerío, estos suelos tienen un régimen de humedad údico lo que significa que no hay exceso ni déficit de humedad en ellos. Sobre estos suelos se concreta el mayor porcentaje de coberturas transformadas por actividades antrópicas, especialmente en la parte media del departamento, donde el 92% de esta transformación corresponde a pasturas para ganadería, influyendo directamente en la compactación de los suelos, afectando el flujo de agua, aire y microorganismos disminuyendo su capacidad para mantener la fertilidad, infiltración y oxigenación necesaria así como lo afirman Peña-Venegas & Cardona (2010); aun cuando estos suelos presentan bajo contenido de materia orgánica estas actividades la reducen aún más ya que los horizontes superficiales tienden a desaparecer, provocando encharcamientos y para zonas con mayor pendiente en el paisaje de lomerío se presentan procesos de erosión y posibles movimientos en masa por la magnitud de precipitación, aumentando la susceptibilidad de estos suelos antiguos a la degradación.

En contraste con los suelos anteriores se encuentran los suelos formados recientemente, siendo estos los inceptisoles y entisoles, los cuales se concentran sobre el paisaje de montaña en la cordillera Oriental y en el Norte de la Serranía de Chiribiquete, donde los procesos de erosión y deposición son más activos, provocando cortos periodos para la formación de estos suelos.

Otros suelos nuevos como los aquepts quienes deben su formación al tránsito de sedimentos por los cauces de los ríos, estos se encuentran en paisajes de valles en un 9,5% del área de estudio y sus características principales son su alta saturación de agua y su drenaje deficiente, por otro lado, los suelos aluviales con cercanía a los bosques inundables o de galería que contienen alta diversidad biológica, también son de gran interés para las actividades agropecuarias por su alto contenido mineral generando la transformación de la cobertura natural por otras como pastos y cultivos obligando el desplazamiento de especies animales.

Entre la cordillera de los andes, el piedemonte y la llanura amazónica la variación altitudinal genera ecosistemas diferentes que favorecen la riqueza y diversidad de fauna y flora (Hoorn et al., 2010) demostrada en el registro de especies presentes en las AP de esa zona, sin embargo, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) cataloga a varias especies de mamíferos allí presentes dentro de las categorías de amenaza, esto relacionado con la transformación de sus hábitats por las actividades antrópicas mencionadas en anteriormente, haciendo que a largo plazo no vuelvan a crecer especies arbóreas porque como menciona Peña-Venegas & Cardona (2010) se da la pérdida de porosidad en el suelo lo que impide la formación radicular de estas especies.

Las subzonas hidrográficas cuyas coberturas están más transformadas, son las de los ríos Caguán, Guayas, Orteguaza y Sunsiya, sobre estas subzonas también se concentra la red vial que conecta los centros urbanos de los municipios por vías tipo 6 y 7 en su mayoría mostrando que la mayor dinámica en el transporte terrestre, aunque con malas condiciones se encuentra en estas, mientras que, las zonas más bajas se conectan por medio de la red fluvial o por aeropuertos distantes.

Aun cuando las actividades de ganadería y agricultura ocupan mayor área que los centros urbanos de los municipios, la población se concentra en su mayoría en estos últimos respondiendo al patrón que se ha llevado a nivel mundial. Al contrario de lo esperado, hay un bajo porcentaje de población de origen étnico en el departamento, la cual se encuentra en su mayoría en Florencia, Solano y Belén de los Andaquíes, este porcentaje se puede explicar mediante la explicación de OPIAC, (2015) la cual dice que la población indígena del departamento ha enfrentado históricamente cada una de las olas extractivistas que llegó a sus territorios haciendo que su población se reduzca. El territorio indígena más grande se encuentra en el municipio de Solano, este interactúa con la Serranía de Araracuara y está cercano a la Serranía del Chiribiquete, en él habita el pueblo Murui Muina “hijos del tabaco, la coca y la yuca dulce” conocido también como Uitoto.

Hay otro tipo de interacción antrópica reflejada en las coberturas de la tierra de los resguardos más alejados del piedemonte de la región, partiendo de la armonía identificada de las comunidades indígenas por ejemplo, en medio del bosque nativo se encuentran diferentes familias arbóreas algunas de ellas son utilizadas por estas comunidades, como es el caso de la familia *Arecaceae* dentro de la cual se encuentran el cumare utilizado para hacer cestería y el chiquichiqui para techado de las viviendas y alimentación, existe otra gran variedad de plantas que también tienen usos maderables, medicinales, de consumo y artesanales (Comunidad del resguardo Itilla, 2015; Comunidad Murui - Muinane, 2008). Por otro lado, las áreas de los resguardos indígenas ubicados en el piedemonte presentan en su mayoría coberturas intervenidas por mosaicos de pastos y cultivos acompañados con vegetación secundaria

ejerciendo menos presión en los suelos a comparación de las actividades que se llevan a cabo alrededor de sus territorios.

El área de estudio cuenta con una Zona de Reserva Campesina donde se asegura que en su área se lleven a cabo actividades agropecuarias que sirvan de amortiguación al PNN Cordillera de los Picachos y los PNR Miraflores Picachos y Las Áreas Naturales de Siberia y Parte de la Cuenca Alta del Río Ceibas ubicados a su alrededor, en este caso las coberturas presentes indicaron que en ella hay un equilibrio entre el porcentaje de cobertura transformada y la que ha mantenido sus condiciones naturales como el bosque denso.

Al consultar las diferentes categorías de las áreas protegidas se evidenció cómo dentro de ellas hay diferentes niveles de conservación que permiten distintos usos de los recursos naturales. La localización de nueve de las 13 AP corresponde a los nacimientos de agua en lo alto de la cordillera, entre estas se encuentran PNN, PNR y RFPN, en el piedemonte existen tres RNSC inmersas en la zona con más presión antrópica mostrando interés de algunos pobladores en la conservación y restauración del ecosistema natural. En la parte baja del departamento está el PNN Serranía del Chiribiquete ocupando el 40% del área de estudio.

En la Tabla 20 se resumen las relaciones que se mencionaron anteriormente entre cada uno de los elementos de los sistemas planetarios dentro del área de estudio.

El comportamiento de los elementos permitió determinar cuáles de ellos son los que más influyen en los diferentes procesos que se dan dentro de los componentes que se clasificaron por sistemas por medio de una valoración numérica con la que se evaluó desde la ecología del paisaje.

En el sistema atmosférico se evidenció que se da un movimiento alto de flujos ya que se encontraron costos muy bajos que lo ubican dentro del primer intervalo (de 1- 3), esto es debido a la homogeneidad en el comportamiento de la precipitación, alrededor del 56% del área de estudio presentó el costo más bajo es decir que en ese porcentaje de departamento llueve más. Posteriormente, al evaluarse las diferentes perturbaciones en los cuerpos de agua superficiales; para el sistema hidrosférico se tuvo que solo el 2% del área de estudio presentó flujos moderados o con dificultad y nuevamente el porcentaje restante se encontró en el primer, donde el 73% del área estudiada correspondió a un costo 3 que está relacionado con los cuerpos de agua superficiales cercanos a los centros urbanos y con las zonas de muy bajo y bajo potencial de recarga, el menor costo se dio en las áreas con alta potencialidad de recarga al Este del departamento en mediaciones con el Chiribiquete, la Serranía de Araracuara y el río Apaporis. En conjunto las matrices de costo de estos dos sistemas demostraron que en el área de estudio se favorece el movimiento de agua desde las precipitaciones hasta las zonas de recarga pasando por los cuerpos de agua superficiales.

Para el sistema geosférico al evaluar los diferentes subórdenes de suelo, el costo más alto fue de 9 el cual correspondió a los suelos transformados por actividades antrópicas mediante infraestructura representados en los antrosoles, estos tan solo cubren el 1 % del área de estudio, lo segundos de mayor costo corresponden al 16% con un valor de 5 y están asociados a los cuerpos de agua y regolitos. Las características de un buen drenaje de los suelos más antiguos determinaron que el 45% del área de estudio tuviese un costo de 3 el cual está dentro del intervalo de movimiento alto, en este intervalo también se encuentran los suelos que favorecen todos los flujos evaluados, con porcentaje de tan solo el 1% distribuidos en el paisaje de piedemonte y algunas zonas de montaña.

Tabla 20. Resumen de las relaciones entre cada uno de los elementos

Elementos	Temperatura	Precipitación	Vientos	Clima	Agua Superficial	Agua Subterránea	Geología	Paisaje	Relieve	Pendiente	Altitud	Suelo	Fauna	Población	Producción alimentaria	Infraestructura	AP	ZRC	Resguardos Indígenas
Temperatura		X		X				X	X		X	X	X		X			X	
Precipitación	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X
Vientos		X		X			X	X	X		X	X							
Clima	X	X	X		X			X	X		X	X	X	X	X			X	
Agua Superficial		X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Agua Subterránea		X			X		X			X		X							
Geología		X	X		X	X		X	X	X	X	X					X		
Paisaje	X	X	X	X	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Relieve	X	X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X		X	X
Pendiente		X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X
Altitud	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	X	X		X	X	
Suelo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X		X	X
Fauna	X	X		X	X			X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X
Población		X		X	X			X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X
Producción alimentaria	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X		X		X	X
Infraestructura					X			X	X	X		X	X	X	X			X	X
AP					X		X				X		X	X				X	X
ZRC	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
Resguardos Indígenas		X			X			X	X	X		X	X	X	X	X	X		

Fuente: Elaborado por las autora

En el sistema biosférico se encontró el mayor contraste en la matriz de costo ya que se abarca casi la totalidad de la escala trabajada debido a la variedad de coberturas y la influencia de estas en las especies focales, el 18% del área total corresponde al intervalo que más restricción presenta para el movimiento de las especies (8 – 10), concordando con el porcentaje de las áreas transformadas donde el costo con mayor porcentaje está asociado a pastos, monocultivos y cultivos permanentes, sin embargo, el 73% cumple con las condiciones óptimas para las especies distribuyéndose en dos sectores, uno en los bosques andinos y otro al Este en la selva amazónica, siendo separados por el 18% mencionado. Llama la atención que hacia el sector Este en la selva amazónica donde se encuentra la mayor área que favorece a las especies también haya costos elevados, estos son dados por las formaciones rocosas las cuales son de poca preferencia por las especies evaluadas.

Para el último sistema el 11% del área corresponde a los intervalos 4 - 5, 6 - 7 y 8 – 10, donde las prácticas antrópicas no corresponden con la vocación del suelo, concentrándose en el municipio de San Vicente del Caguán, Puerto Rico y Morelia, como ejemplo, los pastos limpios ubicados en suelos con vocación agrícola, forestal y de conservación obtuvieron una calificación de 8, mientras que los pastos que se encontraron ubicados en vocación de ganadería tienen una calificación de 1, de esta forma, las coberturas que cumplen con la vocación ocupan alrededor de un 6% del área total. Las AP que fueron valoradas con costo 1 al ocupar el 46% del área de estudio son las que determinan que este sea el costo con más área para este sistema.

En cuanto a San Vicente del Caguán uno de los municipios mencionados anteriormente, Peña-Venegas & Cardona (2010) señalan que la actividad ganadera allí practicada; traducida en ganadería limpios, se deben a su cercanía con las praderas del departamento del Meta expandiendo estas prácticas.

Aun cuando para los sistemas ha habido valoraciones altas que se encuentran en el último intervalo, en el momento en que se hace la ponderación de todos los sistemas estos valores disminuyen encontrando como máximo costo el 6 con un área de menos del 1%, mostrando que al evaluar en conjunto el paisaje el estado general de este para los flujos no es restrictivo sino que se distribuye entre los intervalos de alto y moderado movimiento, siendo el primer intervalo nombrado el que más área ocupa con un 86% del área total de estudio seguido por el 14% en el intervalo de flujos moderados, esto se puede explicar mediante la figura 41, en donde se muestra la relación del porcentaje de área que ocupa cada costo en los sistemas y el resultado de la ponderación de los mismos representada en la superficie de costo.

Al observar la figura se identifica que los mayores costos están relacionados con la transformación de las coberturas por el ser humano afectando tres sistemas, para el antroposférico cuando no coinciden estas con la vocación del suelo, para el biosférico cuando se perturban las condiciones naturales de hábitat y para el geosférico en relación con los suelos donde se concentran los centros urbanos; aun cuando estas relaciones se ven muy concentradas en una zona específica del área de estudio cubren menos del 20% de esta, sin embargo este porcentaje no debe ser ignorado y en términos de conectividad del paisaje que es la medida en el que este permite o restringe los flujos (Taylor et al., 1999), los mayores esfuerzos deben impulsarse desde el ordenamiento territorial buscando conservar la conectividad teniendo en cuenta estas relaciones, estando de acuerdo con Saura (2013).

Por otra parte, la sección de la gráfica entre los costos del 1 al 3 concentra la mayor parte de resultados con porcentajes de área elevados, así entonces, condicionan el comportamiento general del conjunto de resultados evidenciado en el favorecimiento del movimiento alto de los flujos, además que

allí también se encuentra la participación de todos los sistemas, el sistema con menor variación en su comportamiento es el atmosférico, esto por sus características casi homogéneas a lo largo del área de estudio.

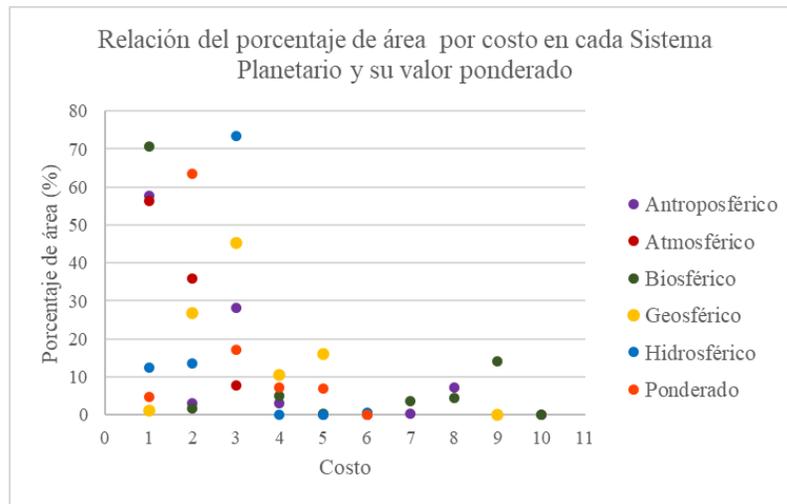


Figura 40. Relación del porcentaje de áreas por costo en cada Sistema Planetario y su valor ponderado

*Elaborado por las autoras*

Al haber evaluado los elementos y sus relaciones construyendo matrices de costo por cada sistema y la superficie de costo donde se promediaron, permitió el cálculo del índice ProtConn el cual midió el porcentaje de área protegida conectada, dando como resultado que el 99% de las AP están bien conectadas. En relación con lo que se mencionó anteriormente sobre la superficie de costo y la concentración de los resultados en el intervalo donde se favorecen los flujos se ve claramente evidenciado el porqué de este porcentaje.

En cuanto a la hipótesis planteada en este trabajo de investigación se esperaba que el índice de conectividad del departamento fuera menor al 17% pero en su lugar se obtuvo un 38,45% determinando así que aun cuando hay aumento de las presiones antrópicas la conectividad de la red de AP de Caquetá vista desde la ecología del paisaje demostró que para el 2018 contaba con un buen funcionamiento de esta. Por otro lado, en la hipótesis también se había considerado la influencia de tres municipios en la pérdida de la conectividad debido a que el IDEAM los mencionó como los municipios con mayores hectáreas deforestadas, en los resultados obtenidos por el índice se demuestra que entre San Vicente del Caguán y Cartagena del Chairá se distribuye el porcentaje de área protegida no conectada el cual es bajo comparado con el área protegida conectada de todo el departamento, pero representa 4.827,76 ha. lo que equivale a 5.851 canchas de fútbol, de igual manera, al conocer las tendencias de transformación de cobertura de estos municipios este número podría ser mayor contribuyendo a la pérdida de conectividad en un futuro.

El índice tuvo en cuenta el aporte de las áreas transfronterizas a la conectividad de las AP del departamento, arrojando que dicho aporte equivale al 5,2% de esta y que las AP de los municipios a las que más influyen están en San Vicente del Caguán, Florencia y El Doncello. Para San Vicente del Caguán inicialmente se obtuvo que el 44,3% de su área está protegida conectada, si se omite este aporte se reduciría el índice al 40%, para Florencia 336 ha. de sus áreas protegidas quedarían desconectadas y 55 ha. para El Doncello; en cuanto al departamento se reduciría su índice de conectividad a un 33,3%.

Corroborando cómo la funcionalidad de las de AP de un departamento dependen de las de otro, la localización del primer municipio mencionado le permite tener cercanía con las AP del Meta mientras que los dos últimos la tienen con las AP del departamento de Huila.

Organizando los municipios de mayor a menor según su área protegida conectada se tiene en primer lugar a Solano continuando con San José del Fragua, San Vicente del Caguán, Cartagena de Chairá, Puerto Rico, Belén de los Andaquíes, El Doncello, El Paujil, Florencia, Morelia y Milán; los tres municipios que se creía que tendrían menor porcentaje en el índice se encuentran entre los cuatro primeros nombrados, esto por el porcentaje del área de cada municipio cubierto por el área protegida más extensa del departamento, la Serranía del Chiribiquete, ya que de este depende casi la totalidad (99%) de la conectividad entre las AP del departamento al ser el único nodo que se encuentra en la selva amazónica permitiendo considerar entonces la conectividad de AP entre los Andes y la Amazonía. A lo largo del trabajo se mencionó que cada municipio debería incorporar estrategias de conservación enfocadas a la conectividad de áreas protegidas, en este caso donde el porcentaje dado por municipios demuestra que las áreas protegidas se encuentran conectadas, no se debe descartar la realización de estrategias en el marco del ordenamiento territorial como lo menciona el Decreto N° 2372, 2010 en el artículo 31, buscando prevenir las perturbaciones sobre las áreas protegidas del departamento.

Desde una visión global Saura et al. (2018) con el interés de conocer el estado de conectividad de las áreas protegidas de todos los países del mundo, utiliza el índice ProtConn obteniendo como resultado que Colombia se encuentra dentro de los países que tienen entre el 4 y 8% de su área continental cubierta por áreas protegidas bien conectadas, este valor no se calculó por distancias de costo sino por distancias euclidianas, de borde a borde entre AP y con una influencia de AP transfronterizas consideradas a 500km, este valor es bajo comparado con el 15,2% del territorio nacional cubierto por AP, frente a esto el resultado del índice para el área de estudio es entre 5 y 10 veces más alto que el valor nacional calculado por Saura et al. (2018), se considera que puede ser por dos razones; la primera que este índice da mejores resultados al ser calculado en regiones no tan extensas y teniendo en cuenta todas las categorías de AP incluyendo las marítimas, mientras que a nivel global se omiten AP que por su extensión no son identificadas a esta escala y la segunda que al no utilizar una superficie de costo se tomaría por igual la distancia sobre un bosque natural que sobre una ciudad, entonces el índice solo dependería de cuán grandes son las AP de ciertos lugares y qué tan distantes están unas de las otras.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos y la discusión realizada se niega parte de la hipótesis encontrando que los tres municipios que se creía, iban a tener el menor porcentaje de conectividad entre áreas protegidas, resultaron estar entre los de mayor porcentaje, por otro lado, en la hipótesis se mencionaban estos como claves para la conectividad de AP del departamento, esto se ratifica por la cantidad de área protegida en sus territorios y por su localización estratégica que los hace tener tanto parte de AP de los Andes como del PNN Serranía del Chiribiquete.

En cuanto a lo planteado en la hipótesis acerca de las presiones antrópicas que afectan la conectividad del paisaje las cuales están concentradas en la zona transicional del área de estudio, se evidenció con las matrices de costo; en especial la del sistema biosférico y antroposférico, que allí se presentan los costos más altos debido a la transformación de las coberturas, sin embargo, al tener en cuenta todos los demás sistemas estas presiones pasan de tener un efecto restrictivo a un efecto moderado en los flujos.

En términos generales el estado de la conectividad de las áreas protegidas del departamento de Caquetá es bueno, esto reflejado en el alto porcentaje obtenido por el índice ProtConn correspondiente al

38,45%, en comparación con el porcentaje mínimo de 17% recomendado para el buen funcionamiento de la red de AP por la UICN.

## CAPITULO 6

### 5. RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

#### 5.2. RECOMENDACIONES

Al haber evaluado el comportamiento de los elementos y su interacción en el paisaje fue posible tener una visión integral de esto, observando la interdependencia entre elementos funcionando como un sistema, tal y como lo describe Etter (1991) y la definición construida de paisaje a partir de diferentes autores mencionados en el capítulo 2. La información de cada elemento al estar especializada permitió identificar en dónde y de qué manera se dan dichas interacciones plasmando el análisis de la conectividad por medio de una superficie necesaria para el cálculo del índice de conectividad entre áreas protegidas.

En este proceso se identificó cómo la disponibilidad y temporalidad de los datos condiciona los resultados y el acercamiento a la realidad actual de área que se está estudiando por ejemplo al considerar la gran influencia del estado de las coberturas de la tierra, pero siendo estas del 2018, los resultados están ligados a este año, dado que en los años posteriores a esta fecha pueden cambiar significativamente debido a las dinámicas transformadoras y presentar otra condición diferente a la expuesta acá, a diferencia de insumos que representan elementos geográficos menos variables en el tiempo.

Por otra parte, respecto a la superficie de costo creada, aun cuando se consultan distintos medios para dar soporte a los costos asignados estos pueden variar, según el autor y las fuentes consultadas ya que estas sirven como ruta de guía, pero es el autor quien realmente determina la calificación para cada elemento para la construcción de las matrices de costo.

Teniendo en cuenta que el sistema antroposférico tuvo un alto dinamismo en las interacciones con los demás sistemas, en estudios posteriores sobre conectividad del paisaje se debería incorporar la participación de las comunidades que habitan el territorio, para entender con mayor detalle las relaciones que este sistema genera con otros, dado que estas van más allá de lo físico y en lugares con diversidad cultural como el departamento de Caquetá son envueltas por una cosmovisión propia.

En esta investigación se comprendió la relación entre los Andes y la Amazonía, regiones que se conciben como independientes pero que al final interactúan entre si a través de distintas relaciones que las conectan, de la misma forma se pueden abarcar estudios que contemplen las interacciones entre zonas contrastantes.

Por último, el índice ProtConn utilizado es recomendado por diferentes autores para conocer el estado de la conectividad entre áreas protegidas en diferentes unidades de análisis (Areiza, Corzo, Castillo, Matallana, et al., 2018; Saura et al., 2017), a pesar de considerar cómo las dinámicas externas a las áreas protegidas afectan la conectividad entre estas, no contempla las variaciones internas puesto que concibe las AP como nodos y al medir la distancia de costo acumulada entre estos de borde a borde interpreta que al interior de las AP se encuentra la mejor condición para la dispersión de flujos con costos

mínimos (Saura, 2013) sin considerar los cambios que se presenten en el interior, por ejemplo, un área protegida que esté siendo deforestada; este índice fue calculado mediante el software R por su enfoque en el análisis estadístico utilizando el paquete Makurhini creado por (Godínez-Gómez & Correa-Ayram, 2020) para la interfaz gráfica RStudio, ya que este tiene facilidad de manejo y claridad en los resultados, sin embargo, es necesario considerar las dimensiones del ráster (superficie de costo) ya que el índice identifica y acumula los costos de pixel a pixel y gran cantidad de información puede retrasar el tiempo de procesamiento.

### 5.3. CONCLUSIONES

Para analizar el estado de la conectividad entre las áreas protegidas del departamento de Caquetá desde la ecología del paisaje, inicialmente para cumplir el primer objetivo específico se identificaron las características de los elementos de los sistemas planetarios presentes en el departamento los cuales mostraron que hay una relación sistémica entre estos, en primer lugar, hace 200 MA. emerge la cordillera de los Andes provocando la reconfiguración de los elementos del paisaje de lo que hoy se conoce como la Amazonía. Actualmente la configuración de este sistema depende de la interacción entre los elementos de estas dos regiones Andes-Amazonía, regiones en donde se encuentra el área de estudio. Uno de los elementos es el viento, que recorre la selva amazónica hacia la cordillera en dirección SE – NW, transportando consigo la humedad necesaria para generar la precipitación característica de esta región y que junto con la temperatura tienen un comportamiento poco variable por la homogeneidad altitudinal en la mayoría del área de estudio por la presencia del paisaje de lomerío el cual ocupa alrededor del 66% de su área total, la transición entre este paisaje y el de montaña genera distintos ecosistemas provocando riqueza y diversidad de fauna y flora, por otro lado, el departamento también cuenta con una riqueza hídrica superficial compuesta por diferentes humedales, lagunas, pantanos, quebradas y grandes ríos que nacen en la cordillera; como el Caguán, Orteguzza y Caquetá o en la planicie como el Yarí y el Apaporis, mientras que, las zonas de recarga de aguas subterráneas dependen de la interacción entre la geología del departamento y la precipitación, esta relación también permite la formación de los cauces de los ríos.

La acción de la erosión en los Andes en donde hay suelos nuevos con minerales contribuye al enriquecimiento de los suelos alrededor de los ríos en las zonas bajas del departamento, el 62% de los suelos del área de estudio son antiguos pertenecientes a los órdenes oxisol y ultisol, los cuales son más susceptibles a la degradación; siendo esta la pérdida de las características propias del suelo por actividades antrópicas, entre estas últimas predomina con un 92% la transformación de coberturas a pastizales, utilizando estos en actividades ganaderas compactando el suelo.

El 67% de la población del departamento se encuentra en los centros urbanos que por lo general son zonas que cuentan con dotación de servicios esenciales, estos están conectados por vías de tipo 6 y 7 en su mayoría, ya que del 100% de la red vial con las que cuenta el departamento el 76% es de este tipo y tan solo un 2% son vías de tipo 1 siendo estas las que permiten mayor movilidad, esto señala la dificultad que hay para trasladarse de un centro urbano a otro.

Por otro lado, como figuras legales de conservación o manejo especial dentro del departamento se encontró una ZRC en la cual se llevan a cabo prácticas de conservación y uso sostenible de la biodiversidad evidenciando esto en las coberturas dentro de ella, esta se localiza al Norte del departamento entre áreas protegidas de categorías PNN, dos PNR y una RFPN. El Sur del departamento se encuentra protegido bajo la figura de 24 resguardos indígenas, el Oeste por tres PNN, tres RNSC y un

PNR, por último, al Este ocupando un 40% del área de estudio por el PNN Serranía de Chiribiquete siendo el único PNN del departamento que se encuentra en su totalidad sobre la región amazónica.

Así de manera sistémica al identificar las características de los elementos se pudo analizar el comportamiento que estos tienen al relacionarse con los demás.

Para el segundo objetivo específico se elaboró una superficie de costo involucrando las matrices de costo de los cinco sistemas planetarios, estas últimas son el resultado de la valoración de las relaciones entre los elementos teniendo en cuenta si estas limitan o facilitan los flujos a través de la configuración del paisaje desde cada sistema, la valoración se llevó a cabo en una escala con cuatro intervalos; 1-3 para las zonas donde los flujos tienen un alto movimiento, valores de 4-5 que indican un movimiento moderado, de 6-7 para las zonas en las que los flujos tienen dificultad de movimiento y de 8-10 indicando restricción. Obteniendo como resultado para los sistemas atmosférico, biosférico y antroposférico que el mayor porcentaje de área se encuentra en el costo 1 (56%, 71% y 58% respectivamente), para el sistema hidrosférico y el geosférico el mayor porcentaje reportado fue para el costo 3 (73% y 45% respectivamente), mostrando la concentración de los costos en el primer intervalo. En cuanto a la superficie de costo, resultado de la ponderación entre matrices se obtuvo que casi el 86% del área está dentro del primer intervalo, en el segundo intervalo se encuentra el 14% y para el tercer intervalo menos del 1% del área de estudio lo que significa que para cada sistema los flujos tienen un alto movimiento por encontrarse en el primer intervalo.

Para terminar, el estado de la conectividad entre áreas protegidas del departamento fue cuantificado mediante el índice ProtConn teniendo como resultado que el 38,45% del área de este está cubierto por áreas protegidas bien conectadas, este porcentaje significa que el 99% de las AP del departamento se encuentran integradas dentro del paisaje favoreciendo su conectividad, sin embargo 4827,76 ha. de áreas protegidas distribuidas en los municipios de San Vicente del Caguán, Cartagena del Chairá y Florencia no se encuentran conectadas lo que significa que a su interior se está perturbando algún elemento dificultando la propagación de flujos. También se evidenció que la conectividad de las AP del departamento depende de las áreas protegidas que se encuentran fuera de este en un 5% aportando principalmente a la conectividad del municipio de San Vicente del Caguán, debido a su cercanía con las AP del departamento del Meta y del PNN Serranía de Chiribiquete debido a su extensión y por ser la única AP en la región de la Amazonía presente en el Caquetá.

La identificación de los elementos, y de su comportamiento al relacionarse con otros permite comprender las dinámicas que determinan la configuración de un paisaje, su grado de conectividad y cómo por medio de este se propagan diversos flujos. A lo largo de este trabajo de investigación se consideraron diferentes interrelaciones de los elementos, calificándolas con el costo que representaban en el favorecimiento o restricción para los flujos, según fuentes consultadas, aun cuando en el departamento se consideraron diversas perturbaciones con costos altos, en el momento de analizar todo desde la ecología del paisaje se compensan unas con las otras provocando que el paisaje del área de estudio represente en buen porcentaje el favorecimiento a movimientos altos de flujos, al considerar como nodos las áreas protegidas se especifica de dónde a dónde se quiere evaluar la dispersión de dichos flujos, permitiendo conocer cuál es el estado de la conectividad de las AP, buscando esto se encontró que en un 99% las AP del departamento de Caquetá se encuentran conectadas, departamento que por su localización estratégica en el sistema Andes-Amazonía resultó de gran interés.

## 6. REFERENCIAS

- Acevedo-Charry, O., Matiz-González, E., Pérez-Albarracín, K., González-Rodríguez, S., & Valencia-Vera, C. (2015). El águila arpía (*Harpia harpyja*) y el águila iguanera (*Spizaetus tyrannus*) en el ecotono entre los Andes y los Llanos de la Orinoquia, Arauca, Colombia. En C. Cruz, H. Aguiar, M. Lemos, & M. Curti (Eds.), *Spizaetus : boletín de la Red de Rapaces Neotropicales*. (Vol. 19, pp. 2–11). Red de Rapaces Neotropicales.
- Alarcón-Nieto, G., & Palacios, E. (2008). Estado de la población del Pavón Mosquittojo (*Crax Globulosa*) en el bajo río Caquetá, Amazonía Colombiana. En *Ornitología Neotropical* (Vol. 19).
- Alonso-F., A. M., Finegan, B., Brenes, C., Günter, S., & Palomeque, X. (2017). Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. *Caldasia*, 39(1), 140–156. <https://doi.org/10.15446/caldasia.v39n1.64324>
- ANT - Agencia Nacional de Tierras. (2017). *¿Qué son las Zonas de Reserva Campesina?*
- Areiza, A., Corzo, G., Castillo, S., Mantallana, C., & Correa-Ayram, C. A. (2018). Áreas protegidas regionales y reservas privadas: las protagonistas de las últimas décadas. En *Biodiversidad*. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2016.02.es>
- Areiza, A., Corzo, G., Castillo, S., Matallana, C., & Correa-Ayram, C. A. (2018). *Áreas protegidas regionales y reservas privadas: las protagonistas de las últimas décadas*.
- Arroyave, M., Gómez, C., Gutiérrez, M., Múnera, D., Zapata, P., Vergara, I., ... Ramos, K. (2006). Impactos de las carreteras sobre la fauna silvestre y sus principales medidas de manejo. *Revista EIA*, 5. <https://doi.org/10.24050/reia.v9i17.452>
- Balbi, M., Petit, E. J., Croci, S., Nabucet, J., Georges, R., Madec, L., & Ernoult, A. (2019). Ecological relevance of least cost path analysis: An easy implementation method for landscape urban planning [Relevancia ecológica del análisis de caminos de bajo costo: Un método de implementación fácil para la planificación urbana del paisaje]. *Journal of Environmental Management*, 244(April), 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.04.124>
- Bamford, M., & Calver, M. (2014). A precise definition of habitat is needed for effective conservation and communication [Se necesita una definición precisa de hábitat para la conservación y comunicación efectiva]. *Australian Zoologist*, 37(2), 245–247. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.08.005>
- Barrientos, V. (2013). Petrología. *Universidad de A. Coruña*.
- Beier, P., Majka, D. R., & Newell, S. L. (2009). Uncertainty analysis of least-cost modeling for designing wildlife linkages [Análisis de incertidumbre del modelado de menor costo. para diseñar enlaces de vida silvestre]. En *Ecological Applications* (Vol. 19).
- Belousov, V. (1974). *Geología Estructural* (2nd ed.; V. Llanos, Ed.).

- Bennett, A. F. (1998). Enlazando el paisaje : El papel de los corredores y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. *IUCN*, 309.
- Blandón, A. (2002). *Principios de Estratigrafía* (Universidad Nacional de Colombia).
- Bonilla, L., & Huiguera, I. (2016). *¿Parques de papel? Áreas protegidas y deforestación en Colombia*.
- Borja, C., Florin, M., & Camacho, A. (2012). *Lagos y humedales de interior*.
- CAM - Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena. (2020). Cerro Páramo de Miraflores “Rigoberto Urriago.” Recuperado Mayo 6, 2020, de <https://www.cam.gov.co/2-principal/238-cerro-paramo-de-miraflores-“rigoberto-urriago”>.html
- Campoblanco, H., & Gomero, J. (2000). La importancia de los ríos en el entorno ambiental. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 3(5).
- Cárdenas-Vargas, L., Santofimio-Celis, L., Correa-Munera, M., & Paez-Olaya, C. (2012). Estado actual del sistema departamental de áreas protegidas SIDAP- Caquetá Colombia. *Momentos de Ciencia*, 9(2), 162–175.
- Castro-Sanguinetti, G. (2011). *Efecto del mercurio en los peces y la salud pública en el Perú*.
- Castro, H., Múgica, M., Fernández, J., Martínez, C., Sastre, P., Antonio, J., & Montes, C. (2001). La fragmentación del paisaje como principal amenaza a la integridad del funcionamiento del territorio. En *Integración territorial de espacios naturales protegidos y conectividad ecológica en paisajes mediterráneos*.
- CDB - Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2018). *Protected areas and other effective area-based conservation measures [ Áreas protegidas y otras medidas efectivas de conservación basadas en áreas]*.
- CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe, & Patrimonio Natural. (2013). La región amazónica Escenarios: Amazonia posible. *Fondo Para La Biodiversidad y Áreas Protegidas (Colombia)*, 256.
- Cifuentes, E., Ramírez, M., León, J., Galvis, N., Vargas, S., & Stevenson, P. (2013). Dieta de los churucos colombianos (*Lagothrix lagothricha lugens*) en relación con la productividad de frutos en el Parque Nacional Natural Cueva de Los Guácharos. En T. Defler, P. Stevenson, M. Bueno, & D. Guzmán-Caro (Eds.), *Primates Colombianos en Peligro de Extinción* (pp. 294–312). Bogotá, D.C.: Asociación Primatológica Colombiana.
- Ciro Rodríguez, E. (2018). “Ni guerra que nos mate, ni paz que nos oprima”: incursión petrolera y defensa del agua durante las negociaciones y la firma de la paz en el sur de Colombia. *Colombia Internacional*, 93, 147–178. <https://doi.org/10.7440/colombiaint93.2018.06>
- Ciuffoli, L. (2017). *Estudio de la conectividad del paisaje en zonas antrópicas : análisis del papel de un sistema lagunar de gravera restaurada y de distintos escenarios de restauración ecológica utilizando a la nutria ( Lutra lutra ) como especie indicadora*. Universidad de Alcalá, Universidad Complutense Madrid, Universidad Rey Juan Carlos, Universidad Politécnica de Madrid.
- Clerici, N., Salazar, C., Pardo-Díaz, C., Jiggins, C. D., Richardson, J. E., & Linares, M. (2019). Peace in

Colombia is a critical moment for Neotropical connectivity and conservation: Save the northern Andes-Amazon biodiversity bridge [La paz en Colombia es un momento crítico para la conectividad y la conservación neotropicales: salvar el puente de bi. *Society for Conservation Biology, Conservation Letters*, 12(1). <https://doi.org/10.1111/conl.12594>

- CNMH - Centro Nacional de Memoria Histórica. (2018). Caquetá – Meta- Recorridos por los paisajes de la violencia en Colombia. Recuperado Abril 23, 2020, de <http://www.centrodememoriahistorica.gov.co/micrositios/recorridos-por-paisajes-de-la-violencia/caqueta.html>
- Cohen, K. M., Finney, S. C., Gibbard, P. L., & Fan, J. . (2018). The ICS International Chronostratigraphic Chart. [Tabla cronoestratigráfica Internacional] (actualizada). Recuperado Abril 27, 2020, de <http://www.stratigraphy.org/ICSchart/ChronostratChart2018-08Spanish.pdf>
- Colorado, G., Vásquez, J., & Mazo, I. (2017). Modelo de conectividad ecológica de fragmentos de bosque andino en Santa Elena (Medellín, Colombia). *Acta Biol. Colomb.*, 22(3), 379–393. <https://doi.org/10.15446/abc.v22n3.63013>
- Comunidad del resguardo Itilla. (2015). *Plan de Vida Arubu Mari Jokarire Itilla “Cacuri de la vida presente futuro”* . Municipio de Calamar.
- Comunidad Murui - Muinane, C. y N. (2008). *Plan De Vida Pueblos Murui-Muinane Corebaju Y Nasa Jurisdiccion Acilapp*.
- Congreso de Colombia. (3, agosto, 1994). *Artículo 79. Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino. [Ley 160 de 1994]*
- [Const.]. *Constitución Política de Colombia.* , Pub. L. No. Artículo 93 (1991).
- Cordoba, J. B. (1957). *El Caquetá*. Recuperado de [www.sogeocol.edu.co](http://www.sogeocol.edu.co)
- Corpoamazonia - Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia. (2011). *Caracterización ambiental plan departamental de agua departamento de Caquetá*.
- Corpoamazonia - Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia. (2012a). *Hidrografía Amazonas*. Recuperado de [http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Jur\\_Hidrografia.htm](http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Jur_Hidrografia.htm)
- Corpoamazonia - Corporación para el Desarrollo Sostenible del Sur de la Amazonia. (2012b, September 12). *Actividades Productivas de Caquetá*. Recuperado April 25, 2020, de [http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Jur\\_Actividades.htm](http://www.corpoamazonia.gov.co/region/Jur_Actividades.htm)
- Correa- Ayram, C. A. (2017). La huella espacial humana en la conectividad del paisaje e identificación de áreas importantes para su conservación. *Global Online Seminar Series in Biodiversity Informatics*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.14541.03044>
- Correa-Ayram, C. A. (2012). *Análisis del cambio en la conectividad del paisaje (1975-2008) de la cuenca del lago Cuitzeo, Michoacán, México como marco para la identificación de escenarios de conservación*.
- Cortes, A. (2018). *Resguardos Indígenas en la conservación: territorios en traslape*.
- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2009). *Conceptos básicos*.

- DANE - Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 - Colombia, Departamento (18)Caquetá. Recuperado de <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#/>
- De La Ossa, V., De La Ossa-Nadjar, O., & Medina-Bohórquez, E. (2015). Atropellamiento de fauna silvestre. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 7(1), 109–116. <https://doi.org/10.24188/recia.v7.n1.2015.430>
- Del Pozo, C. (2014). El paisaje como sistema dinámico: una inspiración para la ciudad contemporánea. *Ciudad y Territorios: Estudios Territoriales*, 48(180), 241–252.
- Díaz-Granados, M., Navarrete, J., & Suárez, T. (2005). *Páramos: Hidrosistemas Sensibles*.
- Dickson, B. G., Albano, C. M., McRae, B. H., Anderson, J. J., Theobald, D. M., Zachmann, L. J., Sisck, T. D., Dombeck, M. P. (2016). Informing Strategic Efforts to Expand and Connect Protected Areas Using a Model of Ecological Flow, with Application to the Western United States [Informar esfuerzos estratégicos para expandir y conectar áreas protegidas utilizando un modelo de flujo ecol. *Conservation Letters*, 10(5), 564–571. <https://doi.org/10.1111/CONL.12322>
- Domínguez, J. (2015). Manual de metodología de la Investigación Científica. *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*, 120.
- Duivenvoorden, J. F., Lips, J. M., Palacios, P. A., & Saldarriaga, J. G. (1988). Levantamiento ecológico de parte de la cuenca del medio Caquetá en la amazonía colombiana. *Colombia Amazónica*, 3(1), 7–38.
- Durango, A. (2016). *Relación entre infraestructura vial y desarrollo económico en los municipios de Antioquia: aplicación espacial*. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
- Espigares, M., & Pérez, J. A. (1995). Aguas residuales, Composición. En *Aspectos sanitarios del estudio de las aguas*.
- Etherington, T. R. (2016). Least-cost modelling and landscape ecology: concepts, applications, and opportunities [Modelado de menor costo y ecología del paisaje: conceptos, aplicaciones, y oportunidades]. *Current Landscape Ecology Reports*, 1(1), 40–53. <https://doi.org/10.1007/s40823-016-0006-9>
- Etter, A. (1991). Introducción a la Ecología del Paisaje: un marco de integración para los levantamientos ecológicos. *Landscape Ecology*, 32(3), 25–56. <https://doi.org/10.13140/2.1.4464.5121>
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para alimentación y agricultura. (1965). *Los Suelos de los Llanos Orientales*.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para alimentación y agricultura. (1996). Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas. En *Ecología y Enseñanza*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/w1309s/w1309s00.htm#TopOfPage>
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para alimentación y agricultura. (2008). *Base referencial mundial del recurso suelo, un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-a0510s.pdf>
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para alimentación y agricultura. (2018). *Progresos en el*

*nivel de estrés hídrico: valores e referencia muniales para el indicaor 6.4.2 de los ODS.*

- FAO - Organización de las Naciones Unidas para alimentación y agricultura, & ANT - Agencia Nacional de Tierras. (2019). *Las Zonas de Reserva Campesina, Retos y Experiencias Significativas en su Implementación*. Recuperado de [www.fao.org/publications/es](http://www.fao.org/publications/es)
- Franco, F. (2013). Presiones, Impactos y Efectos Antrópicos sobre los Ríos. En *Boletín Ambiental, IDEA - Instituto de Estudios Ambientales*. Manizales.
- Fundación Equilibrio. (2009). Amenazas y Presiones. *Escuela Para La Conservación Del Piedemonte Andino-Amazónico*, 105.
- García, A. (2015). *Ingeniería de Aguas Residuales. 1*.
- García, M. (2012). *La hidrosfera. El ciclo del agua en el planeta*.
- Gasca, A. (2019). *Programa de Gobierno Pacto Social por el Desarrollo del Caquetá*.
- Godínez-Gómez, O., & Correa-Ayram, C. A. (2020, April 13). *OscarGOGO/Makurhini: An R package for analyzing landscape connectivity (v1.0.0). [Makurhini: un paquete R para analizar la conectividad del paisaje (v1.0.0)]*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.3749434>
- Gómez, A. (2008). El paisaje como sistema visual y holístico: Propuesta metodológica para la sostenibilidad de la calidad visual ambiental, experimentada en Manizales, ciudad andina colombiana. *Ateliê Geográfico*, 2(2), 1–17.
- Gómez, F. (2017, June 12). *Woolly Monkey - Mono lanudo de Humboldt - Churuco - Lagothrix lagotricha [Foto]*. Recuperado de <https://www.flickr.com/photos/fredygomez/35141483751/in/photostream/>
- Gómez, J., Nivia, Á., Montes, N., Almanza, M., Alcárcel, F., & Madrid, C. (2015). *Notas explicativas: Mapa Geológico de Colombia*. Recuperado de [https://www2.sgc.gov.co/ProgramasDeInvestigacion/Geociencias/Documents/Producto Mapa Geologico Colombia/02\\_Gomez-et-al-2015\\_Notas-explicativas\\_Mapa-Geologico-de-Colombia.pdf](https://www2.sgc.gov.co/ProgramasDeInvestigacion/Geociencias/Documents/Producto%20Mapa%20Geologico%20Colombia/02_Gomez-et-al-2015_Notas-explicativas_Mapa-Geologico-de-Colombia.pdf)
- Gómez, L. L. (2019). *La gestión ambiental en el Programa de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) de la Cuenca del Caguán y el Piedemonte Caqueteño*. Bogotá, D. C.
- González-Delgado; Tania Marisol. (2016). Movimiento de Tapirus terrestres en la parte media del Río Caquetá-Amazonía Colombiana. *Biología*.
- Gonzales, F. D. L., & Etcheverts, J. (1999). *Materia orgánica en el suelo y disponibilidad de nitrógeno. 1*. Recuperada de [https://www.researchgate.net/publication/278726976\\_Materia\\_organica\\_en\\_el\\_suelo\\_y\\_disponibilidad\\_de\\_nitrogeno](https://www.researchgate.net/publication/278726976_Materia_organica_en_el_suelo_y_disponibilidad_de_nitrogeno)
- Gonzales, M. (2007). *Dispersión de semillas por micos churucos (lagothrix lagothricha) en la estación biológica caparú (Vaupés, Colombia)*. Universidad de Los Andes, Bogotá, D.C.
- Gray, C. L., Hill, S. L. L., Newbold, T., Hudson, L. N., Boirger, L., Contu, S., ... Scharlemann, J. P. W. (2016). Local biodiversity is higher inside than outside terrestrial protected areas worldwide [La biodiversidad local es más alta adentro que fuera de las áreas protegidas terrestres de todo el mundo]. *Nature Communications*, 7(12306). <https://doi.org/10.1038/ncomms12306>

- Gualy-Montealegre, L., Herrera-Valencia, W., & Osorio-Monar, J. (2013). *Turismo de Naturaleza, oportunidad para las comunidades de la región Amazónica*. Florencia-Caquetá.
- Gurrutxaga, M., & Lozano, P. J. (2008). Ecología del Paisaje. Un marco para el estudio integrado de la dinámica territorial y su incidencia en la vida silvestre. *Estudios Geograficos*, 69(265), 519–543. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.0427>
- Herrera, J. M. (2011). El papel de la matriz en el mantenimiento de la biodiversidad en hábitats fragmentados. De la teoría ecológica al desarrollo de estrategias de conservación. *Ecosistemas*, 20(2), 21–34.
- Herrera, P., & Díaz, E. (2013). Ecología del paisaje, conectividad ecológica y territorio: Una aproximación al estado de la cuestión desde una perspectiva técnica y científica. En L. Santos y Ganges, P. Herrera, & J. Cuenca (Eds.), *Planificación espacial y conectividad ecológica: los corredores ecológicos* (Vol. 1, pp. 43–70).
- Hoorn, C., Wesselingh, F. P., Ter Steege, H., Bermudez, M. A., Mora, A., Sevink, J., ... Antonelli, A. (2010, November 12). Amazonia through time: Andean uplift, climate change, landscape evolution, and biodiversity [ Amazonía a través del tiempo: elevación andina, cambio climático, evolución del paisaje y biodiversidad]. *Science*, Vol. 330, pp. 927–931. <https://doi.org/10.1126/science.1194585>
- IAvH - Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2006). Caracterización de la biodiversidad, proceso corredor biológico entre los PNN Puracé y cueva de los Guácharos (Huila), Colombia. En *Repositorio Institucional de Documentación Científica Humboldt*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- IAvH - Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, & Fundación Natura. (2019). *Voces de la gestión territorial: estrategias complementarias para la conservación de la biodiversidad en Colombia* (23rd ed.; C. Matallana, A. Areiza, A. Silva, S. Galán, C. Solano, & A. Rueda, Eds.). Bogotá, D. C.
- Ibáñez, S., Gisbert, J. M., & Moreno, H. (2011). *Oxisoles*. Recuperado de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/13598/Oxisol.pdf>
- IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (1997). Coberturas De La Tierra. Recuperado Abril 23, 2020, de <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/coberturas-tierra>
- IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2010). *Estudio Nacional del Agua 2010*. Bogotá, D.C.
- IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2015a). *Clasificación de los climas, Caldas-Lang*. Recuperado de <http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/clima-text.pdf>
- IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2015b). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá, D. C.
- IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2017). *Resultados Monitoreo de la Deforestación 2017*.
- IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2018). *Resultados Monitoreo de la Deforestación 2018*.

- IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2019a). *Boletín Detección Temprana de Deforestación: Cuarto trimestre (Octubre-Diciembre)*. Recuperado de [www.ideam.gov.co](http://www.ideam.gov.co)
- IDEAM - Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2019b). *Estudio Nacional del Agua 2018*. Bogotá, D. C.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2010). *Especificaciones técnicas cartografía básica anexo 3 clasificación de campo para elementos geográficos*.
- IGAC - Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2013). *Estudio Semidetallado de Suelos: departamento del Quindío* (J. Nieto, D. Oviedo, J. Duarte, G. Álvarez, A. Olaya, M. Camacho, M. Cubillos, E. Ochoa, N. Barrigarujillo, K, Eds.). Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Isaacs-Cubides, P., Trujillo, L., & Jaimes, V. (2017). Zonificación de alternativas de conectividad ecológica, restauración y conservación en las microcuencas Curubital, Mugroso, Chisacá y Regadera, cuenca del río Tunjuelo (Distrito Capital de Bogotá), Colombia. *Biota Colombia*, 18(1), 70–88.
- Jaramillo, U., Cortés-Duque, J., & Flórez, C. (2015). Colombia Anfibia. Un país de humedales. Volumen 1. En *Colombia Anfibia. Un país de humedales* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Juffe-Bignoli, D., Burgess, N. D., Bingham, H., Belle, E. M. S., de Lima, M. G., Deguignet, M., ... Kingston, N. (2014). *Protected Planet Report [Informe Planeta Protegido]*. Cambridge, UK.
- Kabata-Pendias, A., & Szteke, B. (2015). *Trace Elements in Abiotic and Biotic Environments [Oligoelementos en ambientes abióticos y bióticos]*. Taylor & Francis Group.
- Kaewkhammul, A. (s.f.). jaguar on black background and jaguar on white background.[Figura] Recuperado Abril 24, 2020, de <https://www.shutterstock.com/es/image-photo/jaguar-on-black-background-white-446564416>
- Kattan, G., & Naranjo, L. G. (2008). Especies focales. En *Regiones biodiversas: elementos para la planificación de Sistemas Regionales de Áreas Protegidas*.
- Krosby, M., Tewksbury, J., Haddad, N., & Hoekstra, J. (2010, December). Ecological connectivity for a changing climate [Conectividad ecológica para un clima cambiante]. *Conservation Biology*, Vol. 24, pp. 1686–1689. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01585.x>
- Lalana, J. L. (2010). Las zonas de amortiguamiento.
- Lamprea, F. A. (2017). *Zonificación de las coberturas de la tierra mediante la aplicación de herramientas SIG para la revisión y ajuste del P.O.T en el marco del crecimiento urbano y la conurbación norte: casco municipio de Zipaquirá*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, D. C.
- Lemming, L. F. (2016). *Least-Cost Modelling: A potential tool for mapping ecological corridors in*

*danish municipalities? [Modelado de Menor Costo: Una herramienta potencial para mapeo de corredores ecológicos en municipios daneses?].*

- Londoño, J. C., & Arroyave, E. R. (2008). *Valoración cultural del uso e importancia de la fauna silvestre en cautiverio a partir de la visión de la comunidad educativa de los barrios el edén, el cardal y corales del municipio de Pereira, Risaralda*. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira.
- Lozano, J. (2019, May 1). El paisaje como elemento integrador de fenómenos geográficos. *Revista de Geografía Norte Grande*, Vol. 72, pp. 5–7. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022019000100005>
- MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Régimen de usos y administración de las reservas forestales protectoras nacionales*. Bogotá, D.C.
- MADS - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Marco Conceptual SINAP, Visión 2020-2030*.
- Marín, J. (2018). Patrimonio mundial, una declaración que deja en riesgo la Serranía del Chiribiquete. *Semillas*, 71/72, 60–62. Recuperado de [www.semillas.org.co](http://www.semillas.org.co)
- Martínez-Ardila, N., López-Salgado, H., Samacá-Torres, W., Vargas-Tejedor, S., & Vargas-Hernández, W. (2017). Elaboración de la leyenda geomorfológica nacional aplicada a los levantamientos de suelos, metodología IGAC. *Tecnologías de La Información Para La Consolidación Ambiental y Productiva Del Territorio*, 17–24.
- Martínez, C., Múgica, M., Castell, C., & de Lucio, J. (2009). *Conectividad Ecológica y Áreas Protegidas. Herramientas y Casos Prácticos* (Monografía 02; FUNGOBE-Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernaldez para los espacios naturales, Ed.). Barcelona, España: EUROPAC- España.
- Meith, N., & Hulm, P. (2003). V congreso Mundial de Parques de la UICN: Beneficios más allá de las fronteras. *UICN Conservación Mundial*, 34.
- Mendonça, M. (2017). Monzón Sudamericano: la integración de la circulación amazónica y altiplánica y las variabilidades climáticas del altiplano andino chileno. *Diálogo Andino*, 54.
- Meza, D., & Martínez, L. M. (2010). *Análisis Morfométrico de las Cuencas*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Decreto Número 2372 (01 julio 2010). (s.f.).
- Ministerio de Transporte. (2010). *Red fluvial nacional de transporte*.
- Minor, E. S., & Lookingbill, T. R. (2010). A Multiscale Network Analysis of Protected-Area Connectivity for Mammals in the United States [Un análisis de red multiescalar del área protegida Conectividad para mamíferos en los Estados Unidos]. *Conservation Biology*, 24(6), 1549–1558. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2010.01558.x>
- Montoya-Rojas, G. (2011). *La zonificación Ambiental en la cuenca hidrográfica media del río Negro*. Universidad De Salamanca.
- Montoya-Rojas, G. (2018). *Lineamientos epistemológicos para la aplicación de la geografía del suelo* (E. Bernal, Ed.). Bogotá, D.C.: Sociedad Geográfica de Colombia.

- Montoya-Rojas, G., Almario, M., Bello-Escobar, S., & Singh, K. (2019). Analysis of the interrelations between biogeographic systems and the dynamics of the Port-Waterfront Cities: Cartagena de Indias, Colombia [Análisis de las interrelaciones entre los sistemas biogeográficos y la dinámica de las ciudades portuarias: Cartage. *Ocean and Coastal Management*, 30. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105055>
- Montserrat, J. (1985). Forma de una cuenca de drenaje. Analisis de las variables morfométricas que nos la definen . *Revista de Geografía*, 41–68.
- Muñiz, R. (2016). *Biología y conservación del águila harpía (harpia harpyja) en Ecuador*. Universidad de Alicante.
- Mussa, A. (2018, August 13). El hombre que nos contó sobre Chiribiquete . Recuperada May 2, 2020, de WWF pagina web: <https://www.wwf.org.co/?uNewsID=332990>
- Naranjo, L. G. (2017). Paisajes y ecosistemas del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. *Revista Colombiana Amazónica* , 10, 47–54. Recuperado de <https://www.sinchi.org.co/revista-colombia-amazonica-x>
- National Research Council. (1976). Neotropical Primates:Field Studies and Conservation : Proceedings of a Symposium on the Distribution and Abundance of Neotropical Primates [Primates neotropicales: Estudios de Campo y Conservación: Actas de un Simposio sobre la Distribución y Abundancia d. En *Neotropical Primates*. <https://doi.org/10.17226/18666>
- Nuñez, M., Aguelo, E., & Gil, B. (2014). Un análisis descriptivo de la presencia de Mercurio en agua, sedimento y peces de interés socio-económico en la amazonia colombiana. *Revista Colombia Amazónica*.
- Nuñez, M. P., Moreno, P., & López, C. (2014). *Monografía Político Electoral Departamento de Caquetá 1997-2007*. Bogotá, D.C.
- O’neill, R. (2005). Theory in landscape ecology [Teoría en la ecología del paisaje]. En J. Wiens & M. Moss (Eds.), *Issues and Perspectives in Landscape Ecology* (pp. 23–28). Cambridge University Press.
- Obregón - Biosca, S. (2010). Estudio comparativo del impacto en el desarrollo socioeconómico en dos carreteras: Eix Transversal de Catalunya, España, y MEX120, México. *Economía, Sociedad y Territorio*, 10(32), 301–332.
- Olaya, N., España, H., Rodríguez, P., & Álvarez, M. (2017). Actividades productivas y competitivas para un clúster turístico en Florencia - Caquetá. *Revista FACCEA*, 7(1), 5–11.
- OPIAC - Organización de los Pueblos Indígenas de la Amazonía Colombiana. (2015). La cruzada de los indígenas del Caquetá para preservar su cultura. *Pacifista*. Recuperado de <https://pacifista.tv/notas/la-cruzada-de-los-indigenas-del-caqueta-para-preservar-su-cultura/>
- Ordoñez, F. (2012). *Zonas de reservas campesinas: elementos introductorios y de debate*. Bogotá, D.C.
- Otero, E., Silva, G., & Mosquera, L. (2016). *El Escudo Guayanés en Colombia. Un Mundo Perdido*.

- Pabon-Zamora, L., Bezaury, J., Leon, F., Gill, L., Stolton, S., Groves, A., ... Dudley, N. (2008). Valorando La Naturaleza: Beneficios de las áreas protegidas. *Serie Guía Rápida*, Editor, J. Ervin. Arlington, VA: *The Nature Conservancy*.
- Palacio, D. (2015). Redes, actores y gobernanza desde un enfoque relacional. En *Hojas de ruta. Guías para el estudio socioecológico de la alta montaña en Colombia*.
- Paredes-Leguizamón, G. (2018). Integrando las áreas protegidas al ordenamiento territorial: Caso Colombia. *PNNC y UICN*.
- Payán, E., Moreno, O., Mejía, A., Fonseca, M., & Carlos, V. (2015). *Plan de manejo para la conservación del jaguar (panthera onca) en el Valle del Cauca, Colombia* (1st ed.).
- Payán, E., & Soto, C. (2012). *Los felinos de Colombia* (1st ed.; C. Lasso, Ed.). Bogotá, D.C.: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Instituto de Investigaciones de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt y Panthera Colombia.
- Peña-Venegas, C., & Cardona, G. (2010). *Dinámica de los suelos amazónicos: procesos de degradación y alternativas para su recuperación* (1st ed.). Bogotá, D. C.: Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas –Sinchi Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Piana, R. (2007). Anidamiento y dieta de Harpia harpyja Linnaeus en la Comunidad Nativa de Infierno, Madre de Dios, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 14(1), 211–216.  
<https://doi.org/10.15381/rpb.v7i2.6829>
- Pimto-Zárate, J., & Ojeda-Rodríguez, A. (2019). Protocolo de Manejo Herbario JJ. 1.1. *Grupo de Investigación Biota y Sociedad*, Fundación Trópico Alto, 21.  
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32120.19206>
- PNNC - Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2020a). Parque Nacional Natural Cordillera de Los Picachos. Recuperado de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/parques-nacionales/parque-nacional-natural-cordillera-de-los-picachos-2/>
- PNNC - Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2020b). Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete. Recuperado de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/parques-nacionales/parque-nacional-natural-chiribiquete/>
- PNNC - Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2020c). Parque Nacional Natural Serranía de los Churumbelos. Recuperado de <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/parques-nacionales/parque-nacional-natural-serrania-de-los-churumbelos/>
- PNNC - Parques Nacionales Naturales de Colombia, & FCDS - Fundación para la Conservación y el Desarrollo Sostenible. (2018). *Propuesta de ampliación del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete*.
- PNUMA - Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, & CDB - Convenio sobre la Diversidad Biológica. (s.f.). *Decenio de las Naciones Unidas sobre la Biodiversidad 2011-2020 Viviendo en armonía con la naturaleza*. Recuperado de [www.unccd.int](http://www.unccd.int)
- Posner, J., Bussink, C., Hijmans, R., Delgado, R., Willet, H., Zorogastúa, P., & Cruz, J. (2002). Priorizando áreas para la conservación de suelos en la microcuenca La Encañada.

- Presidencia de la República. (1, julio, 2010). *Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que la conforman y se dictan otras disposiciones. [Decreto 2372 de 2010].*
- Presidencia de la República. (1, octubre, 1996). Artículo 1. [Parágrafo 1] *Zonas de Reserva Campesina. [Decreto 1777 de 1996].*
- Presidencia de la República. (18, diciembre, 1996) *Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente [Decreto 2011 de 1974].*
- Rabinowitz, A., & Zeller, K. A. (2010). A range-wide model of landscape connectivity and conservation for the jaguar, *Panthera onca* (Un modelo de conectividad de paisaje y conservación para el jaguar, *Panthera onca*). *Biological Conservation*, 143, 949–945.
- Rangel, O. (2005). *La biodiversidad de Colombia.*
- RedParques, Proyecto IAPA, & Pronatura México. (2018). Progreso de cumplimiento de la Meta 11 de Aichi en los países de la Redparques: resultados y perspectivas al 2020. *CDB, Proyecto IAPA, Unión Europea, WWF, FAO, UICN, ONU Medio Ambiente. Bogotá, D.C., 46.*
- Reguant, S., & Ortiz, R. (2001). Guía estratigráfica internacional. *Revista de La Sociedad Geológica de España*, 14(4).
- Remelgado, R., Safi, K., & Wegmann, M. (2019). From ecology to remote sensing: using animals to map land cover [De la ecología a la teledetección: usando animales para hacer mapas de la corteza terrestre. *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 6(1), 93–104.  
<https://doi.org/10.1002/rse2.126>
- Ricaurte, L. F., Núñez-Avellaneda, M., Pinilla, M. C., Marín, C. A., VelásquezValencia, A., Alonso, J. C., ... Argüelles, J. H. (2015). *Inventario y tipificación de humedales en la cuenca del río Ortegua, Departamento del Caquetá, Amazonia colombiana.* Bogotá, D.C.
- Richard, Y., & Armstrong, D. P. (2010). Cost distance modelling of landscape connectivity and gap-crossing ability using radio-tracking data [Modelado de distancia de costos de la conectividad de paisaje y capacidad de cruce de brechas utilizando datos de seguimiento de radio]. *Journal of Applied Ecology*, 47, 603–610. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01806.x>
- Rodríguez-Bolaños, A., González-Caro, S., Etter, A., & Stevenson, P. (2013). Modelos predictivos de distribución para los micos atelinos (*Lagothrix* y *Ateles*) en Colombia. En T. Defler, P. Stevenson, M. Bueno, & D. Guzmán-Carom (Eds.), *Primates Colombianos en Peligro de Extinción* (pp. 194–216). Bogotá, D.C.: Asociación Primatológica Colombiana.
- Rodríguez, C., Calvo, J., & Arias, D. (2006). Lavado de nutrientes en plantaciones forestales de *Vochysia ferruginea* Mart. y *Vochysia guatemalensis* Donn. Sm., Sarapiquí, Costa Rica. *Revista Forestal Kurú.*
- Rojas, Y. (2014). La historia de las áreas protegidas en Colombia, sus firmas de gobierno y las alternativas para la gobernanza. En *Sociedad y economía* (Vol. 27, pp. 155–176).
- Romeu, E. (1996). El jaguar. *CONABIO. Biodiversitas*, 7, 1–5.
- Rozas, P., & Figueroa, O. (2006). *Conectividad, ámbitos de impacto y desarrollo territorial: análisis de*

*experiencias internacionales* (División de Recursos Naturales e Infraestructura, Ed.). Santiago de Chile: Naciones Unidas.

- RUNAP - Registro Único Nacional de Áreas Protegidas. (1983). Reserva Forestal Protectora la parte alta de la Cuenca del Río Las Ceibas. Recuperada April 25, 2020, from <https://runap.parquesnacionales.gov.co/area-protegida/432>
- Salaman, P., & Donegan, T. M. (2007). Estudios y Conservación en la Serranía de los Churumbelos-Expediciones Colombia '98 y Proyecto EBA. *Revista de Difusión de Acciones de Conservación de La Biodiversidad En Colombia*. Recuperada de [www.proaves.org](http://www.proaves.org)
- Salazar, C., Riaño, A., Reyes, M., Riaño, U., Castañeda, W., Rubiano, S., & Rodríguez, C. (2019). *Minería Impactos sociales en la Amazonía*. Bogotá, D.C.
- Sandoval, Y. B., & Echandia, C. C. (1986). La historia de la quina desde una perspectiva regional. Colombia, 1850-1882. *Anuario Colombiano de Historia Social y de La Cultura*, 13–14, 153–187.
- SAP - Sociedad Colombiana de Arquitectos Paisajistas. (2010). *¿Qué es la Carta Colombiana del Paisaje?*
- Saura, S. (2013). Conceptos y técnicas para el análisis espacial de datos ecológicos. *Avances En El Análisis Espacial de Datos Ecológicos: Aspectos Metodológicos y Aplicados*, 355.
- Saura, S., Bastin, L., Battistella, L., Mandrici, A., & Dubois, G. (2017). Protected areas in the world's ecoregions: How well connected are they? [Áreas protegidas en las ecorregiones del mundo: ¿qué tan bien conectadas están?]. *Ecological Indicators*, 76, 144–158. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.12.047>
- Saura, S., Bertzky, B., Bastin, L., Battistella, L., Mandrici, A., & Dubois, G. (2018). Protected area connectivity: Shortfalls in global targets and country-level priorities [Conectividad de áreas protegidas: déficit en objetivos globales y prioridades a nivel de país]. *Biological Conservation*, 219, 53–67. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.12.020>
- Saura, S., González, S., & Rosselló, R. E. (2011). Evaluación de los cambios en la conectividad de los bosques: El índice de Área Conexa Equivalente y su aplicación en los bosques de Castilla y León. *Revista Montes*, 106, 15–21.
- Saura, S., & Pascual-Hortal, L. (2007). A new habitat availability index to integrate connectivity in landscape conservation planning: Comparison with existing indices and application to a case study [Un nuevo índice de disponibilidad de hábitat para integrar la conectividad en la planificación. *Landscape and Urban Planning*, 83(2–3), 91–103. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.03.005>
- Serje, M., & Ardila, D. (2017). El Río como Infraestructura: Paisaje y navegación en el río Meta, Colombia. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, 6(1), 95–119. <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2017v6i1.p95-119>
- Serrano, D. (2012). Consideraciones en torno al concepto de unidad de paisaje y sistematización de propuestas. *Estudios Geograficos*, 73(272), 215–237. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201208>
- Shaxson, F., & Barber, R. (2005). Hidrología, arquitectura del suelo y movimiento del agua. En *Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal El significado de la porosidad*

del suelo, FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado de <http://www.fao.org/3/y4690s/y4690s06.htm>

- SINCHI - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. (2007). *Balance anual sobre el estado de los ecosistemas y el ambiente de la Amazonia colombiana 2006*. Bogotá, D.C.
- SINCHI - Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas. (2016). *Síntesis general de la zonificación ambiental y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonia, creada mediante la Ley 2ª de 1959, en la región amazónica colombiana. Informe final del convenio 047 de 2009, 016 de 2010, 185 de 2011, 091 de 2013, 118 d.* Recuperada de [www.sinchi.org.co](http://www.sinchi.org.co)
- Sofrony, C., & Bueno, P. (2018). Avances en el cumplimiento de los aspectos de la Meta 11 de Aichi e los píses del bioma amazónico: resultados finales y recomendaciones. *Proyecto IAPA - Visión Amazónica. REDPARQUES, WWF, FAO, UICN, ONU, Medio Ambiente. Bogotá, D.C., 26.*
- Soil Survey Staff. (2014). Keys to Soil Taxonomy [Claves para la Taxonomía de Suelos]. *USDA-Natural Resources Conservation Service, 12.*
- Solano, M. del M. (2011). *Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua.*
- Stevenson, P., & Guzmán-Caro, D. (2014). Procesos ecosistémicos provenientes del papel de los monos churucos (*Lagothrix lagothricha*) como dispersores de semillas. En T. R. Defler & M. L. Bueno (Eds.), *Primates Colombianos en Peligro de Extinción* (1st ed.). <https://doi.org/10.13140/2.1.1808.9605>
- Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., & Merriam, G. (1999). Connectivity is a vital element of landscape structure [La conectividad es un elemento vital de la estructura del paisaje]. *NCASI Technical Bulletin, 2*(781), 534. <https://doi.org/10.2307/3544927>
- Teichmüller, M. (2003). Organic petrology of source rocks, history and state of the art [Petrología orgánica de rocas fuente, historia y estado del arte]. *Organic Geochemistry, 10*(1–3), 581–599. [https://doi.org/10.1016/0146-6380\(86\)90055-0](https://doi.org/10.1016/0146-6380(86)90055-0)
- Terán, R. (2004). *Harpia harpyja (águila arpía)* [Fotografía] Recuperado de <http://bioteca.biodiversidad.gob.mx/janium/Documentos/4442.pdf>
- Thót, J. (1963). A Theoretical Analysis of Groundwater Flow in Small Drainage Basins [Un análisis teórico del flujo de agua subterránea en pequeñas cuencas de drenaje]. *Geophysical Research, 68.*
- Torrijos, R. (2019). *Cifras de contexto ganadero Caquetá 2019* (Comité Departamental de Ganaderos del Caquetá, Ed.). Recuperada de [https://issuu.com/rafaeltorrijos/docs/contexto\\_2019\\_con\\_portada\\_publicable](https://issuu.com/rafaeltorrijos/docs/contexto_2019_con_portada_publicable)
- UICN - Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. (s.f.). Los Objetivos de Desarrollo Sostenible: hacia el futuro que queremos. En *Integrar las Metas de Biodiversidad de Aichi en los Objetivos de Desarrollo Sostenible.*
- UPRA - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2014). *Presentación institucional.*
- UPRA - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2018). *Página 2 de 61* (Vol. 1; F. Fonseca, D. Rey, & D. Aguilar, Eds.). Bogotá, D.C.

- Urban, D., & Keitt, T. (2001). Landscape Connectivity: A Graph-Theoretic Perspective [Conectividad del paisaje: una perspectiva desde la teoría de grafos]. *Ecology*, 82(5), 1205. <https://doi.org/10.2307/2679983>
- Urban, D. L., Minor, E. S., Treml, E. A., & Schick, R. S. (2009). Graph models of habitat mosaics [Modelo de grafos de mosaicos de hábitat]. *Ecology Letters*, 12(3), 260–273. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2008.01271.x>
- Uribe, S. (2019). Caminos de frontera: espacio y poder en la historia del piedemonte amazónico colombiano. *Historia Crítica*, 73(69–62). <https://doi.org/10.7440/historicrit72.2019.04>
- Vargas-Forero, V., Muñoz- Ceballos, L., García- Baños, A., & Jaramillo- Molina, C. (2019). Modelo con autómatas celulares para analizar la accesibilidad peatonal al interior del campus universitario Meléndez de la Universidad del Valle. *Scientia et Technica Año XXIV*, 24(01), 67–75.
- Vargas, G. (2012). Geología, Geomorfología y Dinámica Fluvial Aplicada a Hidráulica de Ríos. *XX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología*.
- Vásquez, J. L., & Andrade, G. I. (2016). El paisaje protegido, pieza faltante en el Sistema de Áreas Protegidas de Colombia. *Biodiversidad En La Práctica*.
- Vila, J., Varga, D., Llausàs, A., & Ribas, A. (2006). Conceptos y métodos fundamentales en ecología del paisaje (landscape ecology). Una interpretación desde la geografía. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, (48), 151–166. <https://doi.org/72657>
- Von Bertalanffy, L. (1993). General System Theory: Foundations, Development, Applications [Teoría General de Sistemas: Fundamentos, Desarrollo, Aplicaciones]. *Georges Braziller, Inc.*
- Wang, I., Savage, W., & Shaffer, B. (2009). Landscape genetics and least-cost path analysis reveal unexpected dispersal routes in the California tiger salamander (*Ambystoma californiense*) [La genética del paisaje y el análisis de rutas de menor costo revelan rutas de dispersión inesperadas en el tigre de California salamandra (*Ambystoma californiense*)]. *Molecular Ecology*, 18, 1365–1374. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.2009.04122.x>
- Wu, J. (2018). Landscape ecology. En *Encyclopedia of Ecology* (pp. 527–531). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10919-4>
- Wu, J., & Hobbs, R. (2002). Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis [Temas clave y prioridades de investigación en la ecología del paisaje: una síntesis ideosincrásica]. *Landscape Ecology*, 17, 355–365. <https://doi.org/10.1023/A:1020561630963>
- Zenteno Claros, M., Frickmann Young, C., Albuquerque Sant'Anna, A., Aguiar, C., Arenas Wightman, W., Collen, W., ... Yerena Ocando, E. (2016). *La Amazonía y la Agenda 2030*. Panamá.
- Zetterberg, A. (2011). *Connecting The Dots Network: Analysis, Landscape Ecology, And Practical Application*. Royal Institute of Technology (KTH), Stockholm, Sweden.
- Zubelzu, S., & Allende, F. (2015). 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.

## 7. ANEXOS

### *Anexo 1. Tipo de vías con sus características*

<b>Vías</b>	<b>Categoría</b>	<b>Especificaciones</b>	<b>Transito</b>
Tipo 1	2 (dos) o más carriles	Mayor a 5,5 m de ancho	Transitable durante todo el año, con volumen de tráfico que no es mucho menor que su capacidad durante la época de sequía. Se cierra únicamente por condiciones meteorológicas desfavorables.
Tipo 3	1 (un) carril	Entre 2,5 m de ancho y menor de 5,5 m	Transitable durante todo el año, con volumen de tráfico que no es mucho menor que su capacidad durante la época de sequía. Se cierra únicamente por condiciones meteorológicas desfavorables.
Tipo 4	1 (un) carril	Entre 2,5 m de ancho y menor de 5,5 m	Se mantiene abierto al tránsito en épocas de lluvias, pero con mucho menos tráfico que durante tiempo seco. Si se transita mucho durante tiempo de lluvia, se arruinará
Tipo 5	1 (un) carril	Entre 2,5 m de ancho y menor de 5,5 m	Transitable en tiempo seco por toda clase de vehículos.
Tipo 6	Vía natural	Entre 2 m de ancho y menor de 2,5 m	Vía natural de tracción.
Tipo 7	Camino Sendero	Menor o igual a 2 m	Transitada por animales de carga o personas, no son suficientemente anchas para que pasen vehículos de cuatro ruedas.

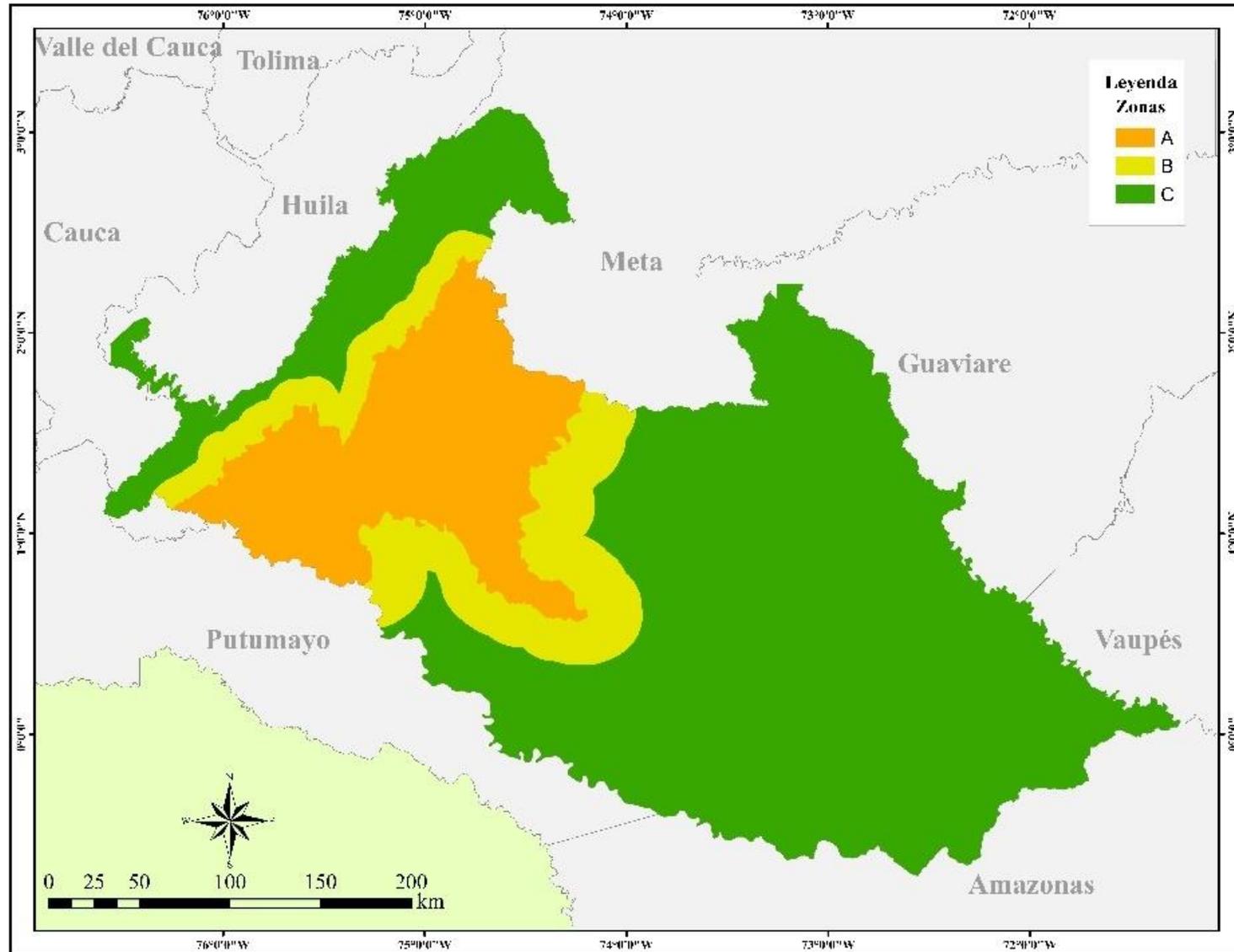
*Fuente:* (IGACi, 2010)

## Anexo 2 Costo promedio de las coberturas en con las especies focales

Cobertura	Jaguar	Mono lanudo gris	Águila arpía	Promedio
Aeropuerto	10	10	8	9
Arbustal	7	10	7	8
Arbustal abierto mesófilo	7	9	7	8
Arbustal denso	5	6	5	5
Arroz	10	10	8	9
Bosques de galería y riparios	1	1	1	1
Bosque denso	1	1	1	1
Bosque denso alto de tierra firme	1	1	1	1
Bosque denso alto inundable heterogéneo	1	1	4	2
Bosque denso bajo de tierra firme	1	1	1	1
Bosque denso bajo inundable	3	1	4	3
Bosque fragmentado	4	6	3	4
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	6	7	4	6
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	4	5	3	4
Cultivos permanentes arbustivos	9	10	9	9
Estanque para acuicultura continental	10	10	9	10
Explotación de hidrocarburos	10	10	10	10
Herbazal	7	10	6	8
Herbazal abierto arenoso	7	10	6	8
Herbazal abierto rocoso	5	10	5	7
Herbazal denso de tierra firme arbolado	5	10	5	7
Herbazal denso de tierra firme con arbustos	6	10	5	7
Herbazal denso de tierra firme no arbolado	7	10	5	7
Herbazal denso inundable arbolado	5	10	5	7
Herbazal denso inundable no arbolado	5	9	7	7
Lagunas, lagos y ciénagas	3	10	7	7
Mosaico de cultivos con espacios naturales	8	9	5	7
Mosaico de cultivos y espacios naturales	8	9	5	7
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	8	9	5	7
Mosaico de pastos con espacios naturales	8	9	5	7
Mosaico de pastos y cultivos	9	10	9	9
Cultivos transitorios	9	10	9	9
Palma de aceite	7	6	8	7
Palmares	3	1	1	2
Pastos arbolados	7	10	7	8
Pastos enmalezados	9	10	9	9
Pastos limpios	9	10	9	9
Ríos	5	10	7	7
Tejido urbano continuo	10	10	10	10
Tejido urbano discontinuo	10	10	10	10
Vegetación secundaria o en transición	3	5	4	4
Zonas arenosas naturales	4	10	6	7
Conas industriales o comerciales	10	10	10	10
Zonas pantanosas	2	10	8	7
Zonas quemadas	6	10	9	8

Elaboración propia

Anexo 3. Zonas A, B y C, sistema Hidrosférico



Elaboración propia

Anexo 4. Parámetros para calificación de coberturas componente agrosistema

Costo	Nivel	Características de cada nivel
1	-	Cuando las actividades retratadas en la cobertura de la tierra coinciden con la vocación
2 entre 2-3	Nivel 1	Se encuentra rastrojos y cultivos agroforestales
4 entre 4-5	Nivel 2	Se encuentra cultivos transitorios y policultivos
6 entre 6-7	Nivel 3	Se encuentra monocultivos
8 entre 8-10	Nivel 4	Se encuentra praderas de origen antrópico
10 entre 8-10	Nivel 5	Corresponde a zonas donde es removida toda o parcialmente la capa vegetal y el suelo queda expuesto dejándolo con muy complicadas posibilidades de recuperación

Coberturas Intervenidoas	Vocación				
	Agrícola	Agroforestal	Conservación	Forestal	Ganadera
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	1	4	4	4	1
Cultivos permanentes arbustivos	-	-	4	-	-
Explotación de hidrocarburos	10	-	-	-	-
Monocultivos extensivos (arroz, palma de aceite)	-	6	-	6	-
Estanques para acuicultura continental	-	6	-	6	-
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	1	1	-	1	1
Mosaico de cultivos y espacios naturales	-	-	4	-	-
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	-	4	4	4	1
Mosaico de pastos con espacios naturales	4	4	4	4	1
Mosaico de pastos y cultivos	1	4	4	4	1
Otros cultivos transitorios	1	4	-	-	-
Pastos arbolados	4	4	4	4	1
Pastos enmalezados	2	2	2	2	2
Pastos limpios	8	8	8	8	1

Fuente: adaptado de Peña-Venegas & Cardona (2010)