

CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.2 MEDIO BIÓTICO

5.2.1 ECOSISTEMAS

5.2.1.1 ECOSISTEMAS TERRESTRES

Fragmentación y conectividad



Transmisora Colombiana
de Energía S.A.S. E.S.P.



COMPLEMENTO DEL ESTUDIO DE
IMPACTO AMBIENTAL- MODIFICACIÓN 2
LICENCIA AMBIENTAL RESOLUCIÓN No.
170 / 2021- INFORMACIÓN ADICIONAL

Proyecto Segundo refuerzo de red
en el área oriental: Línea de transmisión
La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV

UPME 07 2016

TCE-ET2W-GPB00-0003-1

Control de Cambios SMAYD LTDA

FECHA
15/03/2022
03/10/2022

VERSIÓN
V0
VF

DESCRIPCIÓN
Versión Inicial
Versión Final

ELABORADO POR:
Grupo interdisciplinario SMAYD LTDA

REVISADO POR:
A. Fajardo

APROBADO POR:
A. Fajardo

Control de Revisiones TCE

FECHA
03/10/2022

VERSIÓN
V1

DESCRIPCIÓN
Final

ELABORADO POR:
SMAYD LTDA

REVISADO POR:
N. Rojas

APROBADO POR:
TCE S.A.S.

CONTENIDO

5.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	6
5.2	Medio Biótico	6
5.2.1	Ecosistemas	6
5.2.1.1	Ecosistemas terrestres	6
5.2.1.1.7	Análisis de Fragmentación	6
a.	Métricas de clase	12
b.	Métricas de parce	22
c.	Métricas de diversidad de paisaje	23
d.	Conectividad ecológica y contexto paisajístico	25
e.	<i>Conectividad funcional y estructural</i>	<i>32</i>

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 5-1 Clasificación de sensibilidad a la fragmentación de las coberturas en el área de influencia biótica</i>	8
<i>Tabla 5-2. Área de la clase total para las coberturas de análisis</i>	13
<i>Tabla 5-3. Área de la clase media de parches para las coberturas de análisis</i>	14
<i>Tabla 5-4 Número de parches para las coberturas de análisis</i>	16
<i>Tabla 5-5 Promedio de borde para las coberturas de análisis</i>	17
<i>Tabla 5-6 Radio de giro para las coberturas de análisis</i>	19
<i>Tabla 5-7 Formas de fragmentos según el índice de formas</i>	20
<i>Tabla 5-8 Índice de forma para las coberturas de análisis</i>	20
<i>Tabla 5-9 Índice de dimensión fractal para las coberturas de análisis</i>	22
<i>Tabla 5-10 Distancia euclidiana al vecino más cercano para las coberturas de análisis</i>	23
<i>Tabla 5-11 Índice de diversidad del paisaje para las coberturas de análisis</i>	24
<i>Tabla 5-12 Índice de conectividad para las coberturas de análisis</i>	26
<i>Tabla 5-13 Rangos de clasificación del contexto paisajístico</i>	27
<i>Tabla 5-14 Contexto paisajístico de las coberturas de análisis para el año 2009</i>	28
<i>Tabla 5-15 Contexto paisajístico de las coberturas de análisis para el año 2015</i>	29
<i>Tabla 5-16 Contexto paisajístico de las coberturas de análisis para el año 2021</i>	30
<i>Tabla 5-17 Contexto paisajístico de las coberturas de análisis para el escenario con proyecto</i>	31
<i>Tabla 5-18 Superposición ponderada de los raster de entrada</i>	35

INDICE DE FIGURAS

Figura 5-1 Transición de la fragmentación en ecosistemas naturales	6
<i>Figura 5-2 Coberturas naturales sensibles para el año 2009</i>	<i>9</i>
<i>Figura 5-3 Coberturas naturales sensibles para el año 2015</i>	<i>10</i>
<i>Figura 5-4 Coberturas naturales sensibles para el año 2021 sin proyecto</i>	<i>11</i>
<i>Figura 5-5 Coberturas naturales sensibles para el escenario con proyecto</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5-6 Área de clase total para las coberturas de análisis según temporalidad</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5-7 Promedio de área de parches para las coberturas de análisis según temporalidad</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5-8 Número de parches para las coberturas de análisis según temporalidad</i>	<i>16</i>
<i>Figura 5-9 Promedio de borde para las coberturas de análisis según temporalidad</i>	<i>18</i>
Figura 5-10 Parches de igual tamaño y diferente radio de giro	18
<i>Figura 5-11 Radio de giro para las coberturas de análisis según temporalidad</i>	<i>19</i>
<i>Figura 5-12 Índice de forma para las coberturas de análisis según temporalidad</i>	<i>21</i>
<i>Figura 5-13 Índice de dimensión fractal para las coberturas de análisis según temporalidad</i>	<i>22</i>
<i>Figura 5-14 Distancia euclidiana al vecino más cercano para las coberturas de análisis según temporalidad</i>	<i>23</i>
<i>Figura 5-15 Índice de diversidad de paisaje para las coberturas de análisis según temporalidad</i>	<i>24</i>
<i>Figura 5-16 Índice de conectividad para las coberturas de análisis según temporalidad</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5-17 Contexto paisajístico de las coberturas para el año 2009</i>	<i>28</i>
<i>Figura 5-18 Contexto paisajístico de las coberturas naturales para el año 2015</i>	<i>29</i>
<i>Figura 5-19 Contexto paisajístico de las coberturas naturales para el año 2021</i>	<i>30</i>
<i>Figura 5-20 Contexto paisajístico de las coberturas naturales para el escenario con proyecto</i>	<i>31</i>
<i>Figura 5-21 Modelo de conectividad funcional empleado</i>	<i>34</i>
<i>Figura 5-22 Ruta de menor costo entre áreas núcleo determinadas en zonas de alta ocupación</i>	<i>36</i>

<i>Figura 5-23 Ruta de menor costo en el área de influencia biótica de la modificación 2</i>	<i>37</i>
<i>Figura 5-24 Área núcleo y ruta de conectividad en el escenario actual.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 5-25 Área núcleo y ruta de menor costo en el escenario con proyecto</i>	<i>39</i>
<i>Figura 5-26 Focos de conectividad conceptual según áreas protegidas</i>	<i>40</i>

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.2 Medio Biótico

5.2.1 Ecosistemas

5.2.1.1 Ecosistemas terrestres

5.2.1.1.7 Análisis de Fragmentación

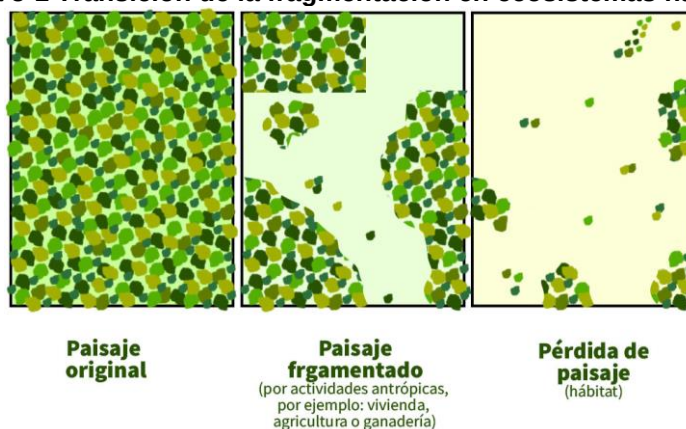
En este capítulo se presentan el análisis de fragmentación y conectividad para el Complemento del Estudio de Impacto Ambiental para la Solicitad de la Modificación No. 2 de Licencia Ambiental otorgada mediante Resolución No. 170 del 15 de enero de 2021 y confirmada mediante Resolución No. 1363 del 04 de agosto de 2021, denominada ahora «Modificación No. 2», perteneciente al Proyecto UPME 07-2016 «Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500 kV», (en adelante el Proyecto).

El proceso de fragmentación ocurre frecuentemente en áreas más accesibles, de topografía poco accidentada y con alta productividad, debido a que son las primeras áreas en ser alteradas e intervenidas para la agricultura, ganadería, asentamientos humanos o extracción forestal (Primack, 1998). En el área de estudio, los procesos de fragmentación se encuentran fuertemente dominados por el patrón de crecimiento de los territorios artificializados como zonas industriales, red vial y tejido urbano.

El crecimiento demográfico, las actividades del desarrollo socioeconómico y la constante demanda de alimento, asociados a los procesos de fragmentación y parcelación del territorio han generado una serie de impactos negativos sobre los ecosistemas naturales, afectando directamente su representatividad ambiental y la biodiversidad de especies silvestres que habitan en estas áreas (Andrade, 2011).

Dichos impactos negativos tienen consecuencias como: pérdida de la cantidad de hábitat, disminución del tamaño medio y el aumento del número de parches de hábitat resultantes, aumento de la distancia entre parches, creación de bordes abruptos o graduales. La fragmentación de bosques puede poner en peligro a las poblaciones de fauna nativa mediante la eliminación de bloques de hábitat continuo o por la degradación de la calidad del hábitat restante para aquellas especies sensibles a un aumento en la cantidad de borde (deMaynadier & Hunter, 1997) como se muestra en la Figura 5-1.

Figura 5-1 Transición de la fragmentación en ecosistemas naturales



Fuente: Adaptado de (Castrejón, 2022).

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

El escenario actual sin proyecto reúne una serie de actividades que han determinado impactos negativos sobre el hábitat de la fauna y flora de la zona. El uso del suelo con fines agropecuarios y la operación de las vías existentes, han determinado la estructura del hábitat a la que naturalmente se asocia la fauna y flora silvestre de la zona, convirtiéndose en un factor limitante para estas especies, pues en la medida que se expanden dichas actividades, se pierde conectividad entre los parches de vegetación natural por los cuales normalmente se desplazan las especies para desarrollar sus actividades ecológicas vitales.

Los ecosistemas naturales de la sabana de Bogotá y en específico los del área de estudio del proyecto asociados a los bosques de la falla del Tequendama, han sido afectados por el desarrollo actividades agropecuarias desde la época de la colonia para producir cereales, verduras y pasto para ganadería (Cárdenas, 2017). La falla geológica del Tequendama está ubicada sobre la vertiente occidental de la cordillera Oriental, en el departamento de Cundinamarca. Es el límite suroccidental de la sabana de Bogotá, se extiende aproximadamente 80 km hacia el noroccidente y es allí donde la sabana cae abruptamente hacia el valle del río Magdalena. Sobre la falla existe una cadena de bosque andino con cierto grado de fragmentación (BirdLife International, 2021) que se convierte en uno de los pocos remanentes de este tipo de bosque en el departamento de Cundinamarca.

En la actualidad la falla del Tequendama presenta una gran heterogeneidad en el uso del suelo, en esta zona hay desde zonas destinadas a la conservación de bosque de niebla, hasta zonas destinadas a plantaciones de eucalipto, hay sectores que tienen ganadería y agricultura, y también hay sectores dedicados a la industria y el comercio (Higuera & Reyes, 2010). Estas actividades económicas de producción representan una amenaza seria para el ecosistema del bosque natural y su posterior goce a largo plazo por parte de la comunidad. Sin embargo, debido a las fuertes pendientes y a la presencia de material rocoso en la zona, hay un buen número de bosques que aún se conservan (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

El estudio de fragmentación se realizó a escala 1:25.000, a partir del mapa de coberturas de la tierra del área para los periodos 2009, 2015 y 2021, generados con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010) y un escenario con proyecto con la implementación de las actividades constructivas ejecutadas. Se utilizaron para el análisis los programas informáticos especializados en SIG: ArcGIS 10.8 ® y Fragstats 4.2 ®. La metodología general para la elaboración y presentación de estudios ambientales (MinAmbiente y ANLA, 2018) indica utilizar las unidades de cobertura vegetal de tipo natural y seminatural presentes en el área de influencia.

Luego de esto, se clasificaron las coberturas de la tierra según su sensibilidad a la fragmentación de ecosistemas, el análisis se realiza a partir de la división en tres (3) categorías: Sensible, cuando la composición y estructura de la unidad es el resultado de procesos naturales, sin que se haya dado intervención y/o en los que la intervención humana ha cesado, para las cuales el análisis de fragmentación puede dar indicios sobre la vulnerabilidad de la unidad a la intervención; No sensible, cuando las características intrínsecas de la unidad son el resultado de la intervención humana y/o no representan unidades de carácter ecosistémicos por su alta intervención, siendo poco importantes para procesos de evaluación de fragmentación; y Neutrales: cuando las unidades corresponden a elementos que no son afectados por procesos de fragmentación. En la [Tabla 5-1](#) se presenta la clasificación de las coberturas del AI biótica de la solicitud de Modificación No. 2.

**Tabla 5-1 Clasificación de sensibilidad a la fragmentación de las coberturas en el área de
influencia biótica**

Código	COBERTURA	ÁREA (ha)	ÁREA (%)	Categoría
1211	Zonas industriales	12,68	2,16%	No sensible
1221	Red vial y terrenos asociados	0,51	0,09%	No sensible
211	Otros cultivos transitorios	15,58	2,65%	No sensible
231	Pastos limpios	152,95	26,06%	No sensible
232	Pastos arbolados	55,64	9,48%	No sensible
233	Pastos enmalezados	9,17	1,56%	No sensible
3111	Bosque denso alto	51,61	8,79%	Sensible
3112	Bosque denso bajo	24,04	4,09%	Sensible
3152	Plantación de latifoliadas	200,86	34,22%	Neutral
3231	Vegetación secundaria alta	57,81	9,85%	Sensible
3232	Vegetación secundaria baja	5,46	0,93%	Sensible
514	Cuerpos de agua artificiales	0,69	0,12%	No sensible
Total general		587,00	100%	-

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Según la clasificación se utilizaron las coberturas de 3.1.1.1 Bosque denso alto, 3.1.1.2 Bosque denso bajo, 3.2.3.1 Vegetación secundaria alta, 3.2.3.2 Vegetación secundaria baja y 3.1.5.2 Plantación de latifoliadas, esta última de categoría neutral pero con importancia ecológica siendo la cobertura vegetal con mayor representatividad en función de área, dando soporte a las demás coberturas naturales siendo superficies aisladas en la mayoría de casos y son muy pequeñas para proteger las poblaciones locales; las especies son incapaces de trasladarse a grandes distancias entre los hábitats relictuales, limitándose a algunos hábitats de pequeño tamaño, que reduce a largo termino las posibilidades de sobrevivencia de una especie en un área (Bogaert, y otros, 2008).

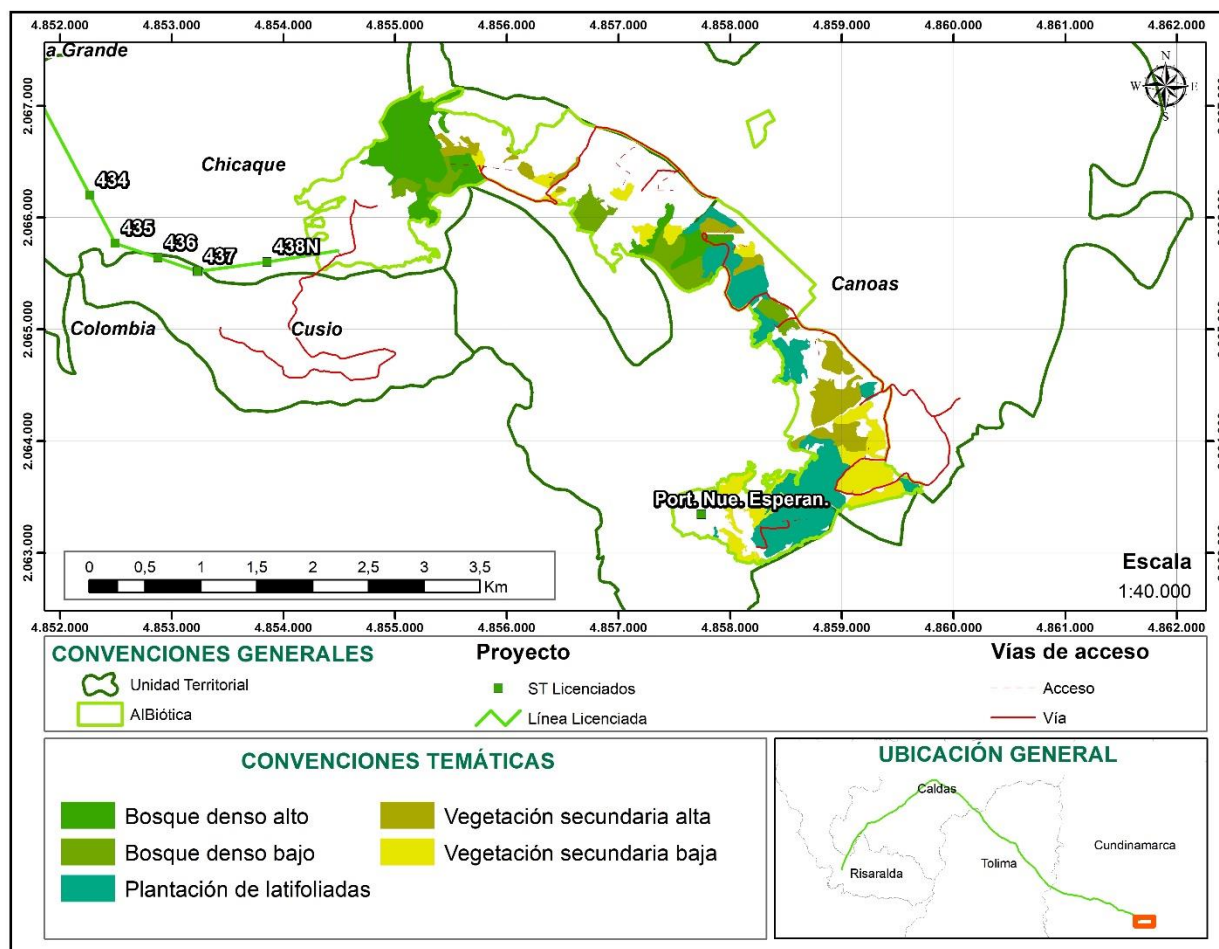
Si bien en la reunión de solicitud de información adicional Acta No. 69 de 2022, se solicita el recalcu de las métricas de fragmentación para las temporalidades 2009, 2017, 2021 sin proyecto y 2021 con proyecto, se decide incluir la temporalidad de 2015 en remplazo a la temporalidad 2017 debido a que se obtuvo acceso a fotografías aéreas de la zona de estudio con mayor resolución espacial de 0,15 m asegurando la interpretación y estandarización de la escala de estudio 1:10.000.

Para el desarrollo del presente análisis se llevaron a cabo la interpretación y geoprocesamiento de fotografías áreas del año 2009 (Sensor ULTRACAM 24603027122009-0049, 24603027122009-0140 y 24603027122009-0141 del 27/12/2009 Resolución espacial (m): 0.3), fotografías aéreas del año 2015 (Sensor ULTRACAM 110010002512122015-0710, 110010002512122015-0711 y 110010002512122015-0712 Resolución espacial (m): 0.15) y para el año 2021 (Imagen Landsat 8 de 3 bandas agosto 2021, resolución de 1,5 m. LANDSAT/LC08/C01/T1/ LC08_044034_20140318). La digitalización de las coberturas se realizó a escala 1:10.000 para todas las temporalidades con un área mínima cartografiada de 0,25 Ha.

En la *Figura 5-2* se muestra las coberturas naturales y seminaturales para la temporalidad del año 2009 en la cual se evidencia la transición de coberturas naturales de vegetaciones secundarias xerofíticas a plantaciones forestales. En general, alrededor de todos los parches de bosques naturales se encuentran asentamientos humanos, con una población local que en su mayoría se dedica a oficios varios, que en algunos casos están relacionados con actividades agropecuarias, y en otro con actividades industriales (Higuera & Reyes, 2010).

Para la temporalidad del año 2009, se registraban aún coberturas naturales de vegetación secundaria pertenecientes a un enclave xerófito del Cerro Canoas. Los fuertes procesos de transformación de los ecosistemas naturales han llevado a la introducción de especies foráneas como Eucalipto (*Eucalyptus globulus*), Acacia Gris (*Acacia melanoxylon*), Acacia Negra (*Acacia decurrens*), ciprés (*Cupressus lusitanica*), liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), entre otras (POMCA, 2017). Estas especies son de común presencia en zonas rurales o suburbanas en el área de estudio, donde confluyen actividades pecuarias, agrícolas y plantaciones forestal productoras - protectoras.

Figura 5-2 Coberturas naturales sensibles para el año 2009

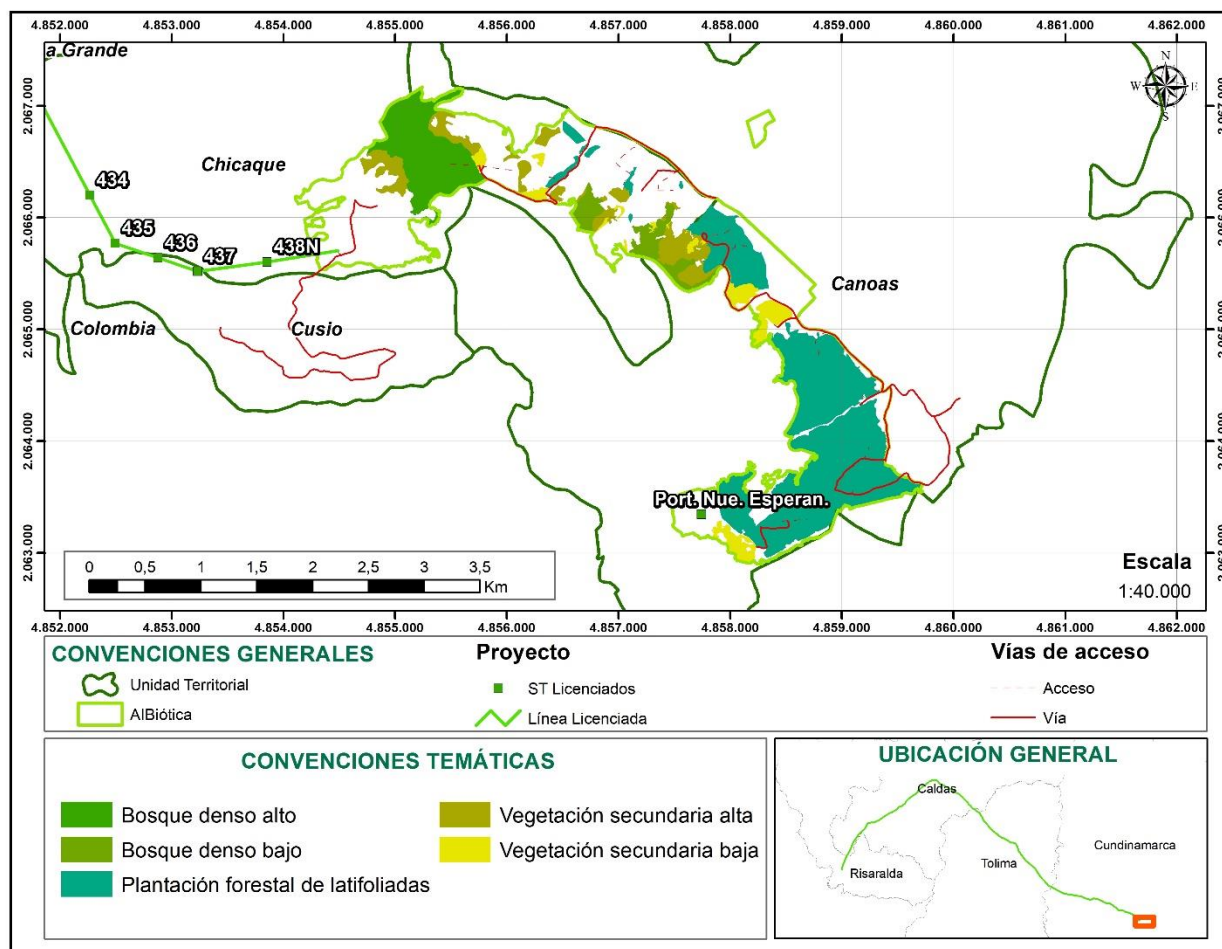


Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

El clima es frío y seco, con una temperatura entre 10 – 15 °C y una precipitación media de 550 mm al año, que genera un déficit hídrico en la mayoría de los meses del año. Estas condiciones se presentan debido a que las laderas occidentales manifiestan un efecto Foehn, fenómeno evidenciado cuando a las masas de aire se les interpone una cadena montañosa, lo cual hace que estas se enfríen y se condensan en una de las laderas de la montaña (Armenta, 2013), mientras que al descender por el otro costado de la montaña se generan corrientes secas con baja humedad y vientos secos (Brinkmann, 1971) (Hoinka, 1985).

Estas condiciones climáticas han propiciado el desarrollo de una vegetación densa y robusta en la vertiente occidental de los cerros del Tequendama y una vegetación xerofítica en la vertiente oriental propia de las zonas secas del altiplano de la sabana de Bogotá, sobre áreas de sustratos predominantemente rocosos y pedregosos, que no retienen humedad. Desde el punto de vista biótico, en estas áreas predominan especies con características xéricas (desarrollo de espinas, agujones o púas), cuya altura no supera los 5 m. En la [Figura 5-3](#) se muestran las coberturas naturales o seminaturales analizadas para el año 2015 en la cual se evidencia el establecimiento de las plantaciones forestales.

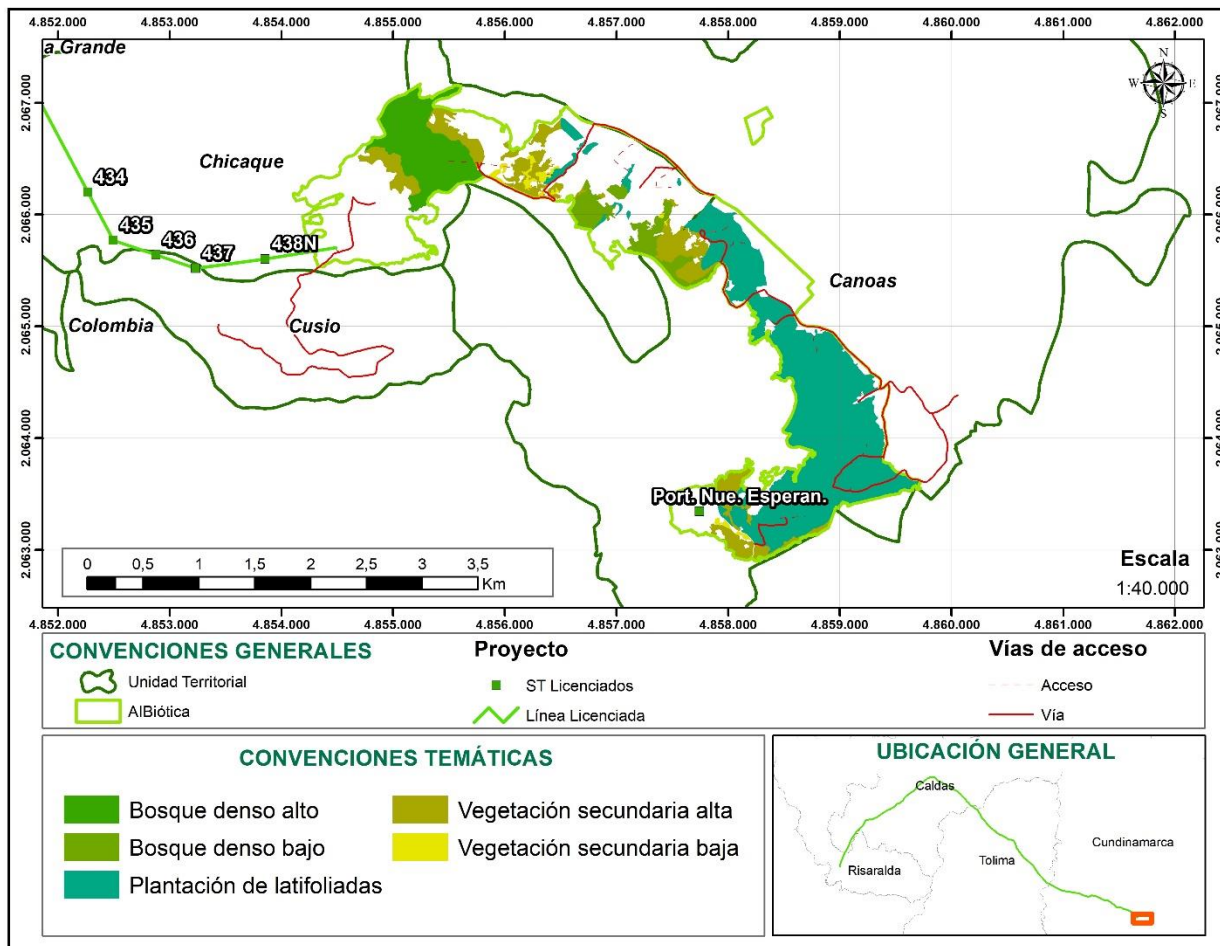
Figura 5-3 Coberturas naturales sensibles para el año 2015



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

En la [Figura 5-4](#) se muestra la delimitación actual de las coberturas naturales y seminaturales sensibles a procesos de fragmentación en la cual se evidencia la consolidación y proliferación de Plantación de latifoliadas, pastos limpios, pastos enmalezados o vegetación secundaria. Estos procesos de transformación debido al avance de la frontera agroindustrial, la extensión de las ciudades y los monocultivos son algunos de los procesos que amenazan la biodiversidad en la sabana de Bogotá (Calderon, 2017).

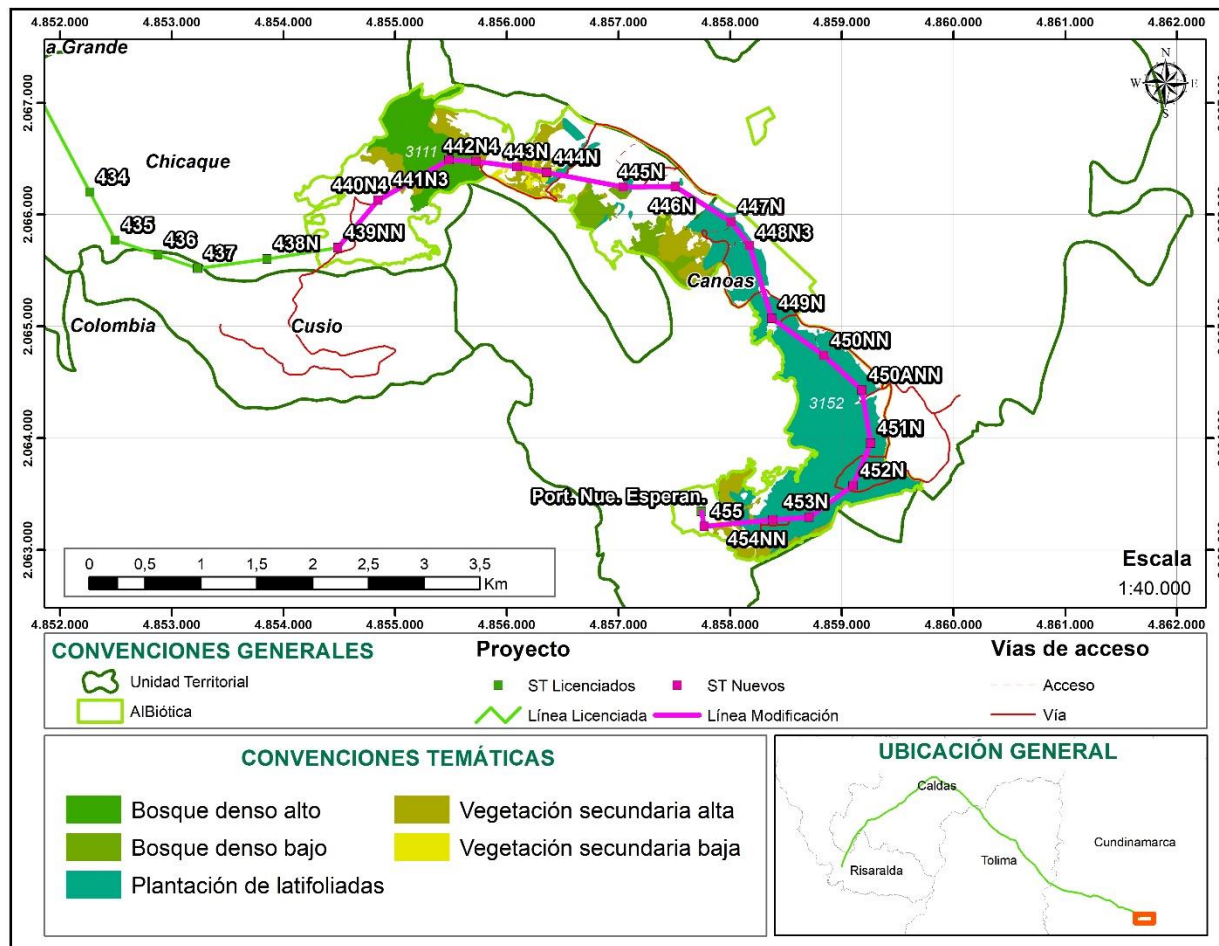
Figura 5-4 Coberturas naturales sensibles para el año 2021 sin proyecto



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Finalmente, en la [Figura 5-5](#) se muestra el escenario con proyecto de las coberturas sensibles con la implementación del proyecto, en donde la mayoría de la infraestructura de torres (12 torres) estará ubicada principalmente en coberturas de Plantación de latifoliadas y pastos, tres (3) en coberturas de vegetación secundaria y/o en transición, y dos (2) en coberturas naturales.

Figura 5-5 Coberturas naturales sensibles para el escenario con proyecto



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

El estudio de la fragmentación se puede abordar desde diferentes aspectos y una de las metodologías más utilizadas es el estudio de métricas del paisaje, la cual corresponde a algoritmos que cuantifican las características espaciales específicas de los parches, las clases de parches o la totalidad de los mosaicos del paisaje (Gustafson, 1998). Todas estas métricas se encuentran agrupadas en dos categorías: la que cuantifica la composición del mapa sin referencia espacial de los atributos, es decir, asociada con la variedad y abundancia de los tipos de parches existentes en el paisaje, pero sin considerar el carácter espacial o la localización de los parches en el mosaico; y la que cuantifica la configuración espacial del mapa requiriendo información espacial para su cálculo (McGarical, 1995).

a. Métricas de clase

La información que aportan estas métricas consiste únicamente en un conjunto de valores numéricos (una parte de ellos con un rango de variación definido), que por sí solos, es decir, en términos absolutos, no tienen un valor determinante. Sin embargo, desde el punto de vista comparativo, los resultados de dichos

índices pueden aportar una información muy valiosa acerca de la evolución y cambios que tienen lugar en un paisaje determinado (Aguilera, 2010).

- Área de clase (CA)

El área de la clase, es una medida analizada en hectáreas de la composición total del paisaje, en las que se incluyen los ecosistemas que contienen características artificiales y naturales. Este cálculo se realizó a partir de la sumatoria de extensión de cada uno de los de las coberturas presentes en la zona de estudio. Por otra en lo que respecta al tamaño medio del parche este representa el promedio del área de los parches contenidos en una clase.

$$TCA = \sum_{j=1}^a a_{ij} \left(\frac{1}{10.000} \right)$$

Dónde: **a_{ij}** = área (m²) del parche; **TCA** = área total analizada, cuando toda ésta consiste de un solo parche del tipo de clase de ecosistema considerado.

En la Tabla 5-2 y en la [Figura 5-6](#) se muestra la relación de clase total para cada una de las coberturas sensibles analizadas para cada temporalidad en la cual se evidencia un cambio negativo para el escenario con proyecto asociado a las labores de aprovechamiento forestal realizadas en cada cobertura, sin embargo, estos cambios son puntuales en comparación del área total de las coberturas.

Para la cobertura de Bosque denso alto (3.1.1.1) se registra un delta negativo de -0,10 Ha con una tasa de cambio de -0,19% del escenario actual al escenario con proyecto, para la cobertura de Bosque denso bajo (3.1.1.2) se presenta un delta negativo de -0,16 Ha con una tasa de -0,67%. Para la cobertura de Plantación de latifoliadas (3.1.5.2) se presenta un cambio negativo de -2,45 Ha con una tasa de -1,22% para el escenario con proyecto; la cobertura de Vegetación secundaria alta (3.2.3.1) se presenta un descenso en área de -0,17 Ha con una tasa de -0,27%, la cobertura de Vegetación secundaria baja presenta un delta de -0,09 Ha con una tasa -0,02%.

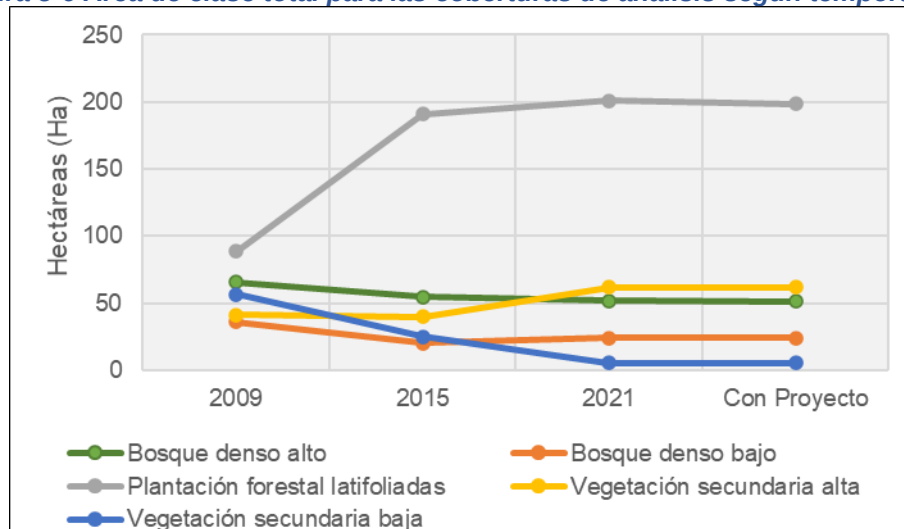
En general para el escenario con proyecto se presenta una pérdida de coberturas naturales de -2,97 Ha con una tasa de decrecimiento de -0,86% sin implementación de ningún tipo de medidas de manejo y/o aplicación de medidas de compensación. Adicionalmente, como se muestra en la Figura 5-6 se ha presentado un aumento considerable de las plantaciones forestales de eucalipto en la zona de estudio como estrategia de reforestación de zonas altas de la cuenca del río Bogotá.

Tabla 5-2. Área de la clase total para las coberturas de análisis

Cobertura	2009	2015	2021	Con Proyecto	Delta	Tasa	Cambio
Bosque denso alto	65,74	54,60	51,61	51,50	-0,10	-0,19%	Negativo
Bosque denso bajo	35,89	20,10	24,04	23,88	-0,16	-0,67%	Negativo
Plantación de latifoliadas	88,41	190,70	200,86	198,41	-2,45	-1,22%	Negativo
Vegetación secundaria alta	41,39	39,71	61,83	61,66	-0,17	-0,27%	Negativo
Vegetación secundaria baja	56,56	25,10	5,46	5,38	-0,09	-0,02%	Negativo
Total	288,00	330,21	343,79	340,83	-2,97	-0,86%	-

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Figura 5-6 Área de clase total para las coberturas de análisis según temporalidad



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Los resultados de esta métrica para cada escenario se consignan en la siguiente Tabla 5-3 y Figura 5-7, en la cual se evidencia un delta negativo para el escenario con proyecto, asociado a las labores constructivas del proyecto, sin embargo, este cambio es menor a una hectárea en todas las coberturas salvo para la cobertura de Plantación de latifoliadas, considerando la instalación de 9 sitios de torre.

Tabla 5-3. Área de la clase media de parches para las coberturas de análisis

Cobertura	2009	2015	2021	Con Proyecto	Cambio
Bosque denso alto	16,45	13,65	51,61	51,50	Negativo
Bosque denso bajo	5,99	10,05	8,01	3,98	Negativo
Plantación de latifoliadas	9,84	15,89	16,74	14,17	Negativo
Vegetación secundaria alta	3,77	2,84	3,86	3,63	Negativo
Vegetación secundaria baja	4,72	1,79	0,55	0,45	Negativo

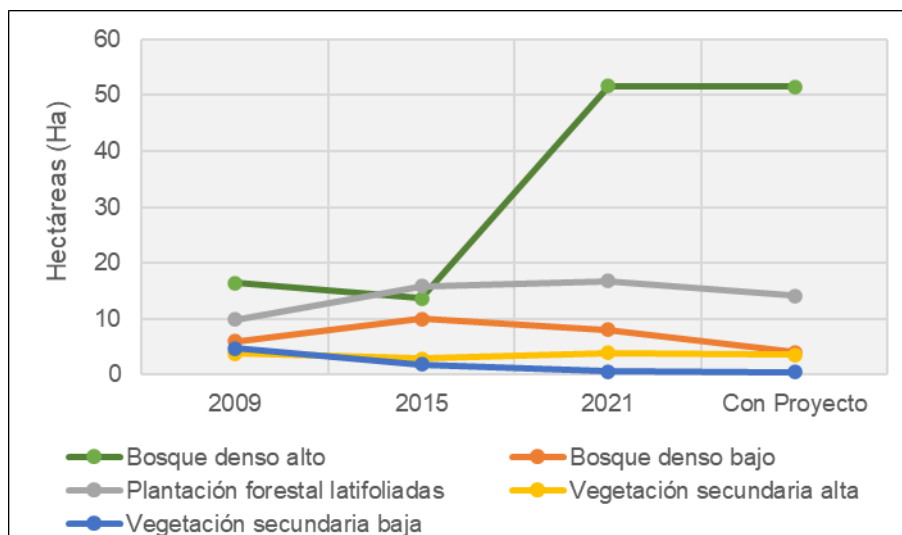
Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

En cuanto al escenario con proyecto, es notorio que, con el desarrollo del proyecto y la necesidad de aprovechamiento forestal, se genera un bajo impacto sobre las clases media de área de los parches en estudio, esto se atribuye principalmente a la reducción de la superficie que ocupa cada una de las coberturas en el área de influencia.

Las coberturas de bosque denso están constituidas por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IDEAM, 2010). A través del análisis realizado se identificó que estos parches se han consolidado en los últimos años con áreas medias más robustas.

En la Figura 5-7 se muestra disminución del área promedio de los parches para el escenario con proyecto en una pequeña proporción (-0,10 Ha) mostrando que los parches más consolidados de bosque denso alto presentarán una tasa de decrecimiento de -0,19%.

Figura 5-7 Promedio de área de parches para las coberturas de análisis según temporalidad



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

- **Número de parches (NP)**

Es una medida de la subdivisión o fragmentación de los parches de una clase de cobertura dada en el área analizada. La variación en el número de parches por clase es importante en diversos estudios ambientales, puesto que a partir de estos se puede inferir sobre el estado de conservación del área y así mismo reconocer, determinar y predecir procesos naturales que ocurren en una zona de interés.

$$NP = n_i$$

Dónde: **NP** = 1 cuando el área analizada contiene sólo un parche del tipo de hábitat considerado; **n_i** = Es igual al número de parches del tipo de hábitat-clase correspondiente. Intervalo: $NP \geq 1$.

El número de fragmentos de un ecosistema es una medida simple de la subdivisión o fragmentación de este. Sin embargo, según lo reportado por (McGarical, 1995), el número de parches de una clase puede ser importante para los procesos ecológicos, aunque con frecuencia tiene un limitado valor interpretativo, dado que no contiene información acerca del área, distribución o densidad de los parches.

El número de fragmentos de una clase determinada se calcula sumando el número de fragmentos en que está dividido un ecosistema en un área de interés. El indicador es 1 cuando el ecosistema o la clase determinada en un tiempo determinado no están fragmentados y aumenta a medida que el ecosistema se fragmenta (IAvH, 2003).

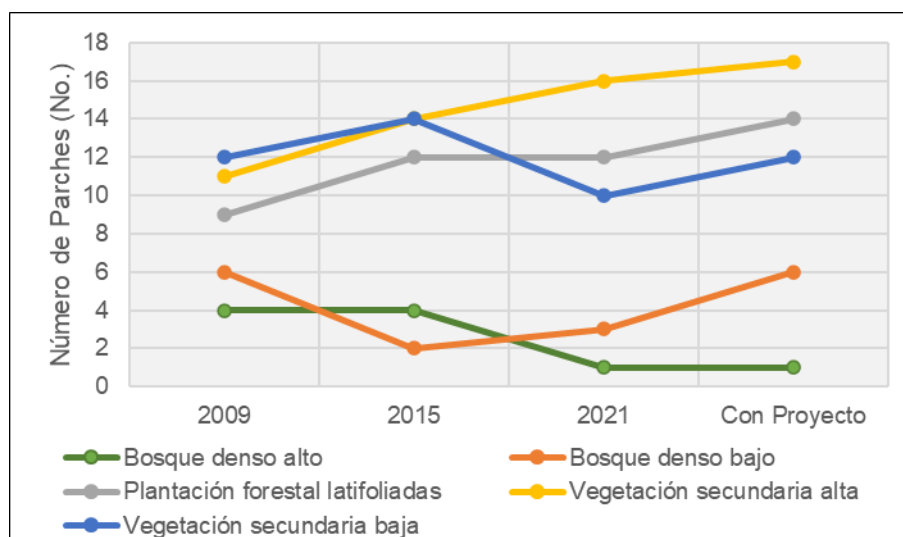
En la Tabla 5-4 y en la Figura 5-8 se muestra el comportamiento de los números de parche en las temporalidades estudiadas, en las cuales se evidencia que la cobertura de bosque denso alto permanecerá consolidado en un solo parche, a diferencia de las coberturas de bosque denso bajo y Plantación de latifoliadas los cuales se generan un número mayor de parches.

Tabla 5-4 Número de parches para las coberturas de análisis

Cobertura	2009	2015	2021	Con Proyecto	Cambio
Bosque denso alto	4	4	1	1	Estable
Bosque denso bajo	6	2	3	6	Negativo
Plantación de latifoliadas	9	12	12	14	Negativo
Vegetación secundaria alta	11	14	16	17	Negativo
Vegetación secundaria baja	12	14	10	12	Negativo

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Figura 5-8 Número de parches para las coberturas de análisis según temporalidad



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

- Densidad promedio de borde (ED)

El borde o ecotono se define como la zona de transición entre hábitats adyacentes, es decir la relación que existe entre la matriz y el parche. Por lo tanto, se tomaron como la zona límite que bordea y mantiene en regulación el intercambio de materia y energía entre los bordes pertenecientes para cada clase de cobertura natural y seminatural existente en el paisaje.

Esta métrica se calculó para conocer si el borde o ecotono fue lo suficientemente grande para sostener los recursos naturales que se encuentran en su interior y así dar permanencia a la vida silvestre. A partir de las diferentes condiciones ambientales procedentes de la matriz circundante o por medio de agentes exógenos bien sean de tipo natural o antrópico, causan un efecto negativo sobre los remanentes boscosos afectando principalmente su estructura y composición (Badii & Landeros, 2007).

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

$$ED = \frac{\sum_{k=1}^m e_{ik}}{A} (10,000)$$

Dónde: **eik**: Equivale a la suma de las longitudes en (m) de todos los segmentos de borde de los fragmentos de la unidad de cobertura de interés; **A**: Área total del paisaje en (m²); **i**: incluye los límites del paisaje y segmentos del tipo de parche.

El estudio del efecto de borde de algunos ecosistemas está enfocado a hábitats que desarrollen un estado vegetativo arbóreo y que ofrezcan amortiguación frente a posibles perturbaciones externas al fragmento. El análisis de borde es utilizado igualmente para definir áreas centrales dado que estas no estarían afectadas por su efecto negativo sobre algunas especies sensibles al efecto borde (Eliano, Somma, & Quintana, 2010).

El promedio de borde es un valor que aumenta con los parches pequeños, tiene relación numérica directa con la fragmentación del hábitat hasta cierto nivel, ya que en caso de que la fragmentación crezca mucho, hasta el punto de que los parches se unan, la densidad de borde puede disminuir debido al incremento de la razón perímetro/área y es precisamente lo que ocurre en el área de estudio, ya que la coberturas de bosque denso alto y vegetación secundaria baja presentaron un menor promedio de borde para el escenario con proyecto (véase la Tabla 5-5 y la Figura 5-9).

Tabla 5-5 Promedio de borde para las coberturas de análisis

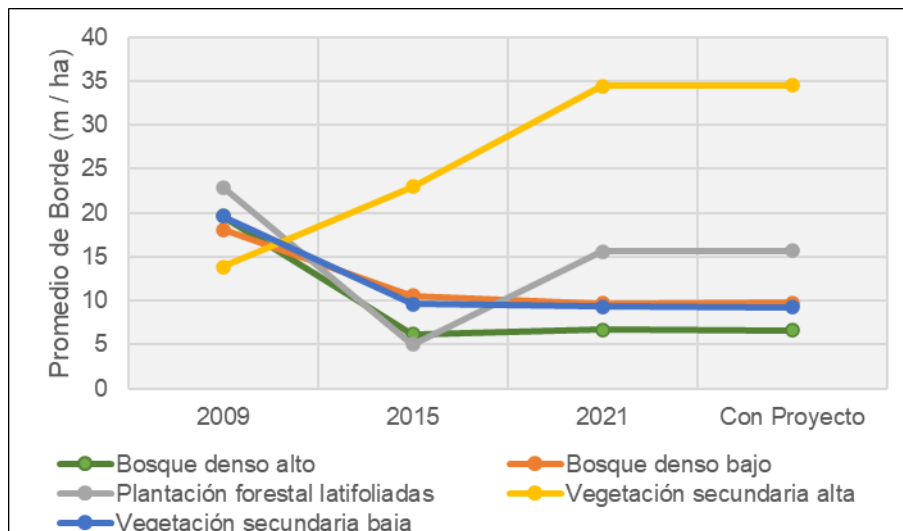
Cobertura	2009	2015	2021	Con Proyecto	Cambio
Bosque denso alto	19,63	6,17	6,67	6,60	Positivo
Bosque denso bajo	18,06	10,56	9,71	9,76	Negativo
Plantación de latifoliadas	22,93	5,05	15,62	15,70	Negativo
Vegetación secundaria alta	13,84	22,98	34,44	34,53	Negativo
Vegetación secundaria baja	19,58	9,62	9,30	9,29	Positivo

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Adicionalmente, en la Figura 5-9 se muestra el comportamiento temporal del promedio de borde de cada una de las coberturas en la cual se evidencia que la mayoría de ellas tienen una menor densidad de borde con el paso del tiempo, asociado principalmente a la consolidación de las coberturas naturales en la zona producto de la implementación de diferentes medidas de conservación, rehabilitación y reforestación asociadas a diferentes áreas protegidas o ecosistemas estratégicos como el Distrito de Manejo Integrado Cerro de Manjui – Tequendama, Reserva forestal productora protectora cuenca alta del Río Bogotá, AICA CO – 180 Bosques de la falla del Tequendama, entre otros.

Se evidencia que la cobertura con mayor efecto de borde es la vegetación secundaria alta con un aumento proporcional según la temporalidad y manteniéndose casi estable en el escenario con proyecto. Es importante mencionar que las coberturas con mayores atributos ecológicos presentan densidad de borde bajos, señalando formas aptas para la consolidación y oferta de hábitats para especies de flora y fauna.

Figura 5-9 Promedio de borde para las coberturas de análisis según temporalidad



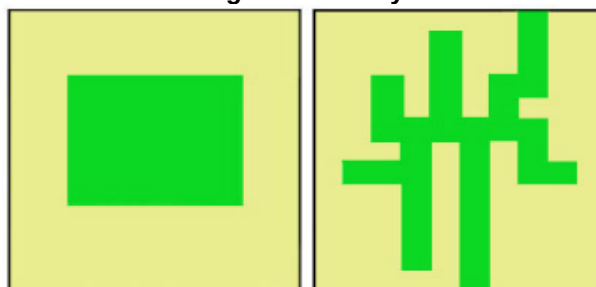
Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

- Radio de giro (Gyrate)

El radio de giro de un parche evalúa la distancia promedio entre todas las zonas del parche con el centroide de este. Puede considerarse un índice de forma o de superficie, ya que es una medida de cuánto se extiende un parche en el mosaico independientemente si lo llena o no. En un parche pequeño el radio de giro es igual a cero (0), al incrementar el área, manteniendo la forma compacta, incrementa el radio de giro; a medida que el parche se aleja de la forma euclidiana manteniendo su área, su radio de giro aumenta.

El radio de giro constituye una medida de conectividad que representa la posibilidad que tiene un parche confinado a ser importante al evaluar la posibilidad de construir corredores de conexión entre grandes parches de ecosistemas naturales (Buzai, 2004). En la Figura 5-10 se ejemplifica la interpretación del radio de giro, el parche de la derecha con mayor radio de giro atraviesa todo el mosaico, aunque su área es igual a la del parche compacto de la derecha con menor radio de giro.

Figura 5-10 Parches de igual tamaño y diferente radio de giro



Fuente: Adaptado de (Buzai, 2004).

El radio de giro de un parche evalúa la distancia promedio entre todas las zonas del parche con el centroide de este. Puede considerarse un índice de forma o de superficie, ya que es una medida de cuánto se extiende un parche en el mosaico independientemente si lo llena o no. En un parche pequeño el radio de giro es igual a cero (0), al incrementar el área, mantenido la forma compacta, incrementa el radio de giro; a medida que el parche se aleja de la forma euclidiana manteniendo su área, su radio de giro aumenta.

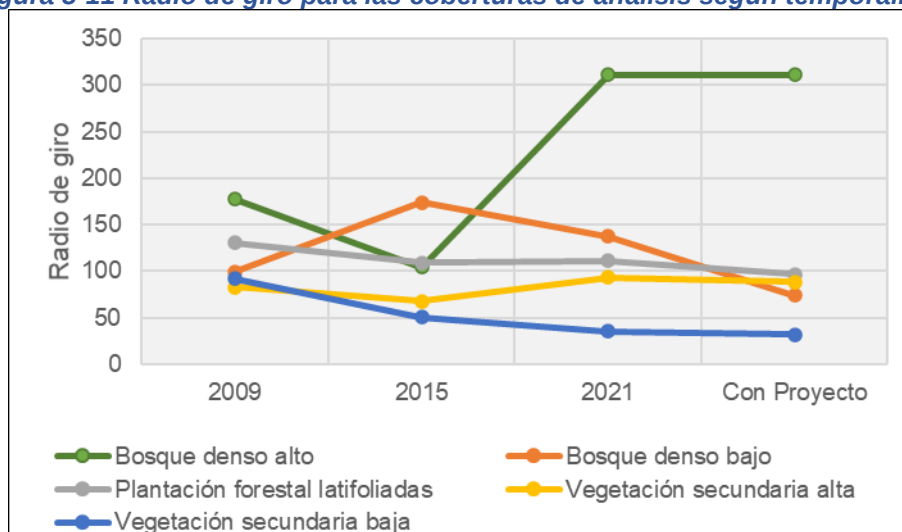
En la Tabla 5-6 y en la Figura 5-11 se muestra el comportamiento del radio de giro según las temporalidades y coberturas analizadas, en donde se evidencia que la cobertura de bosque denso alto tiene un mayor radio de giro en el escenario con proyecto debido a las formas del parche remanente más irregular. Adicionalmente, las coberturas de bosque denso bajo, Plantación de latifoliadas y vegetación secundaria alta tienen un menor radio de giro asociado a los parches regulares que se generan por las actividades de construcción del proyecto.

Tabla 5-6 Radio de giro para las coberturas de análisis

Cobertura	2009	2015	2021	Con Proyecto	Cambio
Bosque denso alto	177,40	104,34	310,72	310,74	Negativo
Bosque denso bajo	99,58	173,51	137,55	73,71	Positivo
Plantación de latifoliadas	130,30	109,18	110,78	96,66	Positivo
Vegetación secundaria alta	82,51	67,50	93,38	88,40	Positivo
Vegetación secundaria baja	91,74	50,54	35,49	31,49	Positivo

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Figura 5-11 Radio de giro para las coberturas de análisis según temporalidad



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

- Índice de forma (MSI)

Para la determinación del grado de fragmentación de las coberturas naturales encontradas, se utilizó el índice de forma calculado por el programa Fragstats®, el cual se establece en la forma en que los fragmentos están distribuidos espacialmente. Los resultados de la ecuación anterior fueron confrontados mediante la tabla de clasificación propuesta por Patton.

Tabla 5-7 Formas de fragmentos según el índice de formas

FORMA	INDICE FORMA
Redondo	$< 1,25$
Oval-redondo	$1,25 < 1,50$
Oval-oblongo	$1,50 < 1,75$
Rectangular	$1,76 < 2$
Amorfo e irregular	> 2

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

El índice de forma muestra la relación área-perímetro ajustada a un círculo, la cual se representa por la suma del perímetro de los parches, dividido por la raíz cuadrada del área del parche (hectáreas) para cada clase determinada (nivel o escala de clase) o para todos los parches en conjunto (escala de paisaje). Cuando el valor del índice de forma es igual o cercano a 1 es porque los parches (polígonos) son circulares y compactos. De acuerdo con (McGarical, 1995), entre más lejos esté de 1, más irregular es la forma.

Las formas compactas son efectivas para proteger los recursos interiores contra los efectos negativos del ambiente exterior; por eso, los fragmentos más alargados son menos efectivos para la conservación de los recursos internos que los fragmentos redondeados. Por esto, en términos de hábitat, los fragmentos con mayor área y con formas más redondeadas son los más aptos para mantener poblaciones de fauna, específicamente, organismos especialistas adaptados a ambientes interiores con menor incidencia de los efectos exteriores, de acuerdo con (Forman, 1998).

En la Tabla 5-8 y en la Figura 5-12 se muestra el índice de forma para cada una de las coberturas analizadas según temporalidad, en este caso no se puede interpretar el delta de cambio como ganancia o pérdida considerando que los valores cercanos a 1 hacen referencia a formas más regulares. En este sentido, se presenta la forma definida según los criterios de clasificación de Patton (1975), en razón a que todas las coberturas tienen formas irregulares.

Los resultados muestran que las coberturas naturales actualmente se han transformado a formas más irregulares o alargadas evidenciando una fuerte presión sobre núcleos de hábitat y el incremento del efecto de borde sobre los relictos de ecosistemas naturales.

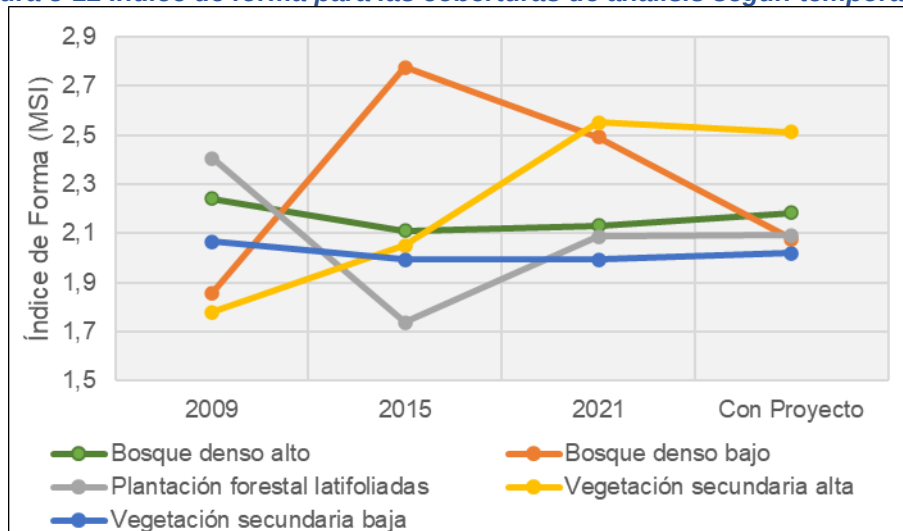
Tabla 5-8 Índice de forma para las coberturas de análisis

Cobertura	2009	2015	2021	Con Proyecto	Cambio
Bosque denso alto	2,2420	2,1108	2,1315	2,1838	Negativo
Bosque denso bajo	1,8586	2,7749	2,4900	2,0767	Positivo
Plantación de latifoliadas	2,4046	1,7367	2,0863	2,0912	Negativo
Vegetación secundaria alta	1,7788	2,0513	2,5522	2,5131	Positivo
Vegetación secundaria baja	2,0664	1,9925	1,9928	2,0194	Negativo

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

En la Figura 5-12 se evidencia gráficamente la transición del índice de forma, en la cual los remanentes de las coberturas de bosque denso bajo y plantación de latifoliadas tienen formas un poco más regulares en comparación con el escenario actual.

Figura 5-12 Índice de forma para las coberturas de análisis según temporalidad



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

- Índice de dimensión fractal (IDF)

Calcula el grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación entre área y perímetro, este es calculado por el programa Fragstats®. De esta los objetos que oscilan entre 1 y 2 corresponden a objetos complejos análogos a objetos fractales. Por último, la dimensión fractal (DP) varía entre uno para formas euclidianas simples (cuadrados y círculos), y de 1,001 a 2 para formas complejas análogas a objetos fractales (Krummel et al., 1987; Rau et al., 2000; Rau y Gantz, 2001). Nótese que un fragmento amorfo con un SI = 2 no es equivalente a que también sea su DP = 2.

Originalmente, éste índice describe una relación invariable en la escala de observación, entre el perímetro y la superficie de un objeto. Es de reciente y frecuente utilización, e indica cómo se ha producido el cambio a partir de la forma de las manchas. La disposición territorial de las coberturas no puede describirse de forma clara mediante formas euclídeas como líneas, cuadrados, círculos o esferas, mientras que la geometría fractal se muestra como una herramienta útil para sintetizar la variación espacial de la naturaleza y describir pautas y estructuras de usos del suelo (Catalyud & Velarde, 2015).

En este sentido la dimensión fractal y determinada a partir del cociente perímetro / superficie de los parches presentes en el área de estudio observado a una sola escala, no es la dimensión fractal en un sentido estricto. En otras palabras, parches de diferentes tamaños observados a una sola escala se utilizan para substituir los cambios de escala, mostrando así geometrías de parches más complejas en el escenario actual y en el escenario con proyecto.

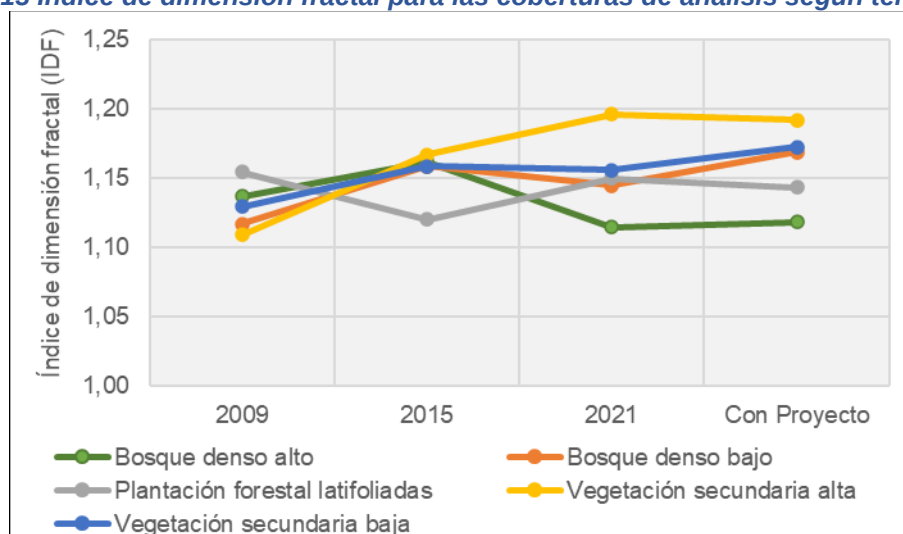
Considerando que la dimensión fractal toma valores entre 1 y 2, donde valores cercanos a uno indica formas geométricas sencillas y conforme los valores se acercan a 2, las formas se vuelven más complejas; se identificó que las coberturas analizadas tienden a convertirse en formas más complejas, a excepción de las plantaciones forestal, tal como se evidencia en la Figura 5-13 y en la Tabla 5-9.

Tabla 5-9 Índice de dimensión fractal para las coberturas de análisis

Cobertura	2009	2015	2021	Con Proyecto	Cambio
Bosque denso alto	1,1370	1,1621	1,1151	1,1188	Negativo
Bosque denso bajo	1,1171	1,1589	1,1453	1,1693	Negativo
Plantación de latifoliadas	1,1547	1,1206	1,1501	1,1436	Positivo
Vegetación secundaria alta	1,1094	1,1673	1,1967	1,1922	Positivo
Vegetación secundaria baja	1,1296	1,1591	1,1563	1,1728	Negativo

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Figura 5-13 Índice de dimensión fractal para las coberturas de análisis según temporalidad



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

b. Métricas de parche

- Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN)

El índice de distancia euclidiana describe el comportamiento de los fragmentos en función de la conectividad, basado en la distancia entre parches de la misma clase. Es decir, mide en unidades de distancia (de 0 metros en adelante), la cercanía entre bordes de cada parche de la misma clase. Este parámetro permite identificar las restricciones o facilidades de movilidad que tienen los organismos en el paisaje, lo que determina la persistencia regional de las poblaciones.

Se consideró que el tipo de parche de interés se encuentra en una matriz que agrupa a los restantes tipos de parches; esto es, se construye un mapa binario de tipo focal por un lado y otros tipos por otro. La distancia al vecino más cercano se define como la distancia más corta lineal recta entre el parche focal y su vecino más cercano de igual categoría. La medición se hace de borde a borde entre los puntos centrales de cada borde y se utiliza la regla ortogonales y diagonales (8 vecinos).

El valor de este índice, que se expresa en metros, se aproxima a cero a medida que disminuye la distancia al parche más cercano; si el valor es cero quiere decir que no existen más parches de la misma clase en la matriz de estudio (Buzai, 2004). La distancia estructural más corta puede no ser la distancia ecológica más corta y, de hecho, tiene valores diferentes para diferentes organismos (Matteucci, 2003). Por ello, la

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN) se modifica para obtener una medida funcional. En vez de medir la distancia más corta, se mide la distancia de menor costo y así, asignar un costo para conocer la resistencia de la matriz al organismo focal.

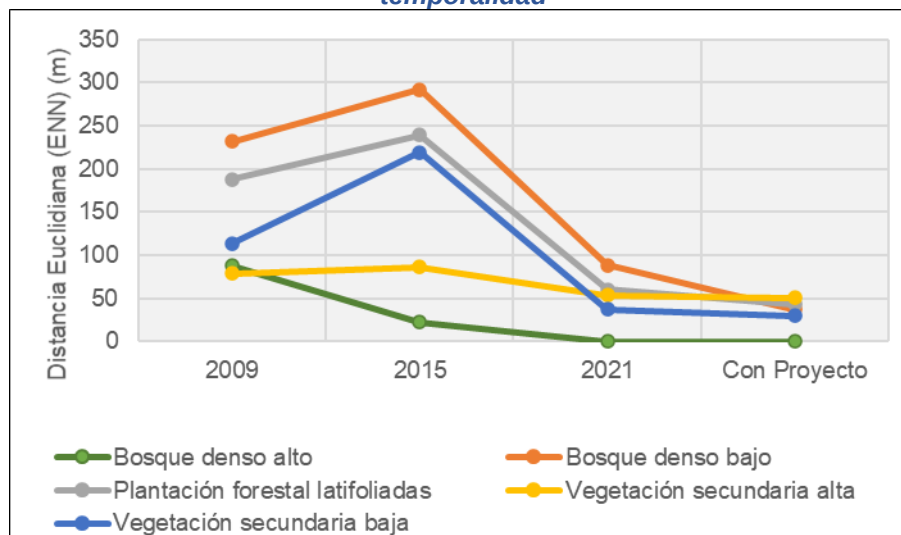
En la Tabla 5-10 y en la Figura 5-14 se presentan las distancias calculadas para cada una de las coberturas analizadas según la temporalidad, donde se evidencia un mayor espaciamiento en la vegetación secundaria baja, en este sentido, bajo el escenario con proyecto no se identifica un mayor distanciamiento entre los parches remanentes. Adicionalmente, se evidencia que se presentan menores distancias entre ellos en correlación con el aumento de número de parches; sin embargo, a pesar de que se evidencia un cambio positivo se puede inferir una mayor fragmentación.

Tabla 5-10 Distancia euclidiana al vecino más cercano para las coberturas de análisis

Cobertura	2009	2015	2021	Con Proyecto	Cambio
Bosque denso alto	87,78	22,60	0,00	0,00	Estable
Bosque denso bajo	231,96	292,12	88,57	37,42	Positivo
Plantación de latifoliadas	187,98	239,15	59,95	42,89	Positivo
Vegetación secundaria alta	78,54	85,99	53,85	50,86	Positivo
Vegetación secundaria baja	113,93	218,95	37,10	30,15	Positivo

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Figura 5-14 Distancia euclidiana al vecino más cercano para las coberturas de análisis según temporalidad



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

c. Métricas de diversidad de paisaje

Las métricas del paisaje ofrecen una visión de la composición y configuración de los ecosistemas que hacen parte del paisaje a través de medidas de área, forma y borde de los fragmentos entre otros, así mismo determinan la dinámica de los procesos ecológicos de los ecosistemas y se convierten en una herramienta de análisis a tener en cuenta en la toma de decisiones para el manejo de los recursos naturales.

- Índice de diversidad de Shannon

El índice de diversidad de Shannon representa la cantidad de información por parche y es un concepto matemático, la magnitud absoluta del índice de diversidad de Shannon no es particularmente significativa. Por otra parte, el índice de equitatividad de Shannon Evenness mide la uniformidad, mide el otro aspecto de la diversidad del paisaje: la distribución del área entre parcelas tipos. Existen numerosas formas de cuantificar la uniformidad y la mayoría de los índices de diversidad tienen un correspondiente índice de uniformidad derivado de ellos

El análisis de fragmentación de las métricas del paisaje generadas muestra un proceso gradual de fragmentación. Un aumento en el número de fragmentos totales en función del tiempo confirma el proceso de fragmentación en la zona, mientras que para el tamaño medio de los parches se observa una disminución en algunas coberturas, lo que indica que los parches grandes fueron fragmentados o divididos. Aunado a lo anterior, los índices de diversidad de Shannon (IDS) e índice de equitatividad Shannon Evenness (IES) presentan una tendencia descendente.

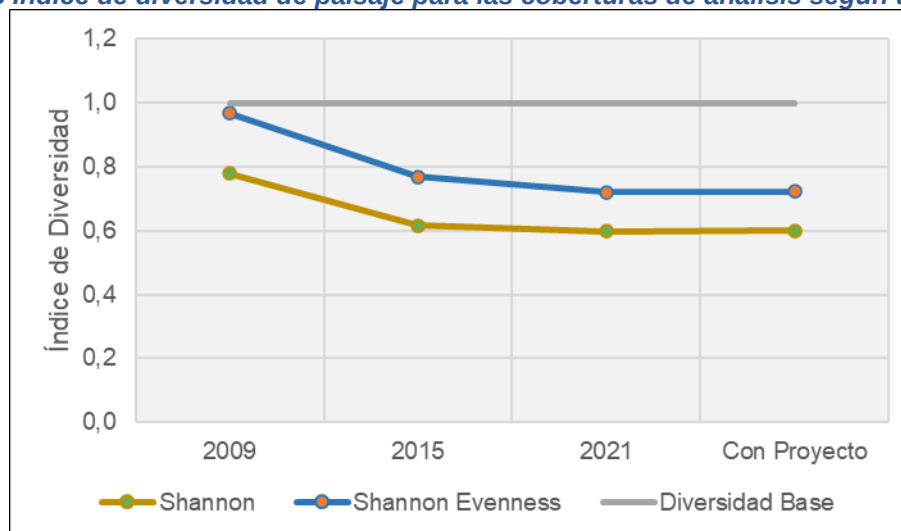
En la Tabla 5-11 y en la Figura 5-15 se muestran los resultados de los índices de diversidad y equitatividad de los escenarios evaluados a nivel de paisaje, en el cual se evidencian ligeros cambios negativos de diversidad para las temporalidades 2009 a 2021 asociados a la transición de algunas coberturas naturales a plantaciones forestales, pastos o coberturas antropizadas.

Tabla 5-11 Índice de diversidad del paisaje para las coberturas de análisis

Cobertura	2009	2015	2021	Con Proyecto	Cambio
Shannon	0,78	0,62	0,60	0,60	Estable
Shannon Evenness	0,97	0,77	0,72	0,72	Estable

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Figura 5-15 Índice de diversidad de paisaje para las coberturas de análisis según temporalidad



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

d. Conectividad ecológica y contexto paisajístico

- Índice de conectividad interna (Connect)

La configuración espacial de los ecosistemas de análisis evaluada bajo el índice de proximidad al igual que las métricas del paisaje, exhibe que tan sensibles son las clases de análisis y su vecindad con parches de su mismo tipo por los cambios generados por la matriz o por la presencia del proyecto.

Para medir la conectividad se emplean métodos basados en funciones de la distancia, las cuales reflejan la probabilidad de conexión de los distintos parches a una distancia dada y en funciones de distancia ponderada, de forma que la conectividad resulta del empleo de caminos mínimos en una superficie de fricción que refleje los costos ecológicos de desplazamiento (Aguilera, 2009). El índice de proximidad opera a nivel de parche. Los valores de este índice permiten entender que tan cerca o lejos se encuentra un parche de otro que correspondan a la misma clase, es por eso que, el valor de la proximidad cuando se acerca a 0 significa que un parche no tiene vecinos del mismo tipo de parche en un área estipulada (McGarigal, 2015), que para este caso de estudio el área corresponde a 500 m.

Para el cálculo de la fragmentación se usó la herramienta Fragstats® con la cual se hace un cálculo del índice de proximidad (Proximity) en una ronda de proximidad de 500 m usando el índice aplicado por McGarigal & Marks (1994) en el programa FRAGSTATS, el cual está basado en Gustafson & Parker (1992). El cálculo del índice para cada parche se realiza de la siguiente forma:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{s=1}^n \frac{a_{ijs}}{h_{ijs}^2}$$

Dónde: a_{ijs} = área (m²) del parche ijs dentro del vecindario especificado del parche ij. H_{ijs}^2 = distancia al cuadrado (en metros), entre el parche ijs y el parche ij, basado en la distancia borde a borde.

La conectividad se define por el número de uniones funcionales entre los parches de la clase correspondiente, en el que está conectado o no cada par de parches, y se basa en un criterio especificado definido, que para este caso teniendo en cuenta la escala y magnitud del proyecto se tomó el promedio de la distancia euclidiana al vecino más cercano general la cual fue de 500 metros, siguiendo las recomendaciones de la metodología general para la presentación de estudios ambientales (MinAmbiente y ANLA, 2018).

El índice de conectividad (CONNECT) es igual al número de uniones funcionales entre todos los parches de la clase correspondiente, dividido por el número total de uniones posibles entre todos los parches de la clase, multiplicado por 100 para convertirlo a porcentaje. Este índice se presenta como la conexión máxima posible, teniendo en cuenta el número de parches y se puede basar en la distancia euclidiana o la distancia funcional, siendo 0 ninguna conexión entre los parches y 100 la máxima conexión.

La conectividad se describe como el porcentaje de la conexión máxima posible dado el número de parches, es por esta razón que coberturas con parches cercanos tendrán mayor probabilidad de conexión como se registró en el bosque denso bajo, véase la Figura 5-16 y la Tabla 5-12.

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La
Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

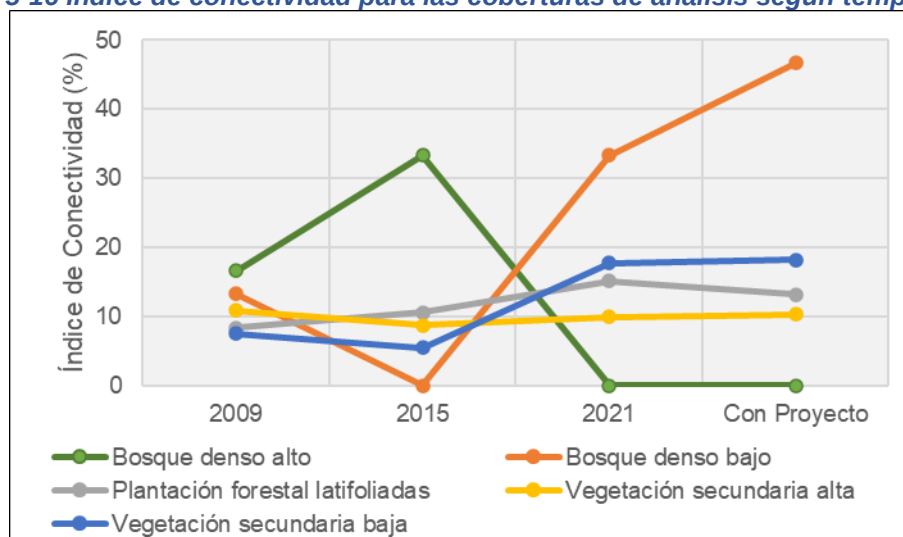
Tabla 5-12 Índice de conectividad para las coberturas de análisis

Cobertura	2009	2015	2021	Con Proyecto	Cambio
Bosque denso alto	16,67	33,33	0,00	0,00	Estable
Bosque denso bajo	13,33	0,00	33,33	46,67	Positivo
Plantación de latifoliadas	8,33	10,61	15,15	13,19	Negativo
Vegetación secundaria alta	10,91	8,79	10,00	10,29	Positivo
Vegetación secundaria baja	7,58	5,49	17,78	18,18	Positivo

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Adicionalmente, según el comportamiento temporal del índice de conectividad se evidencia que la cobertura de bosque denso bajo presento un alto porcentaje de conectividad (46,67 %) en el escenario con proyecto debido a la cercanía de sus parches. En este sentido, se puede facilitar el proceso de consolidación a través de la implementación de medidas de manejo y/o acciones de compensación.

Figura 5-16 Índice de conectividad para las coberturas de análisis según temporalidad



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

- Contexto paisajístico (CP)

Se refiere al área de cobertura natural que se encuentra fuera de una distancia mínima de influencia a partir del borde. El área núcleo se define como el área dentro de un parche más allá de cierta profundidad o influencia de borde (es decir, la distancia al borde). El efecto de borde es el resultado de la combinación de factores bióticos y abióticos que alteran las condiciones ambientales a lo largo de los bordes de los parches en comparación con los interiores de estos. Así, mientras que un parche puede ser lo suficientemente grande como para soportar una determinada especie, puede que para otra no contenga el área suficiente (Ciontescu, 2012).

La distancia máxima de afectación hacia el interior del fragmento donde ocurren cambios significativos es variable en función de factores como: tipo de vegetación nativa, especies dominantes en el borde, área del fragmento, orientación, posición topográfica, nivel de perturbación, altitud, precipitación y fertilidad del suelo. La mayor afectación en cuanto a mortalidad y recambio de especies se produce en los primeros 500 m del borde del fragmento (Buzai, 2004), de acuerdo con lo anterior, para el cálculo de área core se

establece un buffer que va del interior o núcleo de conservación del fragmento a su borde de 50 m. El Contexto paisajístico se refiere a:

$$CP = \frac{AN}{ATB}$$

Dónde: AN: Área natural dentro del buffer (área core); ATB: Área total del parche.

Según los rangos definidos en la Tabla 5-13 se determina los valores de contextos paisajísticos de las coberturas naturales y seminaturales analizadas según temporalidad (véase la Tabla 5-13).

Tabla 5-13 Rangos de clasificación del contexto paisajístico

CP	Rango
0,0 – 0,2	Extrema
0,2 – 0,4	Fuerte
0,4 – 0,6	Moderada
0,6 – 0,8	Media
0,8 – 1,0	Mínima

Fuente: Adaptado de (Consultoría Colombiana, 2016).

El uso y aprovechamiento del suelo presentes en el paisaje no son elementos independientes. Para la fauna, el contexto paisajístico donde se encuentran estos elementos aparece a menudo como un factor determinante en su capacidad de movimiento, lo que deriva en diferentes valores de resistencia para un mismo tipo de hábitat en función de su contexto de acuerdo con (Mallarach, 2004).

Para determinar el estado de los fragmentos naturales, se realiza la evaluación al área interior de cada fragmento; es decir, se realiza la definición del área núcleo. El área núcleo, es la superficie interior del fragmento que no está afectada por los bordes, es decir, que no está o está muy poco afectada por las perturbaciones exteriores. En términos generales el número de áreas disminuye en la medida que la intervención aumenta.

La distancia máxima de afectación hacia el interior del fragmento donde ocurren cambios significativos es variable en función de factores como: tipo de vegetación nativa, especies dominantes en el borde, área del fragmento, orientación, posición topográfica, nivel de perturbación, altitud, precipitación y fertilidad del suelo. La mayor afectación en cuanto a mortalidad y recambio de especies se produce en los primeros 500 m del borde del fragmento (Buzai, 2004), de acuerdo con lo anterior, para el cálculo de área core se establece un buffer que va del interior o núcleo de conservación del fragmento a su borde de 100 m, debido a que la zona tiene un alta influencia antrópica y baja remanencia de ecosistemas naturales.

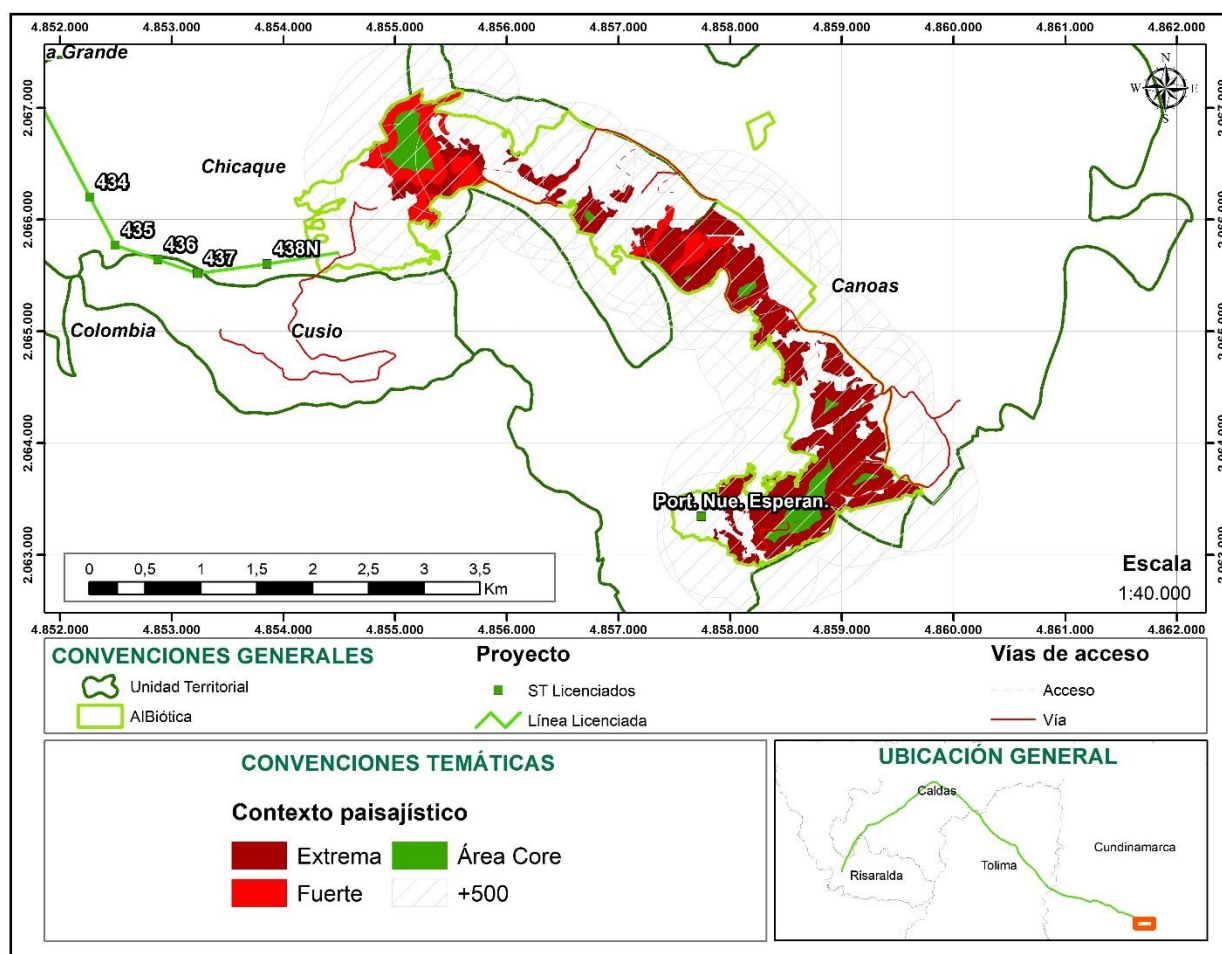
En la Tabla 5-14 y en la Figura 5-18 se muestra el contexto paisajístico de las coberturas analizadas para el escenario de 2009, en la cual todas las coberturas presentaron valores de CP extremos salvo el bosque denso alto, el cual registró un CP fuerte, siendo la única cobertura capaz de sustentar un área núcleo considerable; sin embargo, se evidencia que las coberturas tienen un alto grado de fragmentación producto de la ampliación de la frontera agrícola y pecuaria, limitando la oferta de servicios ecosistémicos de las coberturas naturales remanentes.

Tabla 5-14 Contexto paisajístico de las coberturas de análisis para el año 2009

Cobertura	Clase de Área	Área Core	Área Buffer	Contexto paisajístico	Rango
Bosque denso alto	65,74	13,96	860,31	0,21	Fuerte
Bosque denso bajo	35,89	0,82	694,16	0,02	Extrema
Plantación de latifoliadas	88,41	15,66	771,61	0,18	Extrema
Vegetación secundaria alta	41,39	0,86	568,05	0,02	Extrema
Vegetación secundaria baja	56,56	1,06	569,89	0,02	Extrema

Fuente: SMAYD LTDA., 2022

Figura 5-17 Contexto paisajístico de las coberturas para el año 2009



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

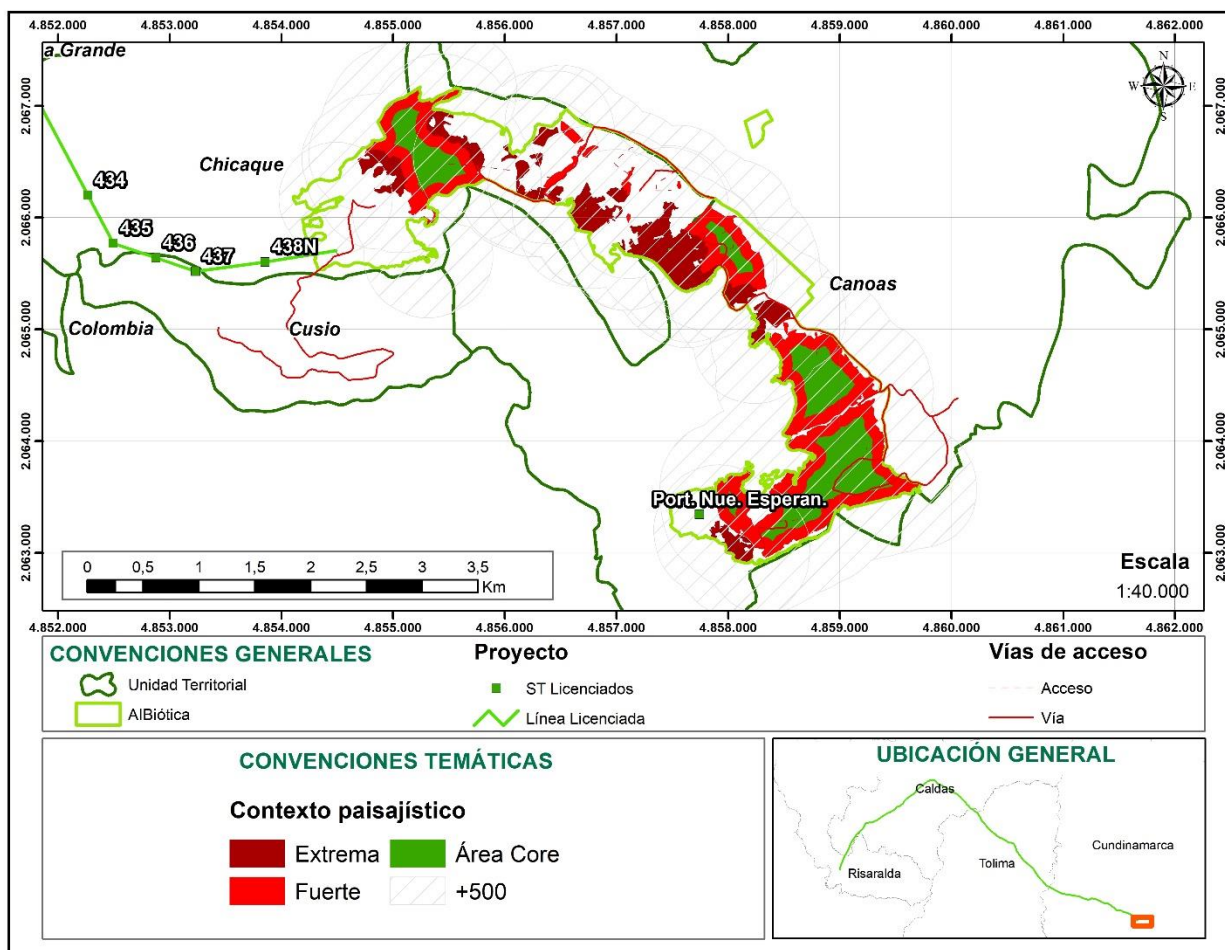
A diferencia de 2009 para el año 2015 se tienen contextos paisajísticos más consolidados, con CP fuertes para las coberturas de bosque denso alto y Plantación de latifoliadas como se muestra en la Tabla 5-15 y la Figura 5-18.

Tabla 5-15 Contexto paisajístico de las coberturas de análisis para el año 2015

Cobertura	Clase de Área	Área Core	Área Buffer	Contexto paisajístico	Rango
Bosque denso alto	54,60	19,76	666,22	0,36	Fuerte
Bosque denso bajo	20,10	0,02	623,52	0,00	Extrema
Plantación de latifoliadas	190,70	71,55	1067,81	0,38	Fuerte
Vegetación secundaria alta	39,71	0,07	310,57	0,00	Extrema
Vegetación secundaria baja	25,10	0,00	373,50	0,00	Extrema

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Figura 5-18 Contexto paisajístico de las coberturas naturales para el año 2015



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

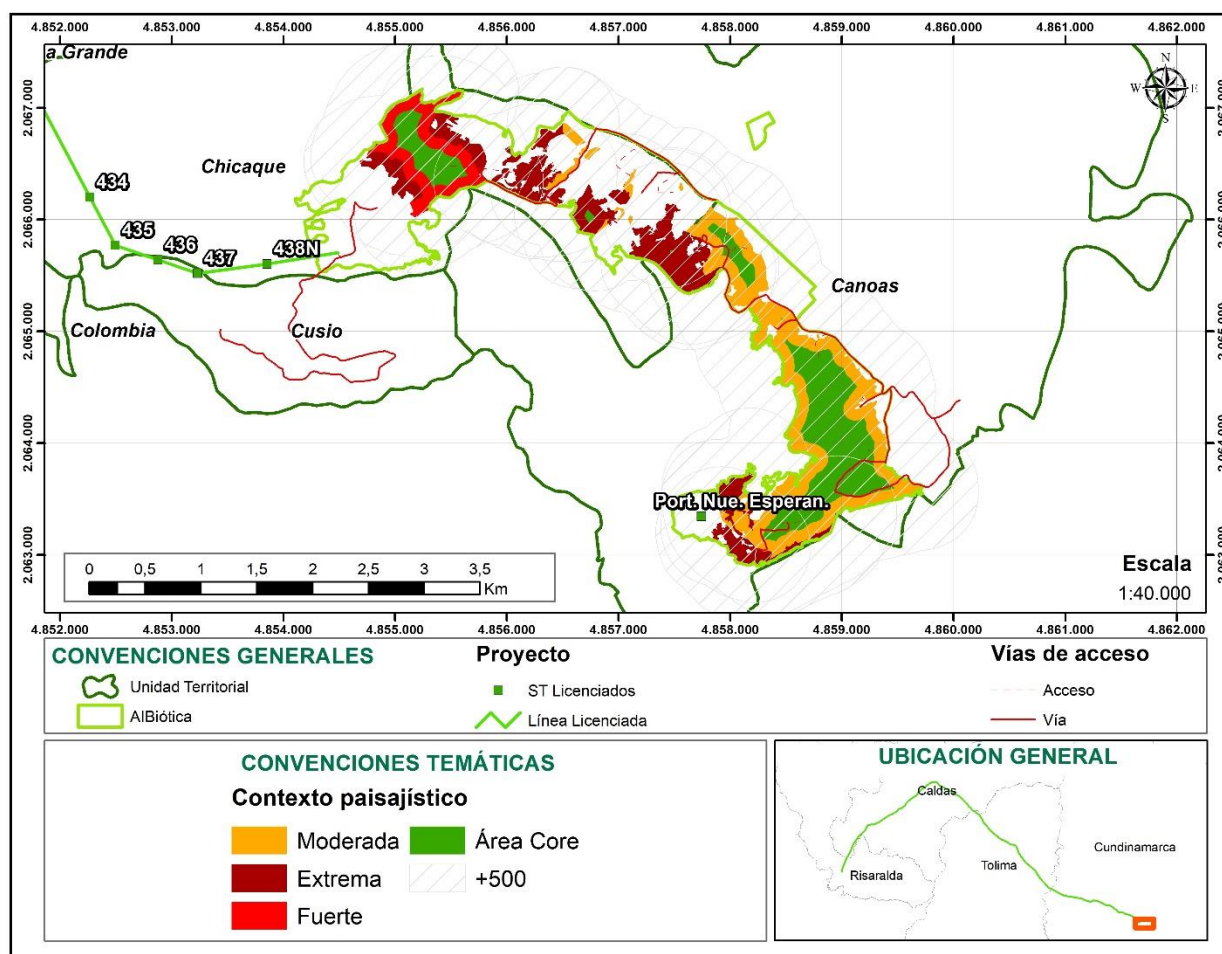
En la Figura 5-19 y en la Tabla 5-16 se evidencia el contexto paisajístico de las coberturas analizadas para el escenario 2021, con CP extremos y fuertes, evidenciando la fragmentación de las coberturas naturales remanentes en consecuencia a continuas presiones externas. Por otro lado, se identificó la consolidación de grandes coberturas de bosque denso alto y plantación de latifoliadas.

Tabla 5-16 Contexto paisajístico de las coberturas de análisis para el año 2021

Cobertura	Clase de Área	Área Core	Área Buffer	Contexto paisajístico	Rango
Bosque denso alto	51,61	18,35	391,12	0,36	Fuerte
Bosque denso bajo	24,04	0,59	916,33	0,02	Extrema
Plantación de latifoliadas	200,86	83,45	1004,71	0,42	Moderada
Vegetación secundaria alta	61,83	0,07	314,99	0,00	Extrema
Vegetación secundaria baja	5,46	0,00	327,04	0,00	Extrema

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Figura 5-19 Contexto paisajístico de las coberturas naturales para el año 2021



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

En la Figura 5-20 y en la Tabla 5-17 se muestra el contexto paisajístico de las coberturas analizadas para el escenario con proyecto, siguiendo con la tendencia de CP extremos y fuertes; si bien se evidencia un descenso de las áreas núcleo de las coberturas a intervenir, estas no generan un cambio en las condiciones de los parches.

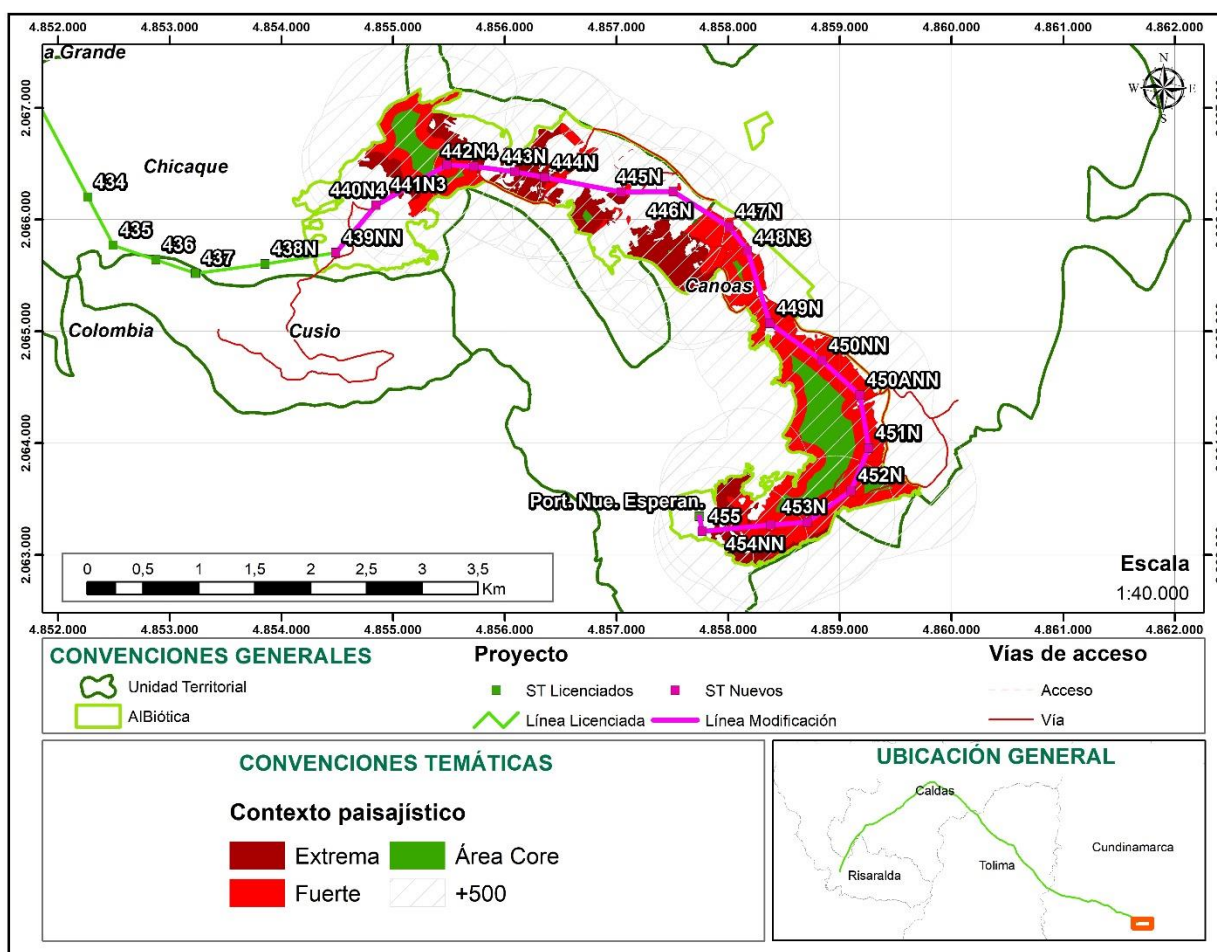
Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La
Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

Tabla 5-17 Contexto paisajístico de las coberturas de análisis para el escenario con proyecto

Cobertura	Clase de Área	Área Core	Área Buffer	Contexto paisajístico	Rango
Bosque denso alto	51,50	14,36	391,12	0,28	Fuerte
Bosque denso bajo	23,88	0,59	916,33	0,02	Extrema
Plantación de latifoliadas	198,41	43,51	1004,71	0,22	Fuerte
Vegetación secundaria alta	61,66	0,07	314,99	0,00	Extrema
Vegetación secundaria baja	5,38	0,00	327,04	0,00	Extrema

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Figura 5-20 Contexto paisajístico de las coberturas naturales para el escenario con proyecto



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

e. *Conectividad funcional y estructural*

La transformación de los paisajes silvestres genera la pérdida y la fragmentación de hábitats y consigo la pérdida de conectividad funcional y estructural (Fahrig, 2003), la respuesta de las especies a la fragmentación depende de la escala espacial de dicha transformación y de los patrones de distribución y abundancia de las especies; y en el paisaje conlleva a cambios en el balance entre emigraciones e inmigraciones que afectan la densidad de las poblaciones en los parches de cobertura, genera los efectos de borde en estos parches e impacta los requerimientos y la distribución espacial de los individuos sus relaciones intraespecíficas (Kattan, 2002). Por esta razón, se analizó un análisis sobre la conectividad ecológica para el AI del presente EIA a partir de características funcionales de las especies de flora y fauna existentes dentro del área de influencia del proyecto.

Los corredores ecológicos son espacios que conectan áreas de importancia biológica para mitigar los impactos negativos provocados por la fragmentación de los hábitats (García & Abad, 2014). El desarrollo de la conectividad a través de corredores ecológicos resulta fundamental para la biodiversidad y también para asegurar el intercambio genético y energético a través de una mayor extensión geográfica (Roy, Shanthala, & Devi Debnath, 2010).

*Como parte del análisis funcional de los corredores ecológicos se seleccionó el Tigrillo (*Leopardus tigrinus*), considerando que es una de las especies de importancia nacional. Como la mayoría de los animales del orden carnívoro, es una especie que se encuentra amenazada por las actividades que el ser humano ejerce sobre su ecosistema. Según la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres CITES, la oncilla se encuentra en el Apéndice I, en esta categoría se incluyen las especies sobre las que se cierne el mayor grado de peligro (CITES, sf). Así mismo, se encuentra listada por la UICN como Vulnerable (VU-A3c) a nivel global (Payán & de Oliveira, 2016) como Vulnerable (VU-A2cd) en Colombia por el Libro Rojo de Mamíferos (Rodríguez-Mahecha et al., 2006).*

*Según el “Concepto Técnico de la Conectividad Funcional, Fragmentación y Otros de las SZHs Bogota y del Río Lagunillas y Otros Directos al Magdalena” las características de cobertura en el ambiente circundante a los emplazamientos y los procesos de recuperación que se han iniciado, como el dirigido por la Subestación Nueva Esperanza, permiten observar que, en la realidad del territorio, las torres y la línea no constituyen una barrera física y material a la movilidad de *Leopardus tigrinus*. De otra parte, el desplazamiento y hábitat preferente del *Leopardus tigrinus* está orientado a áreas más conservadas, probablemente por la presencia de una mayor oferta alimenticia y mejores condiciones ecológicas; en este caso las áreas que ofrecen condiciones de hábitat a las especies faunísticas de la SZH Río Bogotá, se encuentran preservadas y no serán interceptadas por la línea de transmisión, en razón a que los sitios previstos para la construcción de las torres se localizan principalmente en el borde de los fragmentos, lo cual deja libre y sin intervención las áreas núcleo del fragmento.*

*En relación con las rutas de la movilidad del *Leopardus tigrinus* analizadas en el documento “Concepto Técnico de la Conectividad Funcional, Fragmentación y Otros de las SZHs Bogota y del Río Lagunillas y Otros Directos al Magdalena” y “Concepto Técnico Análisis Fauna”, utilizando las herramientas Cost-Distance y Cost Back Link del software ArcMap; se evidencia que la especie *Leopardus tigrinus* se puede movilizar por el área de la Subzona Hidrográfica del río Bogotá sin dificultades ya que esta zona ofrece disponibilidad de hábitat para el sostenimiento de la especie así como para su movilidad; de igual forma, de acuerdo con las modelaciones que se muestran en el anexo A5.2.1.1 Fauna / 6 Estudio poblacional del tigrillo, y las características de la infraestructura del proyecto que será construida (sitios de torre) éstas no perjudican dichas áreas puesto que su localización es puntual y el área que ocupan es mínima (15 sitios*

de torre con área de 0,0784 ha y dos sitios de torre con área de 0,1024 ha) dejando suficiente hábitat disponible para la especie según sus requerimientos ecológicos.

*En la Licencia Ambiental del proyecto UPME 07-2016 (Resolución 170 de 2021), la ANLA solicitó en el numeral 2 del Artículo Décimo, un análisis poblacional que dé cuenta del estado del Tigrillo lanudo (*Leopardus tigrinus*) en la subzona hidrográfica del Río Bogotá, ubicada dentro del área de Influencia del Proyecto Segundo Refuerzo de red en el Área Oriental: Línea de Transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV, UPME 07-2016. En este sentido, TCE con el apoyo de ProCAT Colombia realizó un estudio poblacional de Tigrillo lanudo (*Leopardus tigrinus*) cuya metodología consistió en la instalación de 50 estaciones dobles de cámaras-trampa (100 cámaras en total), ubicadas dentro y fuera del área de influencia de la Línea de Transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV, UPME 07-2016. El muestreo se inició el mes de noviembre del 2021 y se extendió hasta febrero del 2022. Las cámaras estuvieron activas un periodo continuo de 84 días para un total de 84 días/cámara, asegurando un tamaño de muestra estadísticamente significativo, unas altas probabilidades de detección, y la robustez general de las estimaciones poblacionales.*

*Con la metodología planteada, se pudo confirmar la presencia de Tigrillo lanudo (*Leopardus tigrinus*) en el área de influencia directa e indirecta de la Línea de Transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV, UPME 07-2016 al ser reportado en (18) de las cincuenta (50) estaciones distribuidas en toda el área de estudio. La especie presentó una ocupación ingenua (naïve occupancy) de 0.36 y una ocupación estimada por métodos bayesianos de 0.60, mostrando la probabilidad de que la especie, sin importar la heterogeneidad individual, ocupe un espacio en función de la probabilidad de detección y el efecto de covariables asociadas a dicho sitio.*

El ADV o Home range se define, como el espacio físico en el cual un individuo o grupo de individuos desarrolla sus actividades que permiten garantizar su supervivencia (ANLA, 2018), por tanto, se infiere que las coberturas naturales presentes en el área de influencia del proyecto son empleadas por la especie tanto para su movilidad y/o desplazamiento, como para sus actividades funcionales de búsqueda de pareja, alimentación y refugio, sin embargo, por el tipo de obras y área de aprovechamiento en coberturas naturales estas no se genera ninguna interferencia en la movilidad y/o desplazamiento de especies terrestres o áreas.

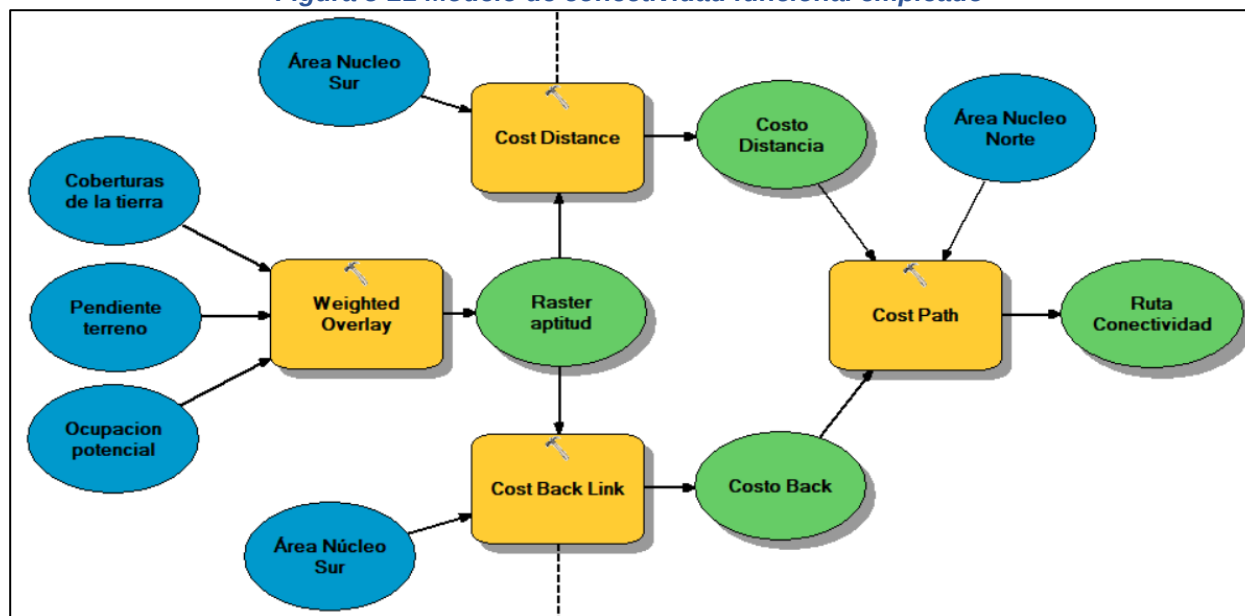
*En términos generales el tigrillo lanudo (*Leopardus tigrinus*) presenta un buen estado poblacional, considerando que se evidenció su presencia y distribución en gran parte del área de estudio. Esta presencia estuvo fuertemente relacionada a las pocas zonas con buena calidad de hábitat y cobertura boscosa en general, asociadas a áreas protegidas como parques naturales (Chicaque), o reservas privadas que se encuentran distribuidas en la zona, prefiriendo bosques andinos primarios y bosques con vegetación secundaria continua.*

*Sin embargo, se obtuvieron algunos registros en áreas con plantaciones de acacias y eucalipto, sugiriendo que en el área de estudio la especie usa estas coberturas para movilizarse a zonas con mejor calidad de hábitat y oferta de alimento. En resumen, el tigrillo lanudo (*Leopardus tigrinus*) está ocupando las zonas en el área de estudio que cuentan con presencia de coberturas naturales densas, alejado de vías y senderos y en donde existe una menor presencia de perros (Ver Anexo A5.2.1.1. Fauna / 6. Estudio Poblacional del Tigrillo).*

- **Modelo de conectividad funcional**

Basados en los preceptos de conectividad determinados por los estudios mencionados anteriormente, se llevó a cabo el análisis funcional de las rutas de menor costo para la conectividad funcional de la especie *Leopardus tigrinus* en una zona de estudio más amplia en comparación con el área de influencia de la Modificación 2, objeto del presente estudio. Para el desarrollo del análisis de rutas de menor costo de conectividad se utilizó el modelo funcional diseñado para el presente proyecto relacionado en el Figura 5-21.

Figura 5-21 Modelo de conectividad funcional empleado



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Como insumos del modelo se tomaron en cuenta las coberturas de la tierra en un área de estudio a nivel de subzona hidrográfica, las categorías de pendientes para la misma zona y la ocupación potencial de la especie determinada por el estudio “Ecología poblacional del tigrillo lanudo *Leopardus tigrinus* en el área de influencia del proyecto UPME 07-2016, subzona hidrográfica del río Bogotá”. A continuación, se presenta el modelo metodológico empleado.

1. Rasterización GRID de coberturas de la tierra, pendientes y ocupación potencial de la especie Cellsize 13 según categorías.
2. Superposición ponderada (Weighted overlay) a 100% según las categorías determinadas en la Tabla 5-18.
 - a. Coberturas de la tierra: 50 categorías generalizadas por grupo de coberturas teniendo mayor peso las naturales y seminaturales como Bosque denso alto, Bosque denso bajo y Vegetación secundaria, este factor se calcula bajo una importancia de 50%.

- b. *Pendiente: si bien la pendiente no es un factor determinante para la movilidad de la especie, se asigna una importancia ponderada menor a aquellas zonas muy escarpadas. Este factor se analiza bajo una importancia de 10%.*
- c. *Ocupación potencial de la especie: según las categorías calculadas en el estudio de “Estudio Ecología Poblacional del Tigrillo” se determinan pesos ponderados de 1 para muy baja ocupación y 9 para muy alta ocupación, este factor se analizó bajo una importancia ponderada de 40%.*

Tabla 5-18 Superposición ponderada de los raster de entrada

Coberturas de la tierra	Ponderación	Categoría de pendiente	Ponderación	Ocupación potencial	Ponderación
Coberturas antropizadas Grupo 1 Corine	2	(a) 0-1 %	3	Muy baja	1
Coberturas transformadas Grupo 2 Corine	5	(b) 1-3 %	3	Baja	2
		(c) 3-7 %	3	Baja – Media	3
Coberturas naturales y seminaturales Grupo 3 Corine	9	(d) 7-12 %	3	Media – Baja	4
		(e) 12-25 %	3	Media	5
Coberturas húmedas Grupo 4 Corine	4	(f) 25-50 %	2	Media – Alta	6
		(g) 50-75 %	2	Alta – Media	7
Coberturas Superficies de agua Grupo 5 Corine	2	(h) 75-100 %	1	Alta	8
		(i) ≥ 100 %	1	Muy alta	9
Importancia ponderación 50%		Importancia ponderada 10%		Importancia ponderada 40%	

Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

3. *Luego de la obtención del raster de aptitud, se calculó la distancia de menor coste acumulativo para cada celda al origen más cercano sobre una superficie de coste con la herramienta Cost Distance; a su vez, se definió la funcionalidad de la celda vecina (celda siguiente en la ruta de menor coste acumulativo al origen de menor coste) con la herramienta Cost Back Link.*
4. *Con el procesamiento de esta información se determinó el raster de costo de distancia y el costo del vínculo de menor costo.*
5. *Por otra parte, se determinaron áreas núcleo de conectividad bajo el precepto de zonas núcleo de ocupación potencial muy alta como punto de inicio y final de las rutas. Adicionalmente se correlacionaron con los puntos en donde las cámaras trampa registraron presencia de la especie *Leopardus tigrinus* en el Estudio Ecología Poblacional del Tigrillo.*

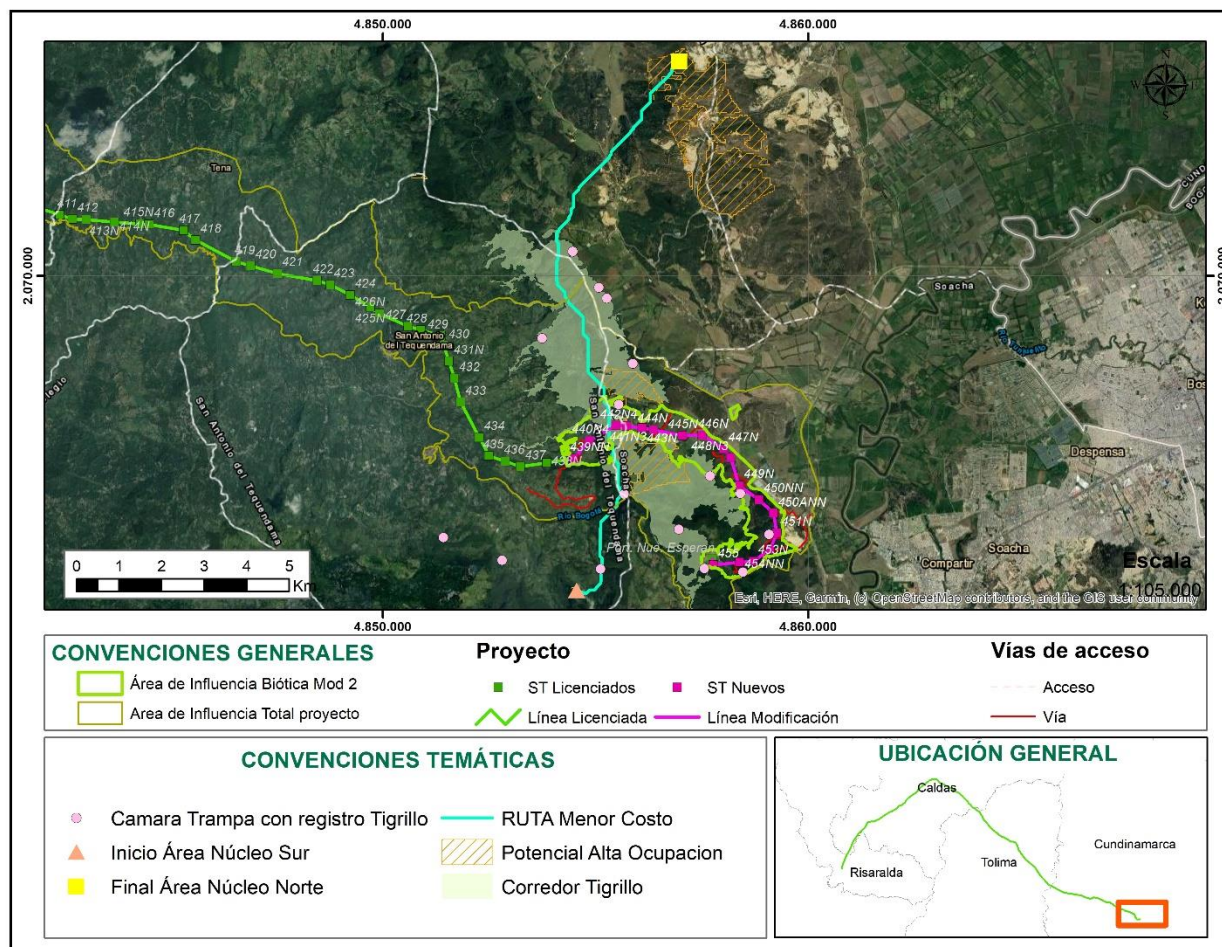
Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

6. Finalmente, se determinó la ruta de menor costo a través de la herramienta Cost Path con punto inicial el área núcleo sur y destino del área núcleo norte. Como resultado final se determina la ruta de conectividad de menor costo.

En la Figura 5-21, se presenta el modelo de conectividades empleado en la herramienta Model Builder del Software ArcGis 10.8. En el A5.2.1.1 Flora / 6 Fragmentación del presente estudio se relacionan los rasters utilizados, la herramienta creada y los resultados temáticos del presente modelo.

Entre el área núcleo sur ubicada en los relictos de bosques alto andinos de la parte sur del municipio de San Antonio del Tequendama, entre el alto de rosas y el parque natural los Tunos, se identificó una ruta de 14.952,71 metros hasta el área núcleo norte ubicada en los relictos de vegetaciones subxerofíticas del enclave desértico de los límites entre los municipios de Bojacá y Mosquera. Este corredor se relaciona en la Figura 5-22.

Figura 5-22 Ruta de menor costo entre áreas núcleo determinadas en zonas de alta ocupación



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

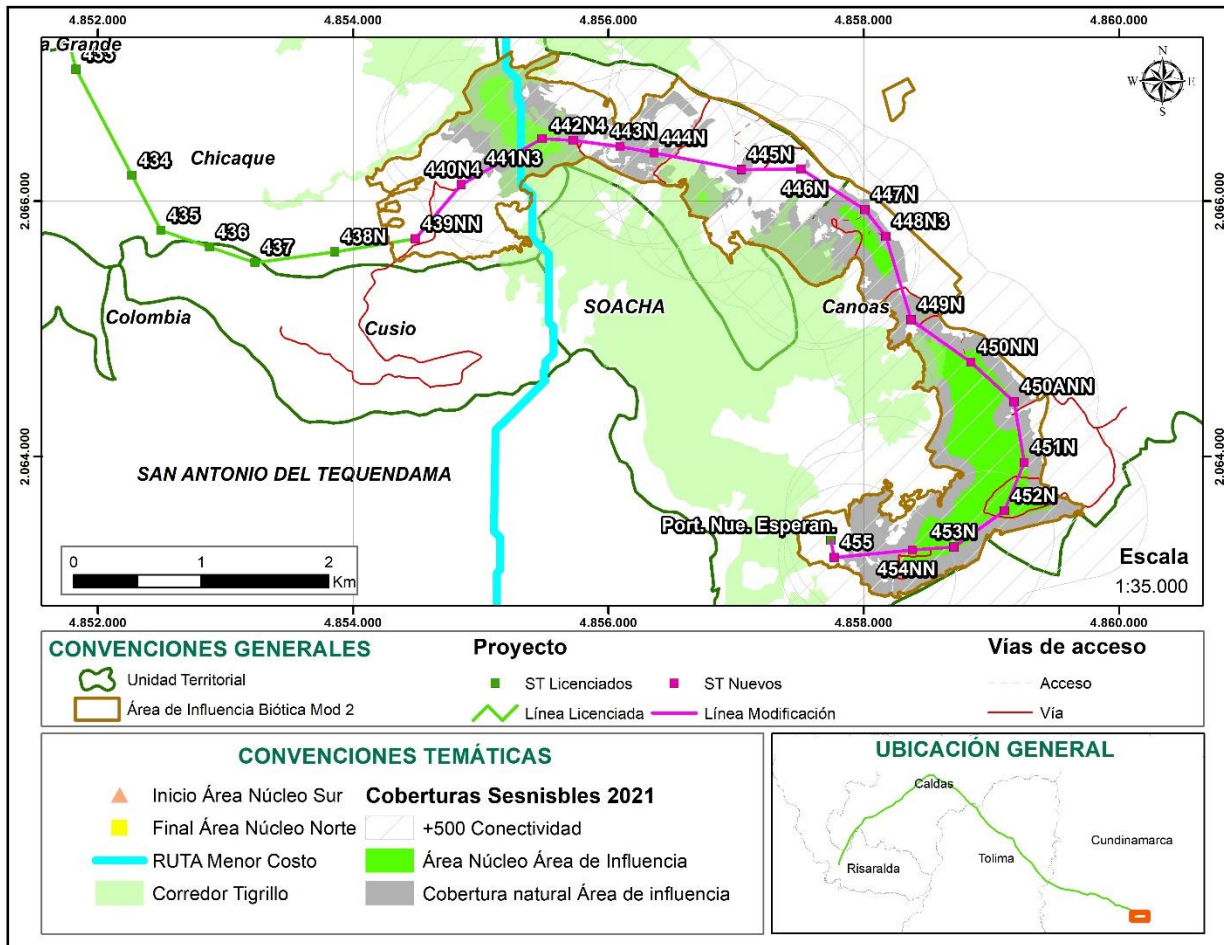
**COMPLEMENTO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL –
MODIFICACIÓN 2 LICENCIA AMBIENTAL RESOLUCIÓN No. 170 / 2021–
INFORMACIÓN ADICIONAL**

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016



Según la ruta determinada se tiene una intersección de un segmento de 1.067,44 metros con el área de influencia biótica en la cobertura de Bosque denso alto centralizando su trayecto en el área núcleo de este parche de cobertura natural y en zonas con pendientes menores a 75% como se observa en la Figura 5-23

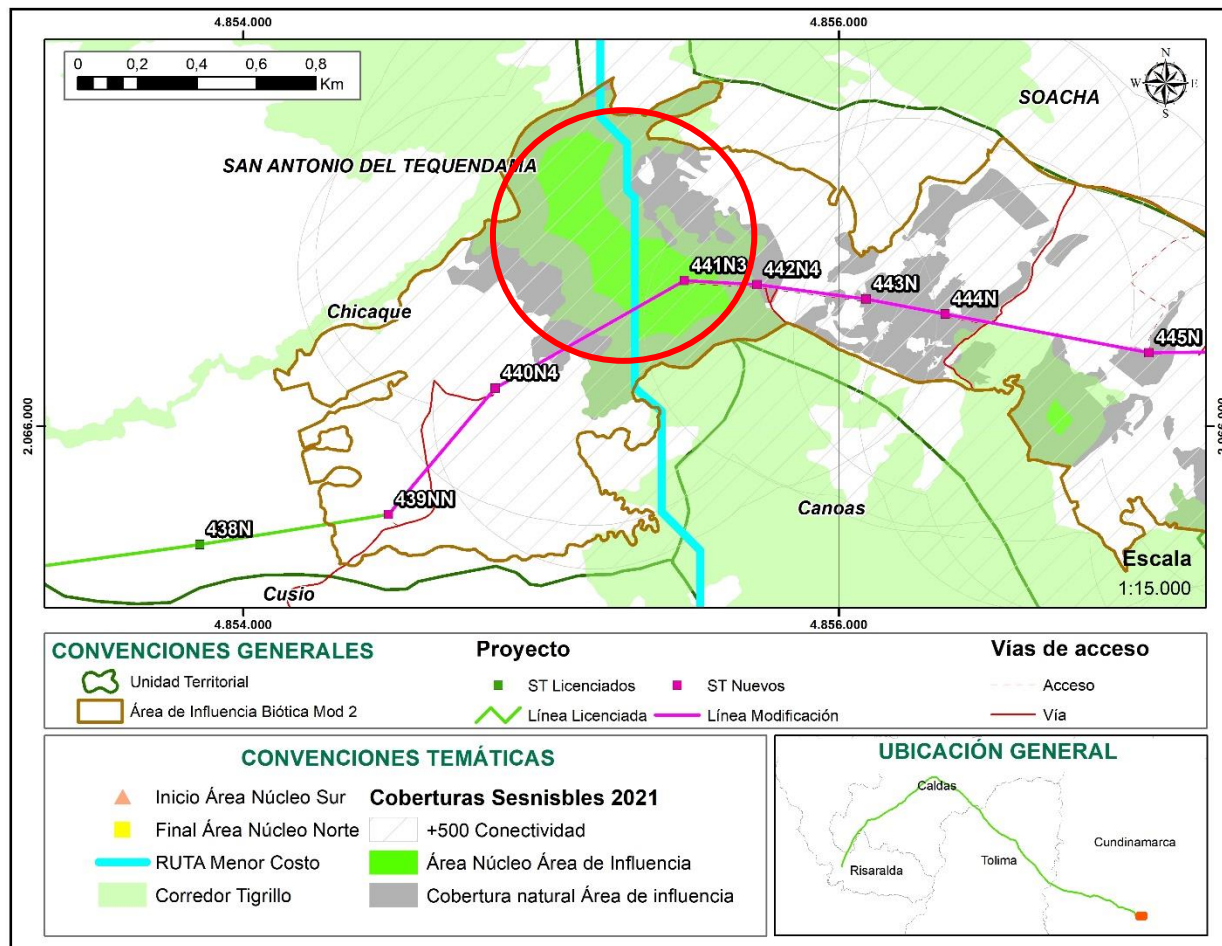
Figura 5-23 Ruta de menor costo en el área de influencia biótica de la modificación 2



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Finalmente, en la Figura 5-24 se observa que la ruta de menor costo transita el parche de bosque denso alto dentro del área de influencia con un área actual de 51,61 Ha y un área núcleo (-100 m al interior del fragmento) de 18,35 Ha y teniendo intersección con el corredor ecológico determinado en el Anexo 04. Concepto Técnico 07821 (Res 170 de 2021).

Figura 5-24 Área núcleo y ruta de conectividad en el escenario actual



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

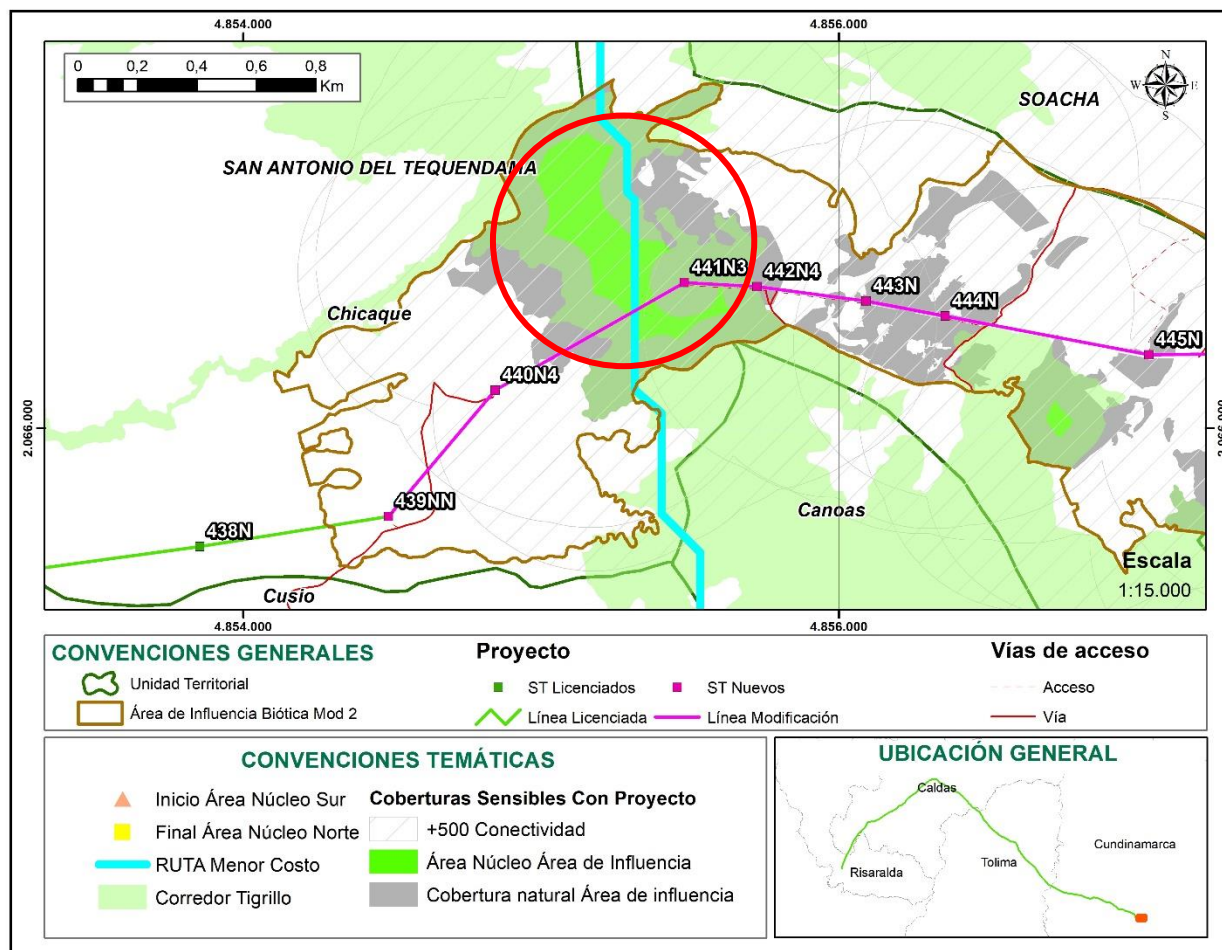
Adicionalmente, en la Figura 5-25 se muestra el mismo parche de bosque denso alto dentro del área de influencia por donde se determinó la ruta de menor costo, pero en el escenario con proyecto, en donde se evidencia que sigue transitando por la misma área núcleo con una pequeña disminución en el área, pero sin modificar la ruta.

Para el escenario con proyecto se tiene un área núcleo de 14,36 Ha (-100 m al interior del fragmento) y un área del parche de bosque denso de 51,50 Ha, con tan solo una disminución de 0,11 Ha del sitio de torre 441N3. Si bien hay una disminución de 3,99 Ha de área núcleo teórica, esta área está determinada principalmente por áreas altamente escarpadas con pendientes mayores a 75% generando preferencia de movilidad por el área núcleo y en zonas con pendientes más favorables para el tránsito de la especie.

Este análisis demuestra que la ruta de menor costo determinada para la conectividad estructural y funcional de la especie *Leopardus tigrinus* no sufrirá cambios con la implementación del proyecto, no obstante, se formularon estrictas medidas de manejo específicas para el sitio de torre 441N3

con el objetivo de disminuir el efecto de borde y desplazamiento de fauna, en este sentido, se contempla la construcción helicoportada.

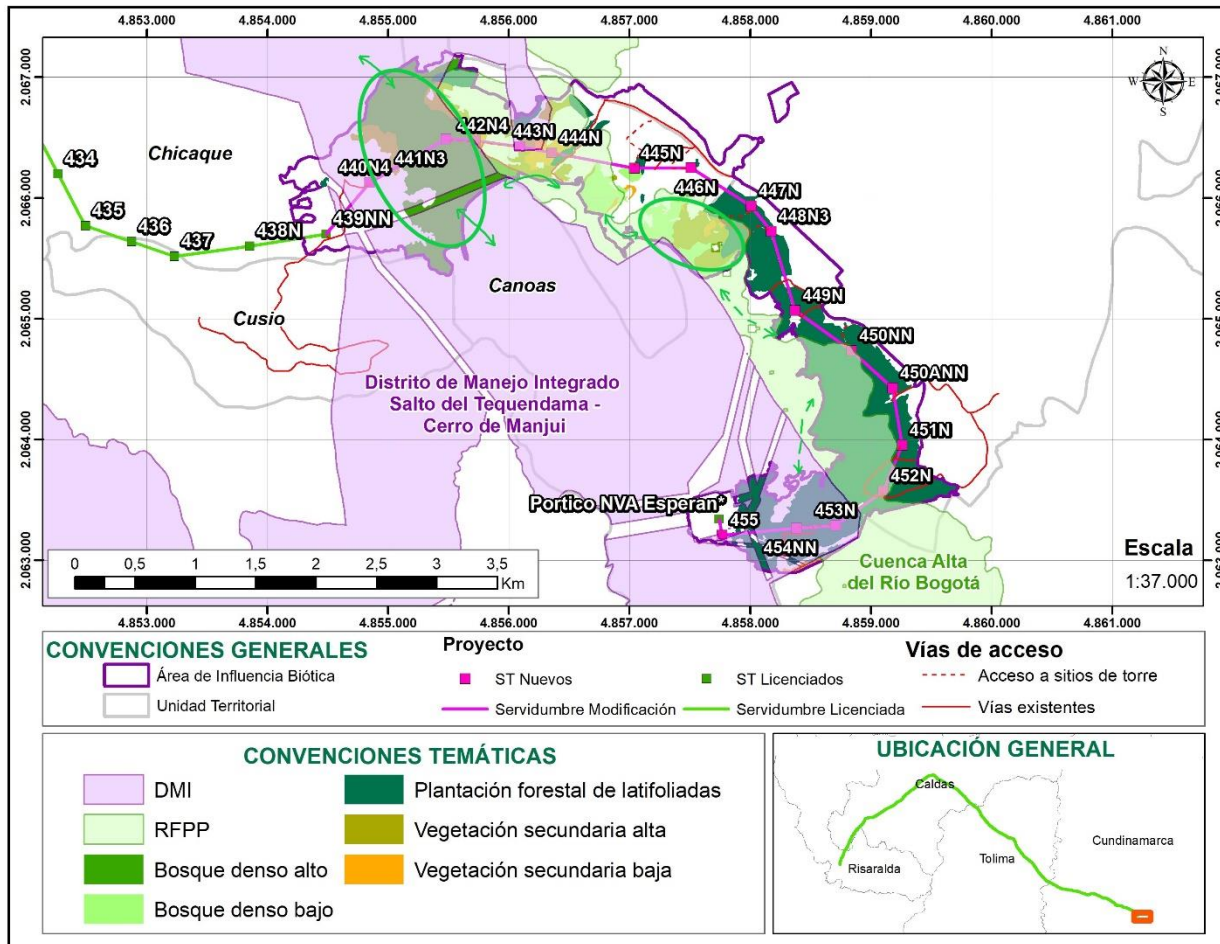
Figura 5-25 Área núcleo y ruta de menor costo en el escenario con proyecto



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

De manera complementaria, en la Figura 5-26 se muestran los focos de conectividad conceptual teniendo en cuenta áreas protegidas como el distrito de manejo integrado Salto del Tequendama Cerro de Manjui (DMI) y la Reserva Forestal Productora Protectora de la cuenca alta del Río Bogotá (RFPP), las cuales guardan relación con la ruta de menor costo analizada y el corredor determinado en el Anexo 04. Concepto Técnico 07821 (Res 170 de 2021).

Figura 5-26 Focos de conectividad conceptual según áreas protegidas



Fuente: SMAYD LTDA., 2022.

Bibliografía

- Aguilera, F. (2009). Valoración de escenarios futuros a través de la conectividad del paisaje. *Observatorio Medioambiental*, ISSN: 1139-1987. Vol. 12, 17-36. 18p.
- Aguilera, F. (2010). Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. AGUILERA, F. (2010). Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana. *Anales de Geografía*, ISSN: 0211-9803 2010, vol. 3, num 2 9-29. 12p.
- Andrade, G. (2011). *ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LA BIODIVERSIDAD EN COLOMBIA Y SUS AMENAZAS. CONSIDERACIONES PARA FORTALECER LA INTERACCIÓN CIENCIA-POLÍTICA*. Bogotá D.C.: Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- ANLA. (2018). *Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales*. Bogotá.
- Bogaert, J., Bamba, I., Koffi, K. J., Sibomana, S., Djibu, J.-P. K., Champluvier, D., & Visser, M. N. (2008). *Fragmentation of Forest Landscapes in Central Africa: Causes, Consequences and Management*. In R. Laforzezza, G. Sanesi, J. Chen, & T. R. Crow (Eds.).
- Buzai, G. (2004). Memorias del primer seminario argentino de geografía cuantitativa. *GEPAMA*, Publicación Especial de Fronteras ISSN 1667-3999.
- Calderon, A. (2017). *EPIFITARIO UN JARDÍN DENTRO DEL BOSQUE*. Bogotá, D.C.: FOTOSÍNTESIS COLOMBIA.
- Cárdenas, A. (2017). Canoas, un lugar único. *Aprendizaje Interactivo Ltda*, 14 p.
- Castrejón. (2022). Bosques Transformados ¿cómo responden las especies a los cambios? *UNAM*.
- Catalyud, T., & Velarde, D. (2015). EL ANÁLISIS DE LA TRANSFORMACIÓN ESPACIAL DEL PAISAJE: APROXIMACIÓN. *Universidad Politécnica de Madrid, C/Hiedra 173*. 28109 Alcobendas, Madrid.
- Consultoría Colombiana, S. (2016). Concesión Ruta del Cacao. *Agencia Nacional de Infraestructura*, Contrato No APP-013. Pag, 4.
- deMaynadier, P., & Hunter, M. (1997). Effects of silvicultural edges on the distribution and abundance of amphibians in Maine. *Conservation Biology*, 12: 340-352.
- Eliano, G., Somma, D., & Quintana, R. (2010). Análisis y evaluación del proceso de fragmentación de hábitat en un sector de Yungas argentinas. *RASADEP- Revista de la Asociación Argentina de Ecología de Paisajes*, 1: 67-76.
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. . *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 487-515.

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016

- Forman, R. (1998). Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions. *Cambridge University Press*, 143-156.
- García, Q. F., & Abad, S. (2014). Los corredores ecológicos y su importancia ambiental: Propuestas de actuación para fomentar la permeabilidad y conectividad aplicadas al entorno del río Cardeña (Ávila y Segovia). *Observatorio Medioambiental*, vol. 17 253-298.
- Gustafson, E. (1998). Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art. *Ecosystems*, 143 - 156 p.
- Higuera, D., & Reyes, M. (2010). EL CASO DE LOS BOSQUES DE NIEBLA DE LA FALLA DEL TEQUENDAMA: CUNDINAMARCA - COLOMBIA. *GRUPO DE ESTUDIOS EN ECONOMÍA POLÍTICA Y MEDIO AMBIENTE*.
- IAvH. (2003). *Indicadores de fragmentación de los ecosistemas en áreas de interés*. Bogotá, Colombia,: Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad, Unidad de Sistemas de Información Geográfica.
- IDEAM. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 72p.
- Kattan, G. H. (2002). Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. Págs. 561-590 en M. R. Guariguata & G. H. Kattan (eds.). *Ecología y conservación de bosques neotropicales. Libro Universitario Regional, Cartago, Costa Rica*.
- Mallarach, J. (2004). Análisis y diagnóstico de la conectividad ecológica y paisajística en el sector sur del Anillo Verde de Vitoria-Gasteiz. Centro de Estudios Ambientales. *Ayuntamiento de Vitoria Gasteiz*, Inédito.
- Matteucci, D. (2003). El paisaje visto por un ecólogo. *Contextos, revista de la facultad de arquitectura, diseño y urbanismo de la Universidad de Buenos Aires*, No. 12. P. 68 - 73.
- McGarical, K. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Gen. Tech. Report PNW-GTR-351 . USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, OR, 1995. p 22*.
- MinAmbiente y ANLA. (2018). *Metodología General para la Elaboración y Presentación de Estudios Ambientales*. Bogotá.
- POMCA. (2017). *Actualización POMCA del Río Bogotá*. Bogotá: CONTRATO DE CONSULTORÍA N°. 1412 DE 2014:.
- Primack, R. (1998). *Essentials of conservation biology*. 659 p.: 2ed. Sinaeaur.
- Roy, A., Shanthala, B., & Devi Debnath, B. M. (2010). Geospatial model for identification of potential ecological corridor in Orissa. . *Special issue on Biodiversity and Landscape Ecology. Journal of the Indian Society of Remote Sensing*.

**COMPLEMENTO DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL –
MODIFICACIÓN 2 LICENCIA AMBIENTAL RESOLUCIÓN No. 170 / 2021–
INFORMACIÓN ADICIONAL**

Segundo Refuerzo de Red en el Área Oriental: Línea de transmisión La Virginia – Nueva Esperanza 500kV - UPME 07 2016



Vargas, G. (2008). *Fragmentación y conectividad de ecosistemas en el sector del proyecto geotérmico Miravalles y sus alrededores. 1975 - 2007.* p. 87.: Revista científica Redalyc.

Wales, B. (1972). Vegetation analysis of North and South edges in a mature oakhickory forest. *Ecological Monographs*, p. 451 - 471.