



ENEL COLOMBIA S.A. E.S.P.

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE
TRANSMISIÓN A 115 kV”**

**CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA
SUBCAPÍTULO 5.2 MEDIO BIÓTICO
ACÁPITE 5.2.1.1 ECOSISTEMAS TERRESTRES - FLORA**

POR:



INGEDISA
INGENIERÍA & DISEÑO

Bogotá, septiembre de 2024



ENEL COLOMBIA S.A. E.S.P.

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE
TRANSMISIÓN A 115 kV”

CAPÍTULO 5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA
SUBCAPÍTULO 5.2 MEDIO BIÓTICO
ACÁPITE 5.2.1.1 ECOSISTEMAS TERRESTRES - FLORA
5.2.1.1.3 Análisis de fragmentación y conectividad

POR:



INGEDISA
INGENIERÍA & DISEÑO

Bogotá, septiembre de 2024

0	Versión aprobada	Ingedisa S.A.	J. Yopasa	G. Méndez	19/12/2023
Rev.	Descripción	Elaboró	Revisó	Aprobó	Fecha



	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 3

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	7
5.1 Medio Biótico	7
5.1.1 Ecosistemas	7
BIBLIOGRAFÍA.....	60

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 4

LISTADO DE FIGURAS

Pág.

Figura 5-1 Imagen satelital empleada para la interpretación de coberturas en el año 2010	10
Figura 5-2 Imagen satelital empleada para la interpretación de coberturas en el año 2021	11
Figura 5-3 Coberturas naturales y seminaturales en el año 2010	15
Figura 5-4 Coberturas naturales y seminaturales en el año 2021 y el escenario con proyecto	16
Figura 5-5 Calidad de hábitat <i>Synallaxis subpudica</i> (Sin proyecto)	45
Figura 5-6 Corredores movimiento <i>Synallaxis subpudica</i> (Sin proyecto)	46
Figura 5-7 Calidad de hábitat <i>Synallaxis subpudica</i> (Con proyecto)	47
Figura 5-8 Corredores movimiento <i>Synallaxis subpudica</i> (Con proyecto)	48
Figura 5-9 Calidad de hábitat <i>Neomicroxus bogotensis</i> (Sin proyecto)	52
Figura 5-10 Corredores movimiento <i>Neomicroxus bogotensis</i> (Sin proyecto)	53
Figura 5-11 Calidad de hábitat <i>Neomicroxus bogotensis</i> (Con proyecto)	54
Figura 5-12 Corredores movimiento <i>Neomicroxus bogotensis</i> (Con proyecto)	55

LISTADO DE TABLAS


Pág.

Tabla 5-1 Descripción de las métricas de composición (sección 1)	18
Tabla 5-2 Métricas de composición (sección 1)	18
Tabla 5-3 Descripción de las métricas de composición (sección 2)	20
Tabla 5-4 Métricas de composición (sección 2)	21
Tabla 5-5 Descripción de las métricas de composición (sección 3)	23
Tabla 5-6 Métricas de composición (sección 3)	23
Tabla 5-7 Descripción de las métricas de efecto de borde	26
Tabla 5-8 Efecto de borde y área núcleo	26
Tabla 5-9 Descripción de las métricas de forma	28
Tabla 5-10 Métricas de forma	29
Tabla 5-11 Índice de tamaño efectivo de malla (MESH) en el nivel de paisaje	32
Tabla 5-12 Índice de tamaño efectivo de malla para las coberturas naturales y seminaturales	32
Tabla 5-13 Descripción de las métricas de diversidad del paisaje	35
Tabla 5-14 Métricas a nivel de paisaje	35
Tabla 5-15 Descripción de las métricas de configuración	38
Tabla 5-16 Métricas de configuración	39

LISTADO DE GRAFICAS

Pág.


Gráfica 5-1 Área de la clase/Área total	19
Gráfica 5-2 Porcentaje del paisaje	19
Gráfica 5-3 Número de parches	19

	<p align="center">ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</p>	<p>CÓDIGO: Cap. 5.2</p> <hr/> <p>VERSIÓN: 00</p> <hr/> <p>PÁG. 5</p>
---	---	---

Gráfica 5-4 Densidad de parches.....	21
Gráfica 5-5 Índice del fragmento más grande	21
Gráfica 5-6 Total de borde	22
Gráfica 5-7 Densidad de borde	24
Gráfica 5-8 Área promedio del fragmento	24
Gráfica 5-9 Área núcleo total	27
Gráfica 5-10 Área núcleo promedio	27
Gráfica 5-11 Índice de área núcleo	27
Gráfica 5-12 Índice de forma.....	30
Gráfica 5-13 Índice de dimensión fractal	30
Gráfica 5-14 Radio de giro	30
Gráfica 5-15 Índice de tamaño efectivo de malla para las coberturas naturales y seminaturales	32
Gráfica 5-16 Índice de proximidad	39
Gráfica 5-17 Distancia euclidiana al vecino más cercano	39
Gráfica 5-18 Conectividad coberturas actuales.....	40
Gráfica 5-19 Zonas verdes urbanas.....	41
Gráfica 5-20 Vegetación secundaria alta	41
Gráfica 5-21 Vegetación secundaria baja	41
Gráfica 5-22 Plantación forestal.....	41
Gráfica 5-23 Pastos arbolados.....	42

LISTADO DE FOTOGRAFÍAS

	Pág.
Fotografía 5-1 Cercas vivas y pastos arbolados	12
Fotografía 5-2 Vegetación secundaria alta.....	13
Fotografía 5-3 Zonas verdes urbanas	13
Fotografía 5-4 Zonas pantanosas	13
Fotografía 5-5 Plantación forestal	13
Fotografía 5-6 Pastos arbolados.....	14
Fotografía 5-7 Vegetación secundaria baja.....	14
Fotografía 5-8 <i>Synallaxis subpudica</i> (Pijuí de Cundinamarca)	43
Fotografía 5-9 <i>Neomicroxus bogotensis</i> (Ratón arrocero).....	43
Fotografía 5-10 Ratón arrocero (<i>Neomicroxus bogotensis</i>) especie endémica a	50


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 6

LISTADO DE ANEXOS

1. Memorias de cálculo Fragstat
2. Memorias de cálculo conectividad funcional

LISTADO DE ANEXOS CARTOGRÁFICOS

1. Coberturas de la tierra año 2010
2. Coberturas de la tierra año 2022
3. Coberturas de la tierra con proyecto
4. Ráster conectividad funcional
5. Imagen satelital año 2010
6. Imagen Satelital año 2022

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 7

5. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

5.1 Medio Biótico

5.1.1 Ecosistemas

5.1.1.1 Ecosistemas terrestres

5.1.1.1.1 Análisis de fragmentación y conectividad

La evolución espacial de los paisajes se estudia dentro de la Ecología del paisaje a partir del análisis temporal de los elementos, los patrones espaciales de las coberturas y las interacciones que describen las principales propiedades de un paisaje que son la estructura, la función y la evolución^{1 2 3}. Concedido esto, por medio del análisis temporal, se produce la información relevante sobre las relaciones entre la estructura y los procesos ecológicos vinculados con la evolución del paisaje y los cambios de uso o las coberturas de la tierra que suceden a distintas escalas temporales y espaciales^{4 5 6 7 8 9 10 11}.

Ciertamente, el análisis de la estructura y la composición paisajística se reconoce como un factor fundamental de la distribución espacial de estas coberturas, a su vez el análisis de la dinámica de la evolución de los patrones espaciales se asocia mayormente a los procesos de la transformación y la fragmentación del paisaje a lo largo del tiempo. Es así como la comprensión de las relaciones entre la fragmentación y las tendencias evolutivas en la estructura del paisaje está enfocada cada vez más en la conservación del paisaje y constituye un elemento fundamental para el manejo de impactos en las áreas de interés¹².

Lo cierto es que la fragmentación del paisaje es un proceso dinámico que provoca que un determinado hábitat continuo conformado por extensas áreas boscosas vaya quedando

¹ FORMAN, R.T.T. y GODRON M. Landscape Ecology. John Wiley and Sons. New York USA, 1986.

² NOSS, R.F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. En: Conservation Biology, 1990. Vol. 4, p. 355-364.

³ TURNER, M. G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. En: Landscape Ecology, 1990. vol. 4 no. 1, p. 21–30. <https://doi.org/10.1007/BF02573948>

⁴ FORMAN, R.T.T. y GODRON M. Op. Cit.

⁵ O'NEILL R.V., KRUMMEL J.R., GARDNER R.H., SUGIHARA G. y JACKSON B. Indices of landscape pattern. En: Landscape Ecology, 1988. Vol. 1, p. 153-162.

⁶ SAUNDERS D.A., HOBBS R.J., y MARGULES C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. En: Conservatory Biological, 1991. vol. 5, p. 18-32. Blackwell Scientific Publications (BSP), United Kingdom.

⁷ FORMAN R.T.T. Land mosaic. The ecology of landscapes and regions. London, United Kingdom: Cambridge University Press, 1995.


⁸ BUREL F. y BAUDRY J. Ecología del paisaje. Conceptos, métodos y aplicaciones. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa, 2002.

⁹ COLLADO D., y DELLAFIORE C. M. Influencia de la fragmentación del paisaje sobre la población Del Venado De Las Pampas en el Sur de la Provincia de San Luis. En: Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA), 2003. INTA, Argentina, p.17.

¹⁰ PEÑA-CORTÉS F., REBOLLEDO G., HERMOSILLA K., HAUENSTEIN E., BERTRÁN C., SCHLATTER R., y TAPIA J. Dinámica del paisaje para el período 1980-2004 en la cuenta costera del Lago Budi, Chile. Consideraciones para la conservación de sus humedales. En: Ecología Astral 16. Córdoba, Argentina: Asociación Argentina de Ecología , 2006. p. 183-196.

¹¹ PINTO, J. Evolución del paisaje y estado de conservación de la Reserva Forestal El Choré. Santa Cruz, Bolivia: Kempffiana, 2006. Nº 2, p. 45-56.

¹² SZEK, Mariola. Fragmentación del paisaje en áreas protegidas. Universitat de Barcelona, 2012.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 8

reducido a fragmentos más pequeños y aislados inmersos en una matriz diferenciable del hábitat original. De esta manera, el hábitat es remplazado, de forma parcial o total, por una cobertura diferente, cambiando así la estructura y los aspectos funcionales. En efecto, la fragmentación altera el número de los parches, su tamaño, forma, también su configuración espacial. Desde este punto de vista, la fragmentación afecta ampliamente la vegetación natural de modo que provoca la pérdida de su potencial ecológico y de la biodiversidad debido a que la disminución de la superficie total de hábitats que conllevan a la disminución de la diversidad de tipos de hábitats naturales y seminaturales presentes en el paisaje, así como las especies de fauna¹³.

Bajo una perspectiva general, la fragmentación es generada por varios factores entre los que se destacan la tala, el cambio de uso del suelo, los incendios, la construcción de vías, ampliación de zonas urbanas, entre otros factores antrópicos. Asimismo, la fragmentación de los hábitats naturales y/o su degradación representan una gran amenaza para las áreas protegidas y zonas boscosas naturales ya que estos sitios tienen por objetivo una garantía de permanencia del estado natural y de la biodiversidad de los hábitats, de la fauna y la flora en los fragmentos del medio ambiente que protegen¹⁴.

Partiendo de estos conceptos, en el siguiente estudio se plantea caracterizar la estructura del paisaje en tres épocas distintas reuniendo un paisaje de años previos, el paisaje actual y una modelación de los posibles impactos del proyecto sobre estas coberturas actuales, y de esta manera, analizar las tendencias evolutivas del paisaje, comparando su estado en las distintas temporalidades, con el fin de determinar los patrones de la fragmentación, conectividad y, a su vez, la transformación del paisaje.

Se asegura que el período total de estudio corresponde a un lapso de 11 años aproximadamente, siendo suficiente ya que constituye una época de profundos cambios registrados en el mosaico paisajístico. Pues estos escenarios reflejan los cambios que han influenciado en la cubierta vegetal y, por lo tanto, en la estructura del paisaje del área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva. Concedido todo esto, la combinación de ambos métodos (que surgen desde la geografía física y desde la ecología del paisaje) permite identificar los cambios en los patrones espaciales^{15 16 17 18 19} y, por otro lado, sirve como base para analizar los procesos de la fragmentación del paisaje o de la cubierta vegetal en particular a lo largo del tiempo.

Partiendo de estas premisas el objetivo de este análisis es establecer el grado de fragmentación del paisaje, así como el estado de la conectividad ecológica en un rango multitemporal de 11 años, a partir del análisis de la cubierta vegetal de un paisaje de años

¹³ Ibid. p. 4.

¹⁴ Ibid. p. 5.


¹⁵ FORMAN, R.T.T. y GODRON M. Op. Cit.

¹⁶ URBAN D.L., O'NEILL R.V. y SHUGART H.H. Landscape ecology. USA: Bioscience 37, 1987. p. 119- 127.

¹⁷ TURNER M.G., GARDNER R. y O'NEILL R. Landscape Ecology in theory and practice. Pattern and process. New York, USA: Springer-Verlag, 2001. p. 401.

¹⁸ VELÁZQUEZ A., MAS J.F. y PALACIO J.L. Análisis del cambio de uso del suelo. México: Convenio INE- IG (UNAM). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2002.

¹⁹ WIENS, J.J. Can incomplete taxa rescue phylogenetic analyses from long-branch attraction?. En: Systematic Biology, 2005. vol. 54, p. 731–742. Oxford, United Kingdom.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 9

anteriores, en contraste con las coberturas interpretadas para la actualidad, ello con el fin de conocer el grado de transformación a lo largo del tiempo. Complementariamente, se modeló un escenario del proyecto en su integralidad, ello para conocer los efectos sobre las coberturas naturales y seminaturales.

- **Área de análisis**

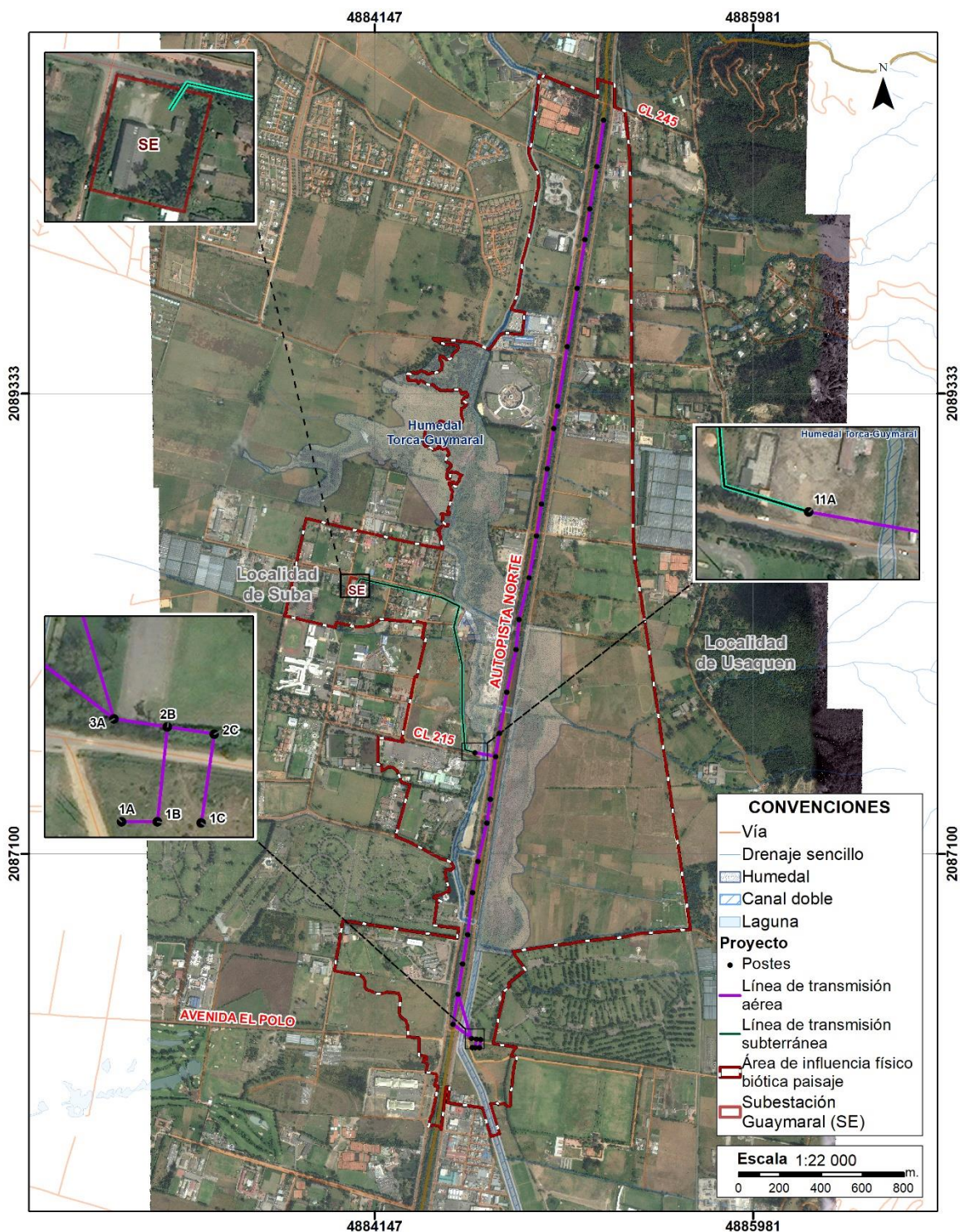
Es necesario recalcar que el presente análisis de fragmentación y conectividad fue realizado para el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva (Ver Capítulo 4 Área de influencia), correspondiente al área donde trascenderán los impactos sobre la conectividad, las coberturas vegetales, así como los impactos visuales sobre el paisaje con relación a las actividades del proyecto, siendo de importancia dicha zona para establecer las condiciones actuales de forma, configuración, borde, composición, estructura, fragmentación y conectividad de los parches, ello con el ánimo de considerarlos en las estrategias de manejo de impactos, así como establecer el efecto del aprovechamiento forestal sobre las zonas de cobertura urbana y suburbana.

La metodología empleada para el desarrollo de estos análisis puede ser consultada a detalle en el Capítulo 2 Generalidades, allí se describen los programas empleados, los insumos, entre otros.

- **Temporalidades analizadas**

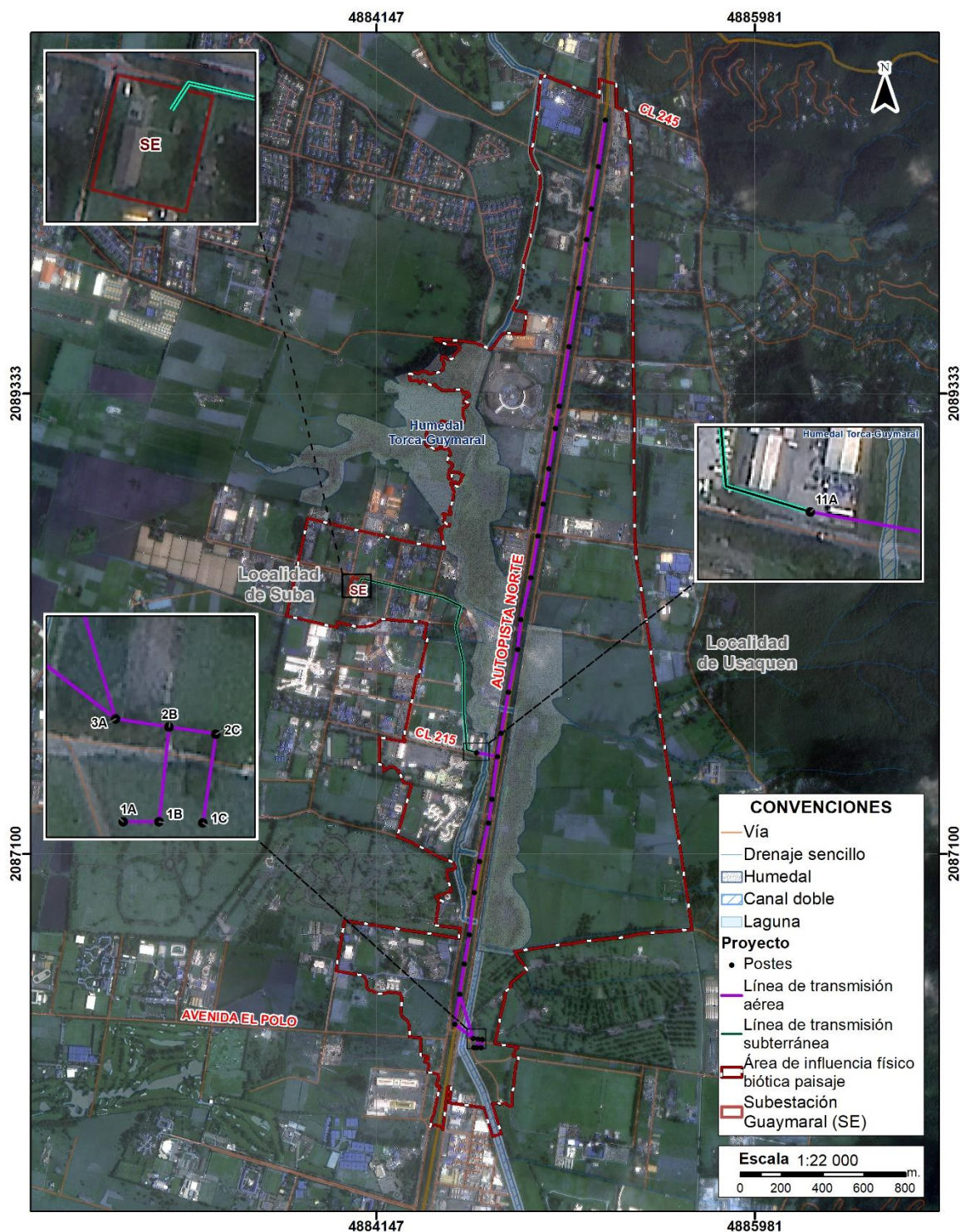
Este análisis contemplo la interpretación y análisis de las coberturas seminaturales identificadas en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva, ello para un escenario de años previos, puntualmente a partir de una imagen satelital del año 2010 y otra imagen del año 2021 correspondiente al escenario actual (Ver Figura 5-1 y Figura 5-2). De forma complementaria, se analizó un escenario “con proyecto” el cual permitió establecer el grado de afectación del proyecto sobre los fragmentos de cobertura natural y seminatural.

Figura 5-1 Imagen satelital empleada para la interpretación de coberturas en el año 2010




Fuente: Google Earth, adaptado por INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-2 Imagen satelital empleada para la interpretación de coberturas en el año 2021



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

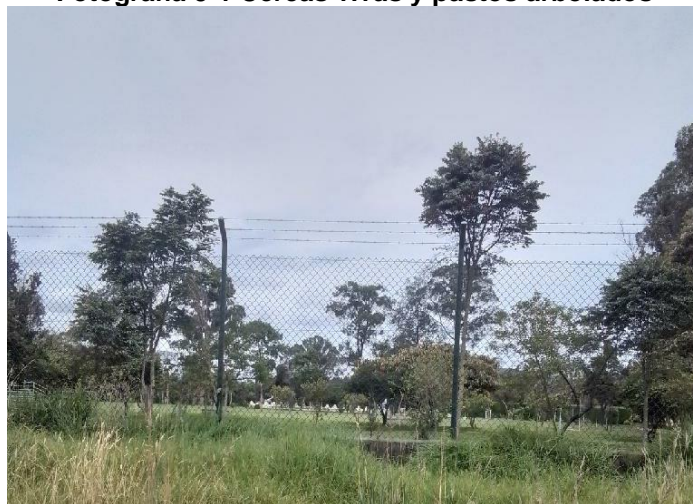
	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 12

- **Coberturas naturales y seminaturales**

El proyecto se desarrollará en un contexto rural y urbano, por lo cual se contempló el análisis de coberturas transformadas y seminaturales como el caso de **zonas verdes urbanas, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja, plantaciones forestales y pastos arbolados**, ello debido a que sus condiciones de estructura y composición florística permiten el establecimiento de nichos para la fauna, constituyen fragmentos de bosque que aportan en la conectividad espacial, siendo los únicos nichos remanentes del paisaje, y de aquí radica la importancia para el análisis de su funcionalidad en la conectividad ecológica y el grado de transformación a lo largo del tiempo a causa de las actividades, obras o proyectos que se han desarrollado en el sector.


Se analizan los pastos arbolados debido a la presencia de especies vegetales que a pesar de encontrarse disgregadas aportan en la conectividad espacial y funcional para algunas especies de fauna, además porque son frecuentadas por algunas de las especies registradas en campo. También se vinculan las zonas verdes urbanas al contener especies de flora que son frecuentadas por especies de aves, al tratarse de corredores ecológicos como el caso de las coberturas de la autopista norte que, a pesar de encontrarse aisladas por barreras como las vías, aun ostentan nichos a las especies y funcionan como zonas de paso de especies migratorias como *Tyrannus melancholicus*, *Colibri coruscans*, *Chaetocercus mulsant* y *Bubulcus ibis* (Ver Capítulo 5.2 Medio biótico-Fauna).

Fotografía 5-1 Cercas vivas y pastos arbolados



Localidad: Usaquén - Barrio: Torca I
 Coordenadas: E 4885386,63 N 2089604,40
 Altura: 2568,77 msnm Fecha: 2023-05-11
 Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Las zonas pantanosas solamente fueron evaluadas en la conectividad funcional debido a que no abarcan especies arbóreas que puedan ser analizadas como parches a través del programa empleado.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 13

Fotografía 5-2 Vegetación secundaria alta



Localidad: SUBA - Barrio: Casablanca Suba
 Coordenadas: E 4884576.779 N 2089182.211
 Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Fotografía 5-3 Zonas verdes urbanas



Localidad: Usaquén - Barrio: Torca I
 Coordenadas: E 4885178.935 N 2089889.205
 Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Fotografía 5-4 Zonas pantanosas




Localidad: Usaquén - Barrio: Torca I
 Coordenadas: E 4884777.744 N 2086978.685
 Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Fotografía 5-5 Plantación forestal



Localidad: Suba - Barrio: Casablanca suba
 Coordenadas: E 4884649 N 2089534
 Fuente: INGEDISA S.A., 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 14

Fotografía 5-6 Pastos arbolados



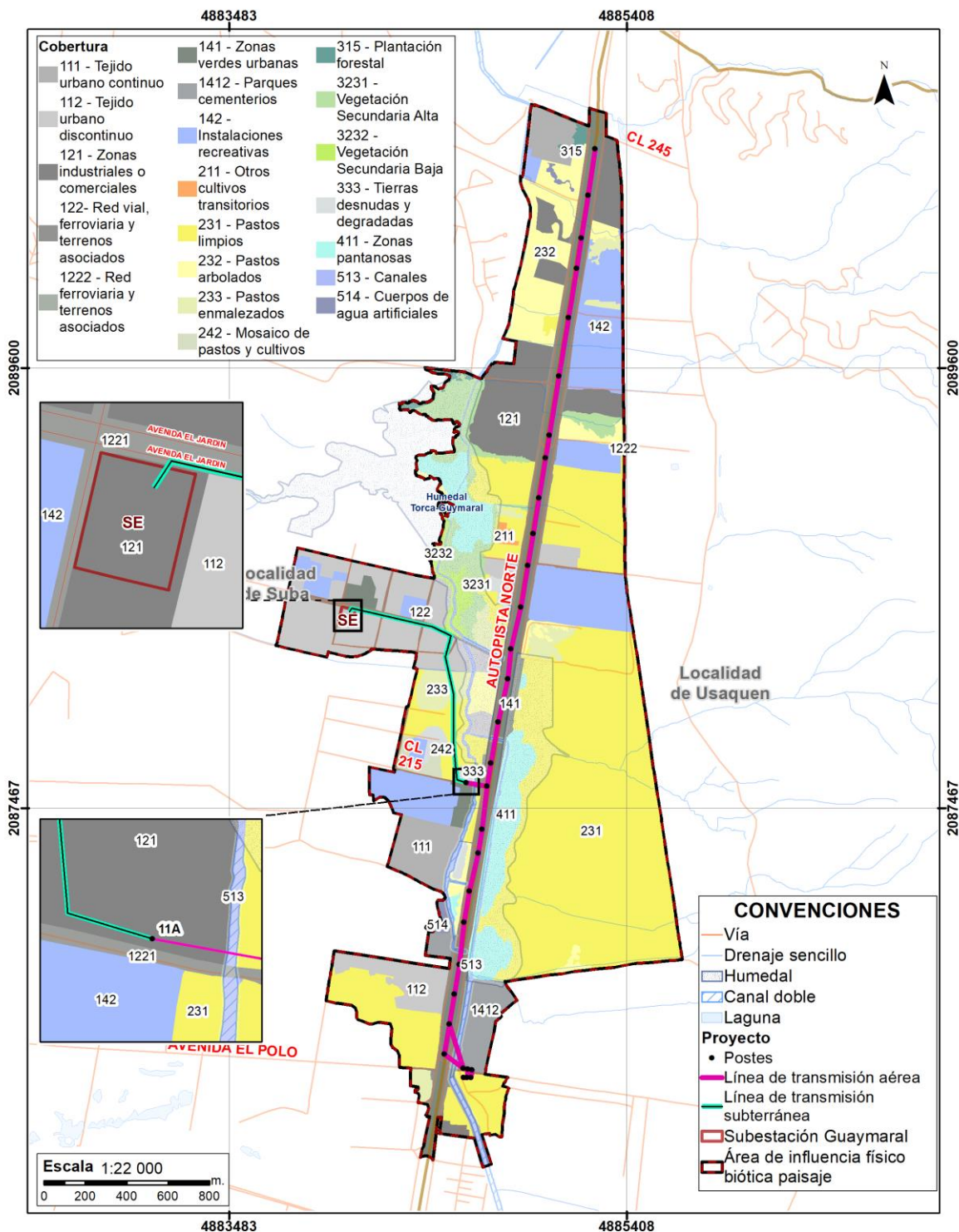
Localidad: Suba - Barrio: Casablanca suba urbano
 Coordenadas: E 4885061,59 N 2089711,85
 Altura: 2556,23 msnm Fecha: 2023-05-17
 Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Fotografía 5-7 Vegetación secundaria baja



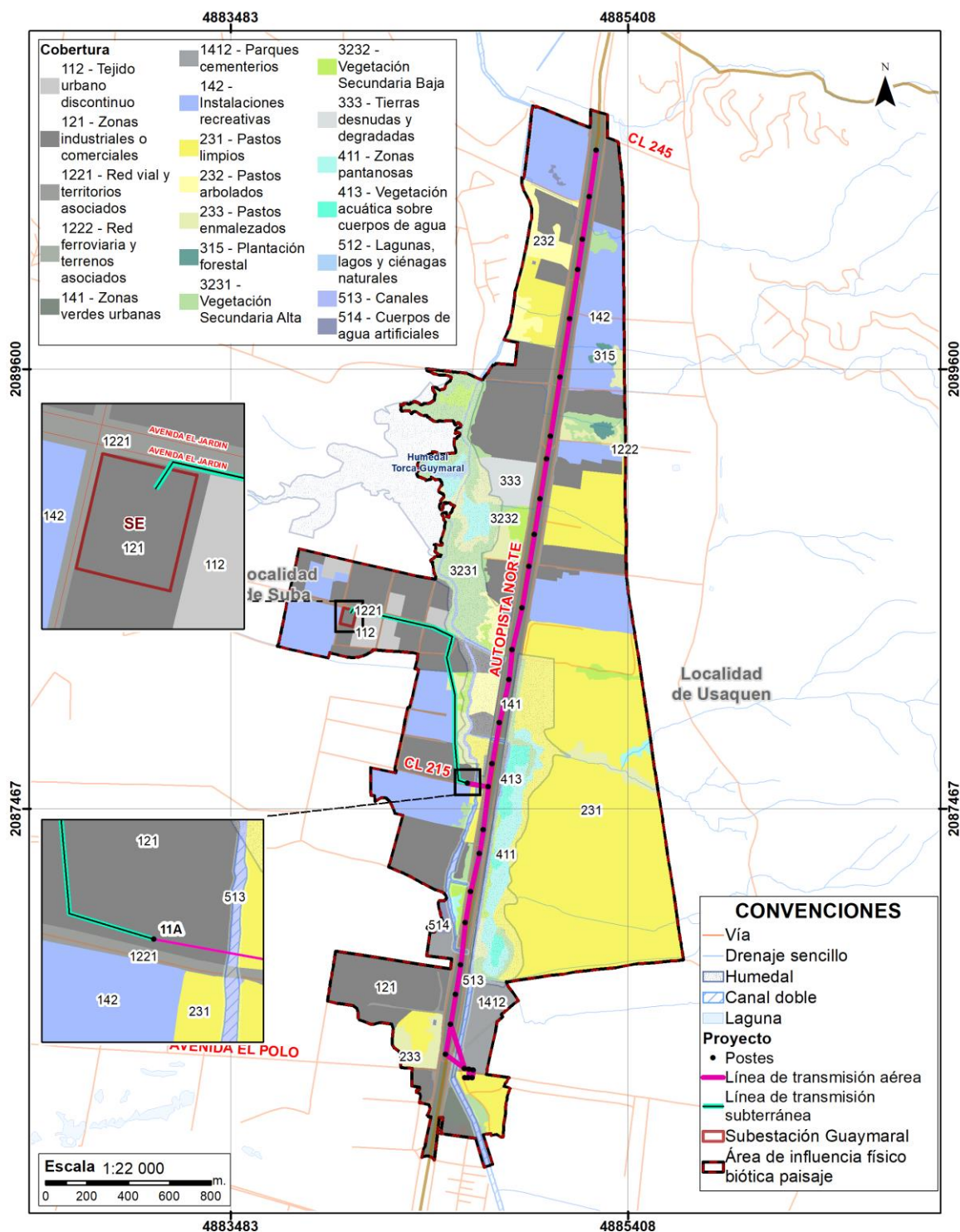
Barrio: Casablanca Suba urbano
 Coordenadas E 4884697 N 2088714
 Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-3 Coberturas naturales y seminaturales en el año 2010




Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-4 Coberturas naturales y seminaturales en el año 2021 y el escenario con proyecto



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 17

- **Fragmentación**

En esta sección se presentan los resultados de las métricas de fragmentación que reúnen aspectos de cambios en la composición de fragmentos, su forma, borde, área núcleo y estructura a partir de las modificaciones antrópicas y con el desarrollo del proyecto.

- **Métricas de composición**


En el paisaje actual, la cobertura que ocupa la mayor extensión en el área de influencia físico-biótica-paisaje definitiva son las Zonas verdes urbanas (Zvu) abarcando 32,24 hectáreas (PLAND= 7,13%), en segundo lugar, se encuentra la Vegetación secundaria alta (Vsa) con 26,95 hectáreas (PLAND= 5,95%) y en tercer lugar se encuentran los Pastos arbolados (Pa) con 10,66 hectáreas (PLAND= 2,36%). Por su parte, la Vegetación secundaria baja (Vsb) abarca 7,31 hectáreas (PLAND= 1,62%) y la Plantación forestal (Pf) tienen una baja extensión en el paisaje, tal como puede apreciarse en la Tabla 5-2, Gráfica 5-1 y Gráfica 5-2. Concedido esto, las coberturas seminaturales tienen una baja representatividad en el paisaje (17,38%).

Actualmente, el mayor número de parches pertenece a la cobertura de Zonas verdes urbanas con un total de 9 parches, la cual, también cuenta con una mayor densidad de parches por unidad de área (PD=1,99 parches/100ha), seguido de la Vegetación secundaria alta con 9 parches y una densidad de 1,99 parches/100ha, le sigue la Vegetación secundaria baja con 7 parches (PD= 1,55 parches/100ha), los pastos arbolados con 4 parches (PD= 0,88 parches/100ha) y la plantación forestal con 2 parches (PD= 0,44 parches/100ha) (Ver Tabla 5-2, Tabla 5-4 y Gráfica 5-3).

En el año 2010 las coberturas seminaturales o transformadas de Zonas verdes urbanas y Vegetación secundaria alta presentaban una menor extensión en comparación con el escenario actual, en tanto que las coberturas de Pastos arbolados, la Plantación forestal y Vegetación secundaria baja presentaban una mayor extensión en el año 2010, ver Tabla 5-2, Gráfica 5-1 y Gráfica 5-2. Con ello se asegura que a lo largo de los años se generó una ampliación de la frontera agropecuaria e infraestructura en algunos sectores del paisaje, motivo por el cual las coberturas presentaron una reducción en su extensión total a lo largo del tiempo, así como también se evidencian procesos sucesionales que conllevaron al aumento de las Zonas verdes urbanas y Vegetación secundaria alta.

De igual forma, del año 2010 al 2021, se presenta un incremento en el número y densidad de parches de las coberturas de Zonas verdes urbanas, con una reducción de la cantidad y densidad de los parches de Pastos arbolados y Vegetación secundaria baja. En tanto que las coberturas de Vegetación secundaria alta y Plantación forestal se mantuvieron en similares condiciones de cantidad de fragmentos (Ver Tabla 5-2 y Gráfica 5-3). Con base en ello se aprecian a lo largo de los años procesos de afectación antrópica en las coberturas como resultado de la ampliación de la frontera agropecuaria e infraestructura.

Ahora bien, con el desarrollo del proyecto no se aprecian cambios en la extensión de las coberturas identificadas, a excepción de las Zonas verdes urbanas que presentan notorios

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 5.2
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 18

cambios en el escenario con proyecto como resultado del aprovechamiento forestal en sitios de poste, la servidumbre aérea y subterránea (Ver Tabla 5-1, Gráfica 5-1 y Gráfica 5-2). De similar manera ocurre con la cantidad de parches, con una tendencia al aumento considerable de fragmentos en el escenario con proyecto para estas zonas verdes urbanas, pasando de 9 parches a 24 parches (Ver Tabla 5-1 y Gráfica 5-3).

En síntesis, no se aprecian cambios relevantes en el porcentaje que ocupan la mayoría de las coberturas seminaturales en el paisaje (PLAND) a excepción de las zonas verdes urbanas.

Tabla 5-1 Descripción de las métricas de composición (sección 1)

Símbolo	Unidad	Nombre del índice	Descripción
CA/TA	ha	Área de la clase/Área total	CA: Corresponde al área (ha) que ocupa la clase o cobertura en el área total del paisaje. TA: Corresponde al área total del paisaje ²⁰ .
PLAND	(%)	Porcentaje del paisaje	Porcentaje (%) ocupado por un tipo de cobertura en el total del paisaje. El valor se aproxima a 0 cuando el tipo de cobertura disminuye su área y se acerca a 100 cuando domina el total del paisaje ²¹ .
NP	Unidad	Número de parches	Corresponde al número de parches de un mismo tipo de cobertura, para un análisis a nivel de clase ²² . A nivel de paisaje, corresponde al número total de parches en el área de estudio.

Nota: MN= Media; (--) = Sin unidad

Fuente: Adaptado por INGEDISA S.A., 2023 a partir de los autores citados en la anterior tabla

Tabla 5-2 Métricas de composición (sección 1)

Nombre cobertura	Símbolo cobertura	CA (ha)			PLAND (%)			NP (#parches)		
		Año 2010	Año 2021	Con proyecto	Año 2010	Año 2021	Con proyecto	Año 2010	Año 2021	Con proyecto
Zonas verdes urbanas	Zvu	30,80	32,24	25,63	6,81	7,13	5,66	8	9	24
Pastos arbolados	Pa	13,06	10,66	10,66	2,89	2,36	2,36	8	4	4
Vegetación secundaria alta	Vsa	24,62	26,95	26,95	5,44	5,95	5,95	9	9	9
Plantación forestal	Pf	2,42	1,50	1,50	0,53	0,33	0,33	2	2	2
Vegetación secundaria baja	Vsb	14,38	7,31	7,31	3,18	1,62	1,62	8	7	7
Total		85,27	78,65	72,03	18,85	17,38	15,92	35	31	46

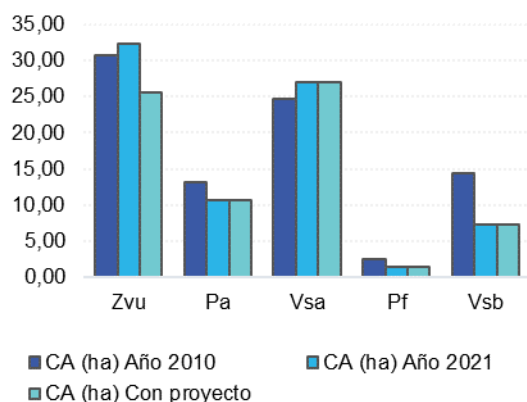
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

²⁰ MARÍN-VALENCIA, A. L., TORO-RESTREPO, L. J., y URIBE-SOTO, S. I. Conectividad estructural del paisaje cafetero en la cuenca alta del río San Juan, suroeste antioqueño, Colombia. En: Boletín de Ciencias de La Tierra, 2008. vol. 23, p. 43–54.

²¹ TURNER, M. G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. En: Landscape Ecology, 1990. vol. 4 no. 1, p. 21–30. <https://doi.org/10.1007/BF02573948>

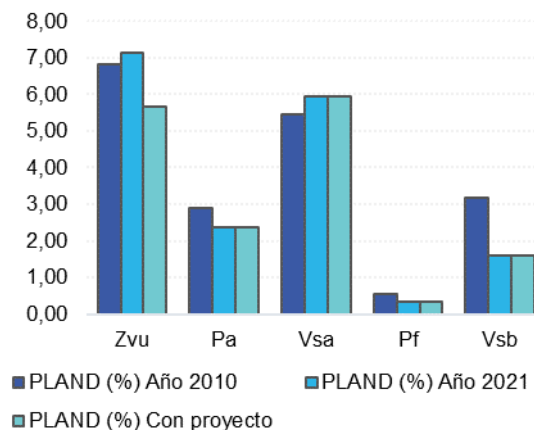
²² MARÍN-VALENCIA, A. L., TORO-RESTREPO, L. J., y URIBE-SOTO, S. I. Op. Cit. p. 43–54.

Gráfica 5-1 Área de la clase/Área total



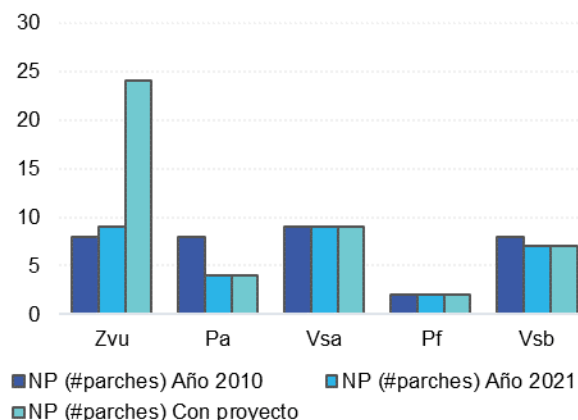
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-2 Porcentaje del paisaje




Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-3 Número de parches



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

En el escenario actual, el fragmento o parche de mayor tamaño corresponde a la cobertura de Vegetación secundaria alta (LPI=2,34%), le sigue las Zonas verdes urbanas (LPI=1,98%), ocupando una mayor proporción en el paisaje comparado con los demás fragmentos. Por otra parte, los parches con mayor longitud de borde (perímetro) corresponden a la cobertura de Vegetación secundaria alta (TE= 1750 metros; ED= 3,87 ha-1), la Vegetación secundaria baja (TE= 1375 metros; ED= 3,04 metros ha-1) y los Pastos arbolados (TE= 1095 metros; ED= 2,42 metros ha-1) (Ver Tabla 5-4 y Gráfica 5-6). Lo anterior guarda relación con los resultados de las métricas de forma, debido a que estos parches presentan las formas más irregulares y elongadas (Ver Tabla 5-10), pero también debido a que presentan una gran cantidad de parches y mayor tamaño promedio (Ver Tabla 5-2).

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 5.2
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 20

Por el contrario, la cobertura seminatural de Zonas verdes urbanas y Plantación forestal presentan una menor longitud de borde o perímetro (Ver Tabla 5-4, Gráfica 5-6 y Gráfica 5-7), a causa de la cantidad de parches y formas más regulares (Ver Tabla 5-2 y Tabla 5-10).

Del año 2010 se pueden apreciar cambios en los parches más grandes, en particular la Vegetación secundaria alta, la Plantación forestal y la Vegetación secundaria baja, ver Tabla 5-4 y Gráfica 5-5, lo anterior como resultado de la sucesión natural y eventos antrópicos. Por otra parte, los parches de mayor extensión de las coberturas de Zonas verdes urbanas y Pastos arbolados no reflejan cambios significativos desde el año 2010 al 2021 en términos de extensión.

También se aprecia un incremento del borde, densidad de borde y perímetro de parches de la mayoría de las coberturas seminaturales de Pastos arbolados, Vegetación secundaria alta y Vegetación secundaria baja, a diferencia de la plantación forestal y las zonas verdes urbanas, tal como se aprecia en la Tabla 5-4, Gráfica 5-6 y Gráfica 5-7.

En el escenario con proyecto se verán afectados levemente algunos de los parches de mayor tamaño de la cobertura de zonas verdes urbanas, ello a razón de la intervención por los sitios requeridos para la línea de transmisión aérea; sitios de postes, vanos, con acercamiento, zonas de uso temporal, además de aquellas áreas asociadas a la línea de transmisión subterránea (zanja abierta, cajas de empalme y de dirección) y la subestación, en las zonas de borde y área núcleo, no obstante, se resalta que estos cambios son a nivel de parche. Es de añadir que las demás coberturas no reflejan cambios en los parches de mayor extensión como resultado de las actividades descritas, tal como se aprecia en la Tabla 5-4 y Gráfica 5-5.

Por otra parte, no se aprecian cambios en el borde y perímetro de los parches de cobertura vegetal seminatural identificados por la intervención requerida en estas zonas, puntualmente por los sitios de estructura del proyecto y áreas de uso temporal, tal como se aprecia en la Tabla 5-4, Gráfica 5-6 y Gráfica 5-7. Con ello se asume que las áreas de intervención del proyecto no afectarían los bordes de parches de estas coberturas.

Tabla 5-3 Descripción de las métricas de composición (sección 2)

Símbolo	Unidad	Nombre del índice	Descripción
PD	(#parches/100ha)	Densidad de parches	Número de fragmentos de un tipo de cobertura en 100 hectáreas. El valor mínimo de NP ocurre cuando el total del paisaje es dominado por un solo fragmento que ocupa toda el área del mismo ^{23 24} .
LPI	(%)	Índice del fragmento más grande	Porcentaje (%) que ocupa el fragmento más grande de cada tipo de cobertura en el total del paisaje, si se calcula en el nivel de clase, de lo contrario corresponde al porcentaje que ocupa el fragmento más grande en el total del paisaje. El valor se aproxima a 0 cuando el área de fragmento más grande de la clase es muy pequeña y es igual a 100 cuando el total del paisaje consiste en un solo fragmento que

²³ FRANKLIN, J. F., y FORMAN, R. T. T. Creating landscape patterns by forest cutting: Ecological consequences and principles. En: Landscape Ecology, 1987. vol. 1, no. 1, p. 5–18. <https://doi.org/10.1007/BF02275261>

²⁴ SAURA, S., y MARTINEZ-MILLAN, J. Sensitivity of Landscape Pattern Metrics to Map Spatial Extent. En: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2001. vol. 67, no. 9, p.1027–1036.

Símbolo	Unidad	Nombre del índice	Descripción
			ocupa el 100% del área del mismo ^{25 26 27} .
TE	m	Total, de borde	Corresponde a la suma de las longitudes de borde de todos los fragmentos que involucran el tipo de cobertura ²⁸ .

Nota: MN= Media; (--) = Sin unidad

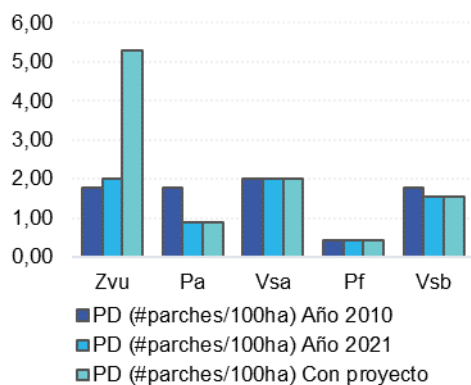
Fuente: Adaptado por INGEDISA S.A., 2023 a partir de los autores citados en la anterior tabla

Tabla 5-4 Métricas de composición (sección 2)

Nombre cobertura	Símbolo cobertura	PD (#parches/100ha)			LPI (%)			TE (m)		
		Año 2010	Año 2021	Con proyecto	Año 2010	Año 2021	Con proyecto	Año 2010	Año 2021	Con proyecto
Zonas verdes urbanas	Zvu	1,77	1,99	5,30	1,98	1,98	0,93	0	0	0
Pastos arbolados	Pa	1,77	0,88	0,88	0,91	0,91	0,91	705	1095	1095
Vegetación secundaria alta	Vsa	1,99	1,99	1,99	2,05	2,34	2,34	1740	1750	1750
Plantación forestal	Pf	0,44	0,44	0,44	0,39	0,19	0,19	340	340	340
Vegetación secundaria baja	Vsb	1,77	1,55	1,55	1,06	0,41	0,41	985	1375	1375

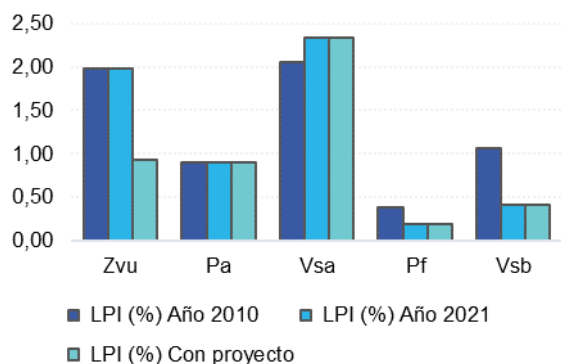
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-4 Densidad de parches



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-5 Índice del fragmento más grande



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

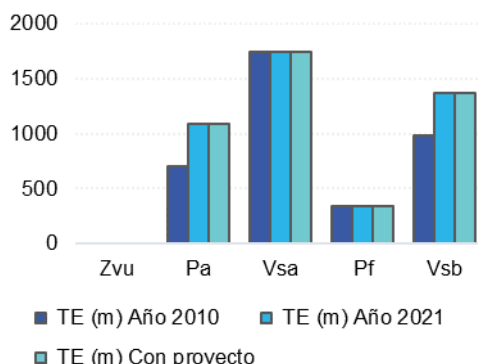
²⁵ FORMAN, R. T. Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, 1995.

²⁶ SAURA, S., y MARTINEZ-MILLAN, J. Op. Cit. p.1027–1036.

²⁷ WITH, K. A., y KING, A. W. Dispersal success on fractal landscapes: a consequence of lacunarity thresholds. En: Landscape Ecology, 1999. vol. 14, no. 1, p. 73–82. <https://doi.org/10.1023/A:1008030215600>

²⁸ SANTOS, A. R., ANTONIO ALVARES SOARES RIBEIRO, C., OLIVEIRA PELUZIO, T. M., ESTEVES PELUZIO, J. B., QUEIROZ, V. T., FIGUEIRA BRANCO, E. R., LORENZON, A. S., DOMINGUES, G. F., MARCATTI, G. E., CASTRO, N. L. M., TEIXEIRA, T. R., SANTOS, G. M. A. D. A., SANTOS MOTA, P. H., FERREIRA DA SILVA, S., VARGAS, R., CARVALHO, J. R., MACEDO, L. L., SILVA ARAÚJO, C., y ALMEIDA, S. L. H. Geotechnology and landscape ecology applied to the selection of potential forest fragments for seed harvesting. En: Journal of Environmental Management, 2016. vol. 183, p. 1050–1063. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.073>

Gráfica 5-6 Total de borde



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

En el paisaje actual, el tamaño promedio de los parches oscila entre 0,75 y 3,58 hectáreas, siendo superiores para las Zonas verdes urbanas (AREA_MN= 3,58 ha) y la Vegetación secundaria alta (AREA_MN= 2,99 ha), cuyas condiciones son atribuibles parches urbanos tipo fuente. Por el contrario, las coberturas seminaturales que cuentan con pequeño tamaño promedio de parches son la Vegetación secundaria baja (AREA_MN= 1,04 ha) y la Plantación forestal (AREA_MN= 0,75 ha), ello como resultado de las condiciones de borde, perímetro, área núcleo o cantidad de parches. En cambio, los pastos arbolados presentan un tamaño promedio moderado (AREA_MN= 2,66 ha) (Ver Tabla 5-6 y Gráfica 5-8).

Del año 2010 al 2021 se pueden apreciar cambios en el tamaño promedio de los parches de cobertura seminatural con una tendencia a la reducción leve a moderada del tamaño promedio de los fragmentos de las Zonas verdes urbanas, Plantación forestal y Vegetación secundaria baja, y un aumento leve de los Pastos arbolados y Vegetación secundaria alta (Ver Tabla 5-6 y Gráfica 5-8), ello con relación a los cambios en el número de parches y su extensión. Estos cambios en el tamaño de los parches de coberturas naturales pueden ser el resultado de los impactos antrópicos o procesos de sucesión natural que a lo largo de los años condicionaron la transformación de estas coberturas, pasando a tener parches de menor tamaño o que pasaron a conformar coberturas de mayor porte (Ver Tabla 5-6 y Gráfica 5-8).

Respecto al escenario con proyecto se identifican notorios cambios en el tamaño promedio de los parches de las zonas verdes urbanas, particularmente en las zonas de borde y área núcleo, tal como se aprecia en la Tabla 5-6 y Gráfica 5-8, ello debido a la localización de infraestructura en dichas zonas, por lo que serán compensadas dichas coberturas a través de los lineamientos de Plan de Compensación del medio biótico (Ver Capítulo 10.2.2. Plan de Compensación por Pérdida de Biodiversidad). Por el contrario, las demás coberturas seminaturales no reflejan cambios en el tamaño promedio (Ver Tabla 5-6 y Gráfica 5-8).


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 23

Tabla 5-5 Descripción de las métricas de composición (sección 3)

Símbolo	Unidad	Nombre del índice	Descripción
ED	m ha ⁻¹	Densidad de borde	Corresponde a la suma de las longitudes de borde de todos los fragmentos en el paisaje dividido por el total de área del paisaje ²⁹ . El incremento en este valor usualmente indica fragmentación de parches. Si el (CORE) ÁREA incrementa y ED decrece, aumenta la ocurrencia de los mismos, así como una expansión de los parches existentes ³⁰ .
AREA (MN)	ha	Área del fragmento	AREA_MN: Corresponde al tamaño medio del fragmento. Muestra la superficie media de los parches individuales de cada tipo de cobertura ³¹ . El coeficiente de variación (CV) describe el área viable usado como hábitat de especies especialistas. Una reducción en el ÁREA al nivel de clase usualmente indica incremento en la fragmentación de coberturas. El ÁREA a nivel de parche provee la dimensión de cada parche, haciendo uso del mismo raster empleado para el análisis a nivel de clase, el cual puede ser usado en combinación con los resultados a nivel de clase para verificar cuales parches se encuentran por debajo del promedio ponderado de cada tipo de cobertura ³² .

Nota: MN= Media; (--) = Sin unidad

Fuente: Adaptado por INGEDISA S.A., 2023 a partir de los autores citados en la anterior tabla

Tabla 5-6 Métricas de composición (sección 3)

Nombre cobertura	Símbolo cobertura	ED (m ha-1)			AREA_MN (ha)		
		Año 2010	Año 2021	Con proyecto	Año 2010	Año 2021	Con proyecto
Zonas verdes urbanas	Zvu	0,00	0,00	0,00	3,85	3,58	1,07
Pastos arbolados	Pa	1,56	2,42	2,42	1,63	2,66	2,66
Vegetación secundaria alta	Vsa	3,85	3,87	3,87	2,74	2,99	2,99
Plantación forestal	Pf	0,75	0,75	0,75	1,21	0,75	0,75
Vegetación secundaria baja	Vsb	2,18	3,04	3,04	1,80	1,04	1,04

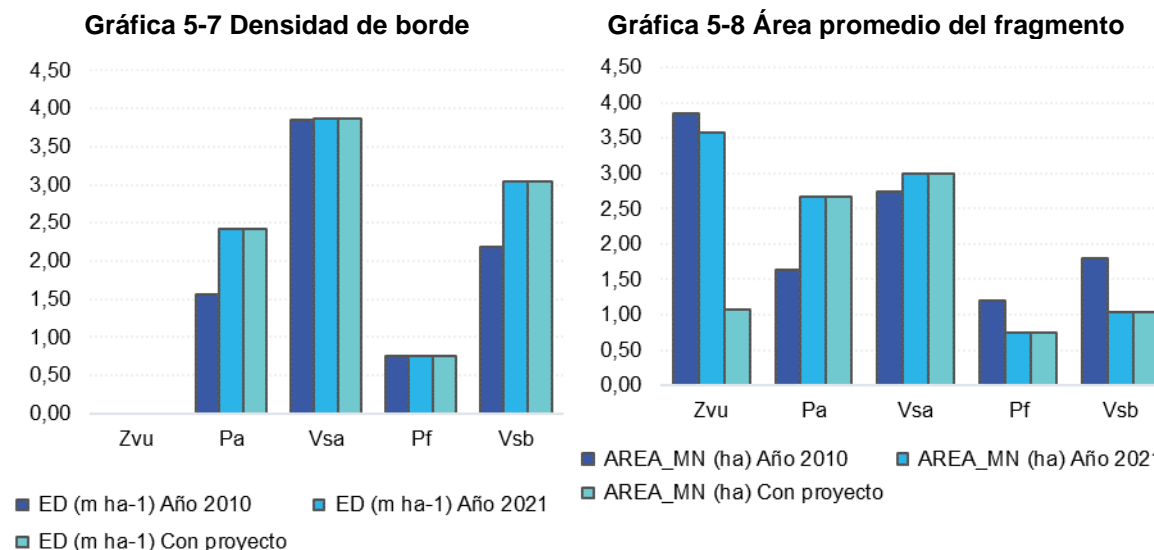
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

²⁹ Ibid.

³⁰ BABÍ ALMENAR, J., BOLOWICH, A., ELLIOT, T., GENELETTI, D., SONNEMANN, G., y RUGANI, B. Assessing habitat loss, fragmentation and ecological connectivity in Luxembourg to support spatial planning. En: Landscape and Urban Planning, 2019. vol. 189, p. 335–351. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.05.004>

³¹ AGUILERA BENAVENTE, Francisco. Op. Cit. p. 9-29.

³² BABÍ ALMENAR, J., BOLOWICH, A., ELLIOT, T., GENELETTI, D., SONNEMANN, G., y RUGANI, B. Op. Cit. p. 335–351.



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Fuente: INGEDISA S.A., 2023


▪ Métricas de borde

En el paisaje actual, las Zonas verdes urbanas presentan un menor efecto de borde (TCA= 19,04 hectáreas), le sigue la Vegetación secundaria alta (TCA= 14,34 hectáreas), ello relacionado una mayor proporción de área núcleo total, con el número de parches, mayor longitud de borde o mayor tamaño promedio de los fragmentos respecto a las demás coberturas. Por el contrario, las demás coberturas seminaturales se encuentran mayormente afectadas por el efecto de borde, relacionado con una menor extensión en el paisaje en comparación con las demás coberturas, ver Gráfica 5-9 y Tabla 5-8.

En el área de estudio el valor promedio de área núcleo oscila entre 0,39 a 2,12 hectáreas, siendo superior para las zonas verdes urbanas (CORE_MN= 2,12 hectáreas; CAI_MN=53,81%) y la Vegetación secundaria alta (CORE_MN= 1,59 hectáreas; CAI_MN=40,58%). Por este motivo, dichas coberturas fueron consideradas durante la modelación de corredores de menor costo para las especies de fauna seleccionadas, con el fin de identificar las rutas de desplazamiento de la fauna entre zonas núcleo. Estos parches poseen dicha condición debido a su mayor cantidad de parches y mayor tamaño promedio (Ver Tabla 5-8, Gráfica 5-10 y Gráfica 5-11).

Las coberturas con un moderado a bajo tamaño promedio de área núcleo corresponden a las coberturas de Plantación forestal, Vegetación secundaria baja y los pastos arbolados, tal como se aprecia en la Tabla 5-8, Gráfica 5-10 y Gráfica 5-11, por lo cual funcionarían en el paisaje como parches sumidero o zonas de tránsito temporal para la búsqueda de alimento por parte de la fauna urbana.

Los fragmentos de cobertura presentan entre 37,63% y 62,63% de área sin efecto de borde,

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 25

siendo este valor correspondiente a la proporción del parche que es área núcleo y por tanto no sufre los efectos de borde. Dicho esto, los parches de cobertura seminatural cuentan con una baja a moderada proporción de área sin efecto de borde, con valores cercanos al 60% de área núcleo para la mayoría de las coberturas considerando una profundidad de borde de 10 metros, siendo así menormente influenciados por el efecto de borde en estas zonas núcleo. Lo anterior se debe a que este paisaje se encuentra representado por una matriz antrópica, con parches de mediano y pequeño tamaño que cuentan con un área núcleo transformada, también al encontrarse poco representados en términos de cantidad de parches.

Del año 2010 al 2021 se puede apreciar una reducción en el área núcleo total y área núcleo promedio de los Pastos arbolados, Plantación forestal y la Vegetación secundaria baja, con un incremento para las Zonas verdes urbanas y la Vegetación secundaria alta como resultado de los eventos sucesionales (Ver Gráfica 5-9 y Tabla 5-8). Los anteriores cambios se son el resultado de modificaciones en la cantidad de parches, tamaño promedio, perímetro y extensión total, generados principalmente por eventos de alteraciones antrópicas o eventos de sucesión. Es de resaltar que para el año 2010 la Plantación forestal y Vegetación secundaria baja contaban con una baja proporción de área núcleo, en cambio las Zonas verdes urbanas presentaban la mayor proporción de área núcleo.

En cuanto al índice de área núcleo, este refleja que las coberturas seminaturales que se sometieron a un efecto de borde en tal periodo, dados los cambios en la composición de parches fueron la Plantación forestal y la Vegetación secundaria baja, ello debido a la reducción de su porcentaje de área núcleo. Contrario a ello, para las Zonas verdes urbanas, Pastos arbolados y Vegetación secundaria alta se aprecia un aumento en el porcentaje de área núcleo en dicho periodo como resultado de los eventos de sucesión.

Respecto a lo anterior se resalta que los efectos de borde que evidenciaron las coberturas del año 2010 al 2021 obedecen a impactos antrópicos. Para la Zonas verdes urbanas, Pastos arbolados y Vegetación secundaria obedecen a dinámicas sucesionales, las cuales generaron cambios en la extensión de las coberturas, su cantidad de parches y tamaño promedio, de igual forma podría hablarse de una recuperación de las zonas núcleo de la cobertura a lo largo de los años consecuente de los procesos de sucesión.

Por su parte, en el escenario con proyecto, se aprecian cambios notorios en el área núcleo total de la cobertura de Zonas verdes urbanas, sin afectarse el área núcleo total, el área núcleo y el porcentaje promedios de área núcleo de las demás coberturas (Ver Tabla 5-8, Gráfica 5-9, Gráfica 5-10 y Gráfica 5-11). Lo anterior como resultado del aprovechamiento forestal en la subestación, los sitios de postes, la servidumbre aérea y subterránea. Estas variaciones en el área núcleo total de las coberturas repercute en cambios del tamaño promedio de área núcleo de los parches, también son evidentes los cambios en el valor del índice de área núcleo lo que indica que hay algunos efectos de borde relativos a cambios en la proporción del parche que es área núcleo como consecuencia de la localización de infraestructura en su interior o en las zonas de borde de estos parches.


	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 26

Tabla 5-7 Descripción de las métricas de efecto de borde

Símbolo	Unidad	Nombre del índice	Descripción
TCA	ha	Área núcleo total	Corresponde a la sumatoria de las áreas núcleo de los fragmentos del mismo tipo de cobertura para el análisis a nivel de clase. Para el nivel de paisaje corresponde a la sumatoria de áreas núcleo de todos los fragmentos ³³ .
CORE (MN)	ha	Área núcleo	Corresponde al área (m ²) dentro del parche que no sufre efecto de borde, dividido en 10.000 para convertirlo en hectáreas ³⁴ . Es equivalente al promedio ponderado de la cantidad de área interna del parche de cada clase de cobertura; describe el área disponible como hábitat de especies especialistas teniendo en cuenta aquellas áreas externas del parche que no será usado por las mismas ³⁵ .
CAI (MN)	(%)	Índice de área núcleo	Corresponde al área núcleo del parche (m ²) dividido por el área total del fragmento (m ²) multiplicado por 100 para convertirlo en porcentaje; es igual al porcentaje de un parche que es área núcleo y por tanto no sufre efecto de borde ³⁶ .

Nota: MN= Media; (--) = Sin unidad

Fuente: Adaptado por INGEDISA S.A., 2023 a partir de los autores citados en la anterior tabla

Tabla 5-8 Efecto de borde y área núcleo

Nombre cobertura	Símbolo cobertura	TCA (ha)			CORE_MN (ha)			CAI_MN (%)		
		Año 2010	Año 2021	Con proyecto	Año 2010	Año 2021	Con proyecto	Año 2010	Año 2021	Con proyecto
Zonas verdes urbanas	Zvu	18,15	19,04	5,70	2,27	2,12	0,24	52,83	53,81	11,33
Pastos arbolados	Pa	8,28	6,68	6,68	1,03	1,67	1,67	46,94	62,63	62,63
Vegetación secundaria alta	Vsa	12,45	14,34	14,34	1,38	1,59	1,59	33,46	40,58	40,58
Plantación forestal	Pf	1,39	0,79	0,79	0,69	0,39	0,39	56,67	52,83	52,83
Vegetación secundaria baja	Vsb	9,01	3,11	3,11	1,13	0,44	0,44	47,03	37,63	37,63

Fuente: INGEDISA S.A., 2023

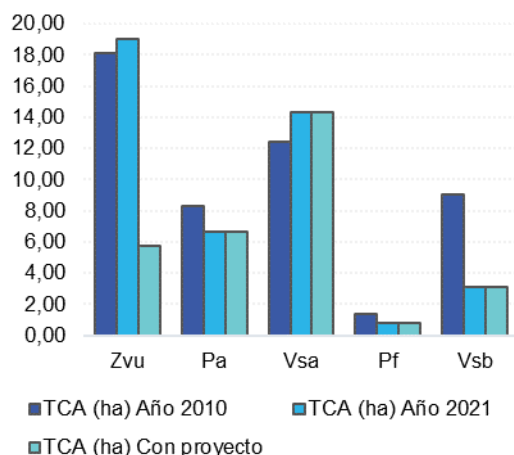
³³ SANTOS, A. R., ANTONIO ALVARES SOARES RIBEIRO, C., OLIVEIRA PELUZIO, T. M., ESTEVES PELUZIO, J. B., QUEIROZ, V. T., FIGUEIRA BRANCO, E. R., LORENZON, A. S., DOMINGUES, G. F., MARCATTI, G. E., CASTRO, N. L. M., TEIXEIRA, T. R., SANTOS, G. M. A. D. A., SANTOS MOTA, P. H., FERREIRA DA SILVA, S., VARGAS, R., CARVALHO, J. R., MACEDO, L. L., SILVA ARAÚJO, C., y ALMEIDA, S. L. H. Op. Cit. p. 1050–1063.

³⁴ CABACINHA, C. D., y CASTRO, S. S. Relationships between floristic diversity and vegetation indices, forest structure and landscape metrics of fragments in Brazilian Cerrado. En: Forest Ecology and Management, 2009. vol. 257, p. 2157–2165. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.02.030>

³⁵ BABÍ ALMENAR, J., BOLOWICH, A., ELLIOT, T., GENELETTI, D., SONNEMANN, G., y RUGANI, B. Op. Cit. p. 335–351.

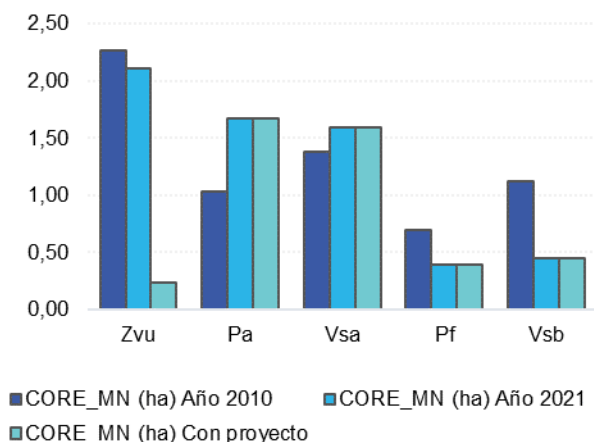
³⁶ CABACINHA, C. D., y CASTRO, S. S. Op. Cit. p. 2157–2165.

Gráfica 5-9 Área núcleo total



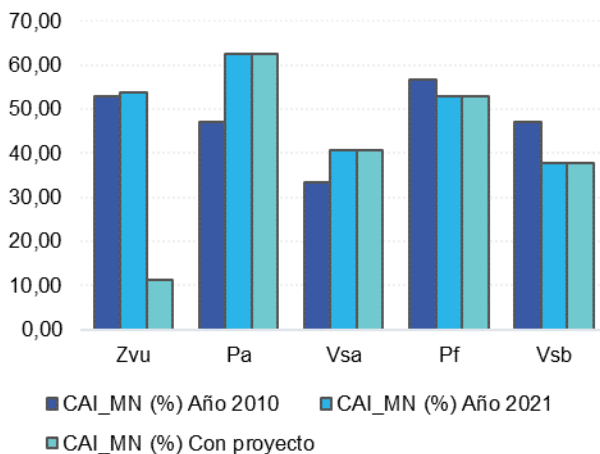
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-10 Área núcleo promedio



Fuente: INGEDISA S.A., 2023


Gráfica 5-11 Índice de área núcleo



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

■ Métricas de forma

Mediante la aplicación de métricas de forma se puede apreciar que en la actualidad los parches presentan formas moderadamente irregulares, con parches de mayor valor de esta métrica para la cobertura de Vegetación secundaria alta (SHAPE_MN=2,91), seguido de las Zonas verdes urbanas (SHAPE_MN=2,62), las cuales también presentan una mayor complejidad (FRAC_MN=1,17 y 1,20) (Ver Tabla 5-1, Gráfica 5-12 y Gráfica 5-13), este patrón se encuentra asociado a que estos parches de bosque presentan un mayor perímetro o borde, mayor radio de giro y menor área núcleo. Le sigue la Vegetación

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 28

secundaria baja (SHAPE_MN= 2,30; FRAC_MN=1,18) y Pastos arbolados (SHAPE_MN= 2,14; FRAC_MN=1,14) con formas regulares y moderadamente complejas (Ver Tabla 5-10, Gráfica 5-12 y Gráfica 5-13), en cambio la plantación tiende a tener formas más regulares y de menor complejidad.

Seguidamente, las Zonas verdes urbanas y la Vegetación secundaria alta presenta los parches con formas más elongadas en comparación con las demás coberturas, seguido de los pastos arbolados y la vegetación secundaria baja (Ver Tabla 5-10 y Gráfica 5-14). En cuanto a la plantación forestal, se aprecian parches poco elongados (Ver Tabla 5-10 y Gráfica 5-14), encontrándose en sintonía con la métrica de forma.


Concedido esto, estas características de las zonas verdes urbanas y la vegetación secundaria favorecen en la conectividad funcional y estructural, pero también pueden tratarse de corredores biológicos debido a su elongación, complejidad, formas irregulares o lineales (Ver Tabla 5-10, Gráfica 5-12, Gráfica 5-13 y Gráfica 5-14).

Del año 2010 al 2021 se puede apreciar un cambio leve en la forma de los parches de coberturas seminaturales con una tendencia a ser más irregulares y complejos en el escenario actual, a excepción de las coberturas seminaturales de las Zonas verdes urbanas, la Vegetación secundaria alta y la Plantación forestal (Ver Tabla 5-10, Gráfica 5-12 y Gráfica 5-13), ello debido a los procesos antrópicos. En otro sentido, las coberturas seminaturales de reflejan notorios cambios en su elongación a lo largo del tiempo pasando a tener parches más elongados para los pastos arbolados, la vegetación secundaria alta y baja, en cambio las demás coberturas redujeron su elongación a lo largo del tiempo como se evidencia para las zonas verdes urbanas y la plantación forestal (Ver Tabla 5-10 y Gráfica 5-14), lo cual obedece a los cambios en su forma, área núcleo y tamaño promedio a lo largo del tiempo.

Ahora bien, en el escenario con proyecto se aprecian cambios leves en la forma de los parches de las zonas verdes urbanas pese a los cambios notorios de su composición y áreas núcleo, si evidenciarse cambios en las demás coberturas. Así, las zonas verdes presentan una tendencia a formas más regulares y complejas, tal como puede apreciarse en la Tabla 5-10, Gráfica 5-12, Gráfica 5-13 y Gráfica 5-14, donde se puede evidenciar que los valores de la métrica de forma se reducen levemente y se incrementa levemente el valor de complejidad. De similar manera, las zonas verdes urbanas presentan una reducción en su elongación con el desarrollo del proyecto, sin generarse cambios en las demás coberturas.

Tabla 5-9 Descripción de las métricas de forma

Símbolo	Unidad	Nombre del índice	Descripción
SHAPE (MN)	(--)	Índice de forma	El índice de la forma aporta información sobre la complejidad geométrica de los fragmentos. Mide la relación entre el perímetro de un parche y el perímetro que tendría el fragmento más simple de la misma área, de acuerdo con ello mayores valores de este índice reflejarían un incremento en la complejidad de sus formas. SHAPE_MN hace referencia en este caso al valor medio del índice de forma para fragmentos del mismo tipo de cobertura. Los valores del índice tienden a uno (1) cuando los fragmentos son más regulares y van

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 29

Símbolo	Unidad	Nombre del índice	Descripción
			incrementando a medida que se vuelven más irregulares, sin un límite superior. Hace referencia al grado de compactación y complejidad de los fragmentos ^{37 38} .
FRAC (MN)	(--)	Índice de dimensión fractal	Es igual a dos veces el logaritmo del perímetro del parche (m) dividido por el logaritmo del área del parche (m ²); el perímetro es ajustado para corregir la parcialidad del raster en perímetros. Valores menores a uno indican formas poco complejas y mayores a 1 se relacionan a formas complejas ^{39 40} .
GYRATE_(MN)	(--)	Radio de giro	La compacidad media de los fragmentos (<i>Mean Compaction</i> o GYRATE_MN), proporciona una idea de la compacidad de los diversos parches o de su elongación. Este corresponde al valor medio para todos los fragmentos de una misma cobertura del parámetro radio de giro (GYRATE). Este es calculado para cada fragmento como la distancia de cada píxel al centroide de dicho fragmento. Cuanto más similares a la forma del círculo son estos parches, menores serán los valores del GYRATE y mayor será su compacidad, en tanto que, un mayor valor reflejará una mayor elongación de los fragmentos ⁴¹ .

Nota: MN= Media; (--) = Sin unidad

Fuente: Adaptado por INGEDISA S.A., 2023 a partir de los autores citados en la anterior tabla

Tabla 5-10 Métricas de forma

Nombre cobertura	Símbolo cobertura	SHAPE_MN			FRAC_MN			GYRATE_MN		
		Año 2010	Año 2021	Con proyecto	Año 2010	Año 2021	Con proyecto	Año 2010	Año 2021	Con proyecto
Zonas verdes urbanas	Zvu	2,75	2,62	2,60	1,18	1,17	1,20	206,75	189,87	106,78
Pastos arbolados	Pa	1,80	2,14	2,14	1,13	1,14	1,14	56,11	78,00	78,00
Vegetación secundaria alta	Vsa	3,01	2,91	2,91	1,22	1,20	1,20	91,79	93,40	93,40
Plantación forestal	Pf	1,70	1,61	1,61	1,12	1,11	1,11	48,29	35,86	35,86
Vegetación secundaria baja	Vsb	1,90	2,30	2,30	1,14	1,18	1,18	63,78	70,05	70,05

Fuente: INGEDISA S.A., 2023

³⁷ AGUILERA BENAVENTE, Francisco. Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. Octubre, 2010. En: Anales de Geografía. Vol. 30, No. 2, p. 9-29. ISSN:0211-9803

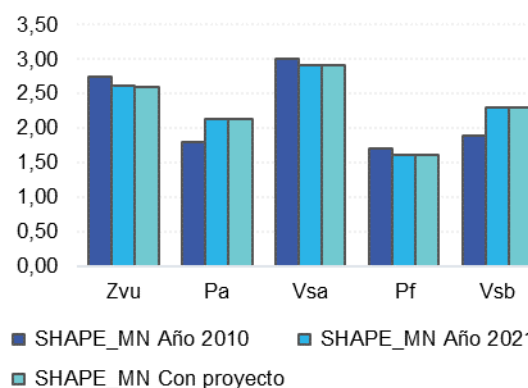
³⁸ ALONSO-F., A. M., FINEGAN, B., BRENES, C., GÜNTER, S. y PALOMEQUE, X. Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. En: Caldasia. 2017. Vol. 39, No. 1, p. 140–156. <https://doi.org/10.15446/caldasias.v39n1.64324>

³⁹ CABACINHA, C. D., y CASTRO, S. S. Op. Cit. p. 2157–2165.

⁴⁰ MARÍN-VALENCIA, A. L., TORO-RESTREPO, L. J., y URIBE-SOTO, S. I. Op. Cit. p. 43–54.

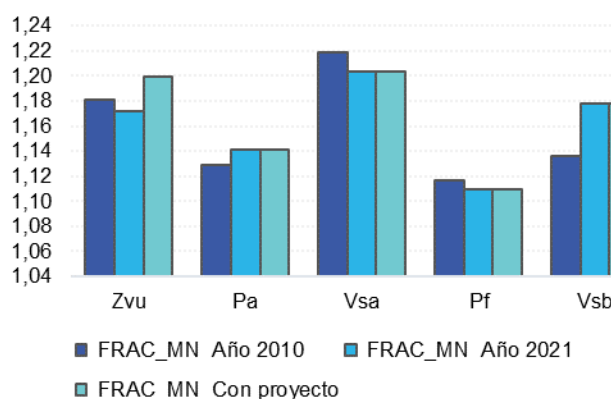
⁴¹ AGUILERA BENAVENTE, Francisco. Op. Cit.2. p. 9-29.

Gráfica 5-12 Índice de forma



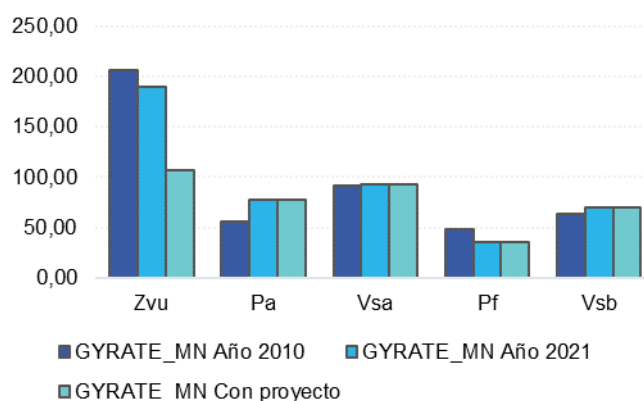
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-13 Índice de dimensión fractal



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-14 Radio de giro




Fuente: INGEDISA S.A., 2023

▪ Métrica de fragmentación

Es importante adicionar que de acuerdo con los lineamientos de la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), para cada fragmento de ecosistema natural y vegetación secundaria puede establecerse su tamaño e índice de tamaño efectivo de malla (MESH), el cual es fácil de estimar y tiene propiedades matemáticas que lo hacen útil como índice de conectividad, es decir como índice inverso de fragmentación (mayor tamaño efectivo de malla corresponde a menor fragmentación y viceversa). Este índice puede aplicarse al área de estudio en su conjunto (sin distinguir tipos de hábitats) o por separado a cada tipo de hábitats que sea de interés⁴².

Partiendo de este argumento, se asegura que en el escenario actual el paisaje se encuentra

⁴² MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE & AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES, 2018.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 31

fragmentado a causa de las actividades, proyectos u obras existentes en el territorio, caso tal de las actividades agrícolas, ganaderas, el comercio, la industria, los proyectos con infraestructura lineal (vías, gasoductos, redes de energía de alta, media y baja tensión), la infraestructura, entre otras (Ver Capítulo 8 Evaluación ambiental). En otro sentido, las actividades, obras o proyectos existentes en el paisaje han generado la pérdida significativa de hábitats, con una representatividad nula de coberturas naturales y una baja proporción de coberturas seminaturales (17,38%).

Se define que se ha generado fragmentación de las coberturas naturales y seminaturales debido a que el valor del índice de tamaño efectivo de malla (MESH) fue de 0,87 para el escenario actual (Ver Tabla 5-11), siendo este valor inferior a los registrados para otros paisajes que cuentan con una mayor proporción de coberturas vegetales de tipo natural y seminatural como la Sierra Nevada de Santa Marta⁴³ con valores superiores (MESH=17,02).

De igual forma, las clases de cobertura seminatural presentan valores bajos de este índice, siendo las coberturas de zonas verdes urbanas y vegetación secundaria alta las que cuentan con la mayor representatividad en el paisaje. En este sentido, la plantación forestal, la Vegetación secundaria baja y los pastos arbolados, comprenden la menor representatividad y mayor grado de fragmentación.

Entre el periodo de 2010 y 2021 se aprecia que la Plantación forestal (MESH=0,01 y 0,00) y Vegetación secundaria baja (MESH= 0,10 y 0,02) tienden a aumentar su fragmentación, contrario a las demás coberturas que tienden a recuperarse en dicho periodo. No puede asumirse un proceso de amplia fragmentación del año 2010 al 2021 pues a pesar de apreciarse cambios en la composición, borde, configuración y forma de los parches, la extensión total de las coberturas seminaturales no cambió considerablemente en el nivel de paisaje en ambos escenarios.

Ahora, para el escenario con proyecto se aprecian cambios notorios en la métrica MESH en el nivel de paisaje y cobertura (Ver Tabla 5-11, Tabla 5-12 y Gráfica 5-15) lo que indica que hay una modificación en la configuración y composición de parches de las zonas verdes urbanas, con una tendencia al aumento de la fragmentación, sin embargo, no se presentan afectaciones en las demás coberturas seminaturales de Pastos arbolados, Vegetación secundaria alta, Plantación forestal y Vegetación secundaria baja, por ello, no se definen alteraciones significativas por fragmentación de estas últimas coberturas en mención, en el escenario de construir el proyecto.

Es así como la métrica de fragmentación indica que se generara una ampliación de este proceso existente para la cobertura de Zonas verdes urbanas, ello como resultado del aprovechamiento forestal en los bordes o áreas núcleo de algunos parches de vegetación.

⁴³ Proyecto UPME 10 – 2019 Línea de transmisión río Córdoba – Bonda (TERMOCOL) 220 kV, Tramo dos (2).

Tabla 5-11 Índice de tamaño efectivo de malla (MESH) en el nivel de paisaje

Año 2010	Año 2021	Con proyecto
0,91	0,87	0,65

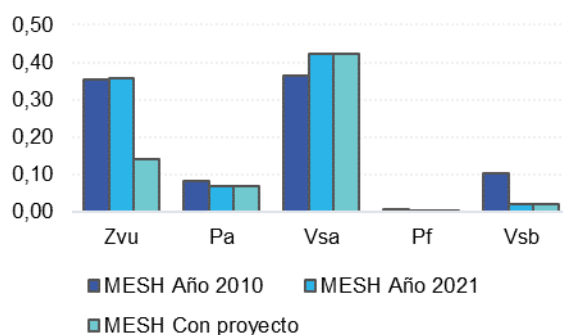
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Tabla 5-12 Índice de tamaño efectivo de malla para las coberturas naturales y seminaturales

Nombre cobertura	Símbolo cobertura	MESH		
		Año 2010	Año 2021	Con proyecto
Zonas verdes urbanas	Zvu	0,35	0,36	0,14
Pastos arbolados	Pa	0,08	0,07	0,07
Vegetación secundaria alta	Vsa	0,36	0,42	0,42
Plantación forestal	Pf	0,01	0,00	0,00
Vegetación secundaria baja	Vsb	0,10	0,02	0,02
Total		0,91	0,87	0,65

Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-15 Índice de tamaño efectivo de malla para las coberturas naturales y seminaturales




Fuente: INGEDISA S.A., 2023

▪ Métricas de paisaje

El análisis a nivel de paisaje toma como partida la estimación de métricas para todos los parches de cobertura natural y seminatural sin discriminar por tipos de cobertura, en este caso, constituye una síntesis de las características de composición, configuración, forma y diversidad de todos los parches existentes en el paisaje analizado. Partiendo de estos análisis, se determinó en el escenario actual que, el fragmento más grande ocupa el 2,34% del área de influencia físico-biótica-paisaje, evidenciándose un cambio desde el año 2010, donde había un parche de menor tamaño que sufrió modificaciones con el transcurso del tiempo.

Los parches de cobertura presentan un tamaño promedio de 2,54 hectáreas siendo valores superiores a los registrados en el año 2010, tendiendo a un aumento en el tamaño promedio de parches (2,44), contando con formas simples o regulares dependiendo de cada tipo de

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 33

cobertura. Estos valores de tamaño de fragmentos son considerados bajos en comparación con otros paisajes de Colombia que presentan una menor alteración. También se aprecia que, en el escenario actual, los parches son moderadamente elongados y tienden a ser un poco más elongados en comparación con el año 2010. Al igual, se aprecian cambios en el perímetro y borde de los parches a lo largo del tiempo conteniendo un mayor borde en el escenario actual, ver Tabla 5-13.


El área núcleo total en la zona es de 43,94 hectáreas tratándose de un valor muy bajo en comparación con el área total, con un promedio de áreas núcleo de todos los parches de 1,42 hectáreas para el escenario actual, con un porcentaje aproximado de 47,39% de área que no es afectada por el efecto de borde, evidenciándose una tendencia a la reducción del área núcleo total a lo largo del tiempo, con cambios en el área núcleo promedio y el porcentaje de área núcleo con aumentos leves de dicho parámetro. Todo esto es indicativo de los efectos de borde, ello relacionado con el cambio en el tamaño promedio de los parches y el patrón de agregación.

La distancia euclidiana promedio a parches vecinos es de 174,88 metros para la actualidad, siendo indicativo de una moderada agregación o aislamiento de los parches (PROX=207,24). Estos valores son indicativos de una baja a moderada favorabilidad para la movilidad de especies de la fauna registrada, a excepción del grupo de aves que tiene una mayor facilidad de desplazamiento.

En el área de influencia registran un total de 31 parches de cobertura seminatural con una densidad de 6,85 parches/100ha, siendo estos valores inferiores al año 2010, con una tendencia a la reducción en la cantidad de parches en el escenario actual (Ver Tabla 5-13), evidenciándose un aumento de las alteraciones antrópicas en dicho periodo. También puede apreciarse cambios en la agregación, distancia promedio entre parches y el patrón de aislamiento del año 2010 al 2021, con parches de la misma clase más próximos entre sí y una mayor agregación de estos, ver Tabla 5-13.

La riqueza de parches (PR=), refiere a las cinco (5) clases de cobertura seminatural analizadas. De acuerdo con esto, se considera una muy baja riqueza de parches de cobertura natural en este paisaje, debido a la presencia únicamente de coberturas seminaturales o transformadas (Ver Tabla 5-13). Ahora bien, del año 2010 al 2021 no se aprecian cambios significativos en la riqueza de coberturas, manteniéndose las mismas cinco clases de cobertura a lo largo del tiempo.

El Índice de diversidad de Shannon (SHDI) refleja la diversidad de un paisaje basado en su composición, cuando se aproxima a cero (0) solo existe una clase paisajística y aumenta debido al incremento de clases o coberturas, siendo sensibles a tipos de fragmentos raros (Mcgarigal et al., 2002). En este sentido, la diversidad de coberturas seminaturales del área de influencia se considera moderada al presentarse vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja, zonas verdes urbanas, pastos arbolados y plantación forestal que contribuyen a la variedad de clases. Ahora, se aprecia del año 2010 al 2021 una leve reducción en la diversidad de coberturas debido a las alteraciones antrópicas.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 34

En general, los valores del índice de equitatividad de Shannon (SHEI) oscilan entre 0 y 1, aquellos cercanos a uno (1) indican que las proporciones de cada tipo de cobertura son casi iguales, mientras que los cercanos a cero (0) indican que el paisaje se encuentra dominado por uno o unos pocos tipos de cobertura (Badii & Landeros, 2007). Considerando estas aproximaciones, el índice de equitatividad de Shannon (SHEI=0,81) para el escenario actual, refiere a un paisaje con proporciones casi equitativas en términos de la proporción de las clases de cobertura seminatural, con una tendencia a la leve reducción del valor de este índice del año 2010 al 2021, como resultado de la dominancia de las zonas verdes urbanas y la vegetación secundaria alta en el escenario actual, así como las afectaciones antrópicas (Ver Tabla 5-13).


Ahora, con el desarrollo del proyecto no se prevén cambios en la riqueza o densidad de riqueza de parches de las clases de cobertura seminatural analizadas, sin embargo, se estiman cambios en la diversidad (SHDI) y equitatividad (SHEI) de clases de cobertura, con un leve aumento de valores de estas métricas en el escenario con proyecto, relacionados con el aumento de parches de las zonas verdes urbanas y los cambios en su tamaño promedio, tal como puede apreciarse en la Tabla 5-13.

No se aprecian cambios en el parche de mayor extensión del paisaje analizado ni en el borde de los parches con el desarrollo del proyecto. No obstante, se aprecian leves cambios en el tamaño de algunos parches, pues se pasa de un tamaño promedio de 2,54 hectáreas del escenario actual a 1,57 en el escenario con proyecto, siendo valores diferenciables entre ambos escenarios.

También se aprecian modificaciones en la elongación, pasando a conformar parches menos elongados, con leves cambios en la forma y complejidad de la totalidad de los parches o a nivel paisajístico. Es de añadir, los cambios notorios en el área núcleo total y área núcleo promedio de los parches, lo que promoverá un avance de los efectos de borde debido a que estas áreas nucleares pasaran a ocupar una menor proporción, tal como lo indica el índice de área núcleo en la Tabla 5-13. De igual forma, es apreciable un cambio notorio en la cantidad de parches, siendo evidente un incremento para el escenario con proyecto, pasando de 31 a 46 fragmentos, al igual que se aprecia un incremento en la densidad de parches (Ver Tabla 5-13).

Se resalta además que con el desarrollo de obras constructivas y el aprovechamiento forestal también se generaran cambios en la configuración de los parches de cobertura seminatural, ello refiere a que habrá modificaciones en las distancias promedio a parches vecinos de una misma categoría de cobertura así como se aprecia cambios en la contigüidad o agregación de las mismas, ello teniendo en cuenta los cambios en los valores de la métrica ENN y PROX entre el escenario actual y el escenario con proyecto (Ver Tabla 5-13). Puntualmente, se estima la reducción de agregación de parches, y como tal, se apreciarán parches más aislados y en algunos casos las distancias a parches vecinos serán más cortas debido al aumento de la cantidad de fragmentos.

De acuerdo con lo anterior, en el nivel de paisaje se generarán cambios en la composición, configuración y forma de los parches analizados, atribuyendo dichas variaciones en las

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 35

características de algunos parches o coberturas en específico. Es así como los mayores efectos se aprecian en las áreas núcleo de algunos parches, su tamaño promedio, su distancia promedio a parches vecinos, elongación y numero parches, tal como se aprecia en la Tabla 5-13.

Tabla 5-13 Descripción de las métricas de diversidad del paisaje

Símbolo	Unidad	Nombre del índice	Descripción
PR	(#clases)	Riqueza parches de	La riqueza de parches (PR), refiere a la cantidad de clases de cobertura natural y seminatural presentes en el paisaje, en este caso, la variabilidad de parches.
PRD	(#clases/ha)	Densidad Riqueza parches de de	Refiere a la variabilidad o riqueza de parches encontrada en una hectárea.
SHDI	(--)	Índice diversidad Shannon de de	Este índice refleja la diversidad del paisaje basado en su composición, cuando se aproxima a cero solo existe una clase paisajística y aumenta debido al incremento de clases o coberturas, siendo sensibles a tipos de fragmento raros ⁴⁴ . Evalúa el incremento en la diversidad y heterogeneidad de las coberturas en el paisaje. Para la misma área de estudio, la disminución en sus valores indica aumentos en la homogenización de las clases de coberturas, lo cual puede ser interpretado como pérdida de hábitats ⁴⁵ .
SHEI	(--)	Índice equitatividad Shannon de de	Equitatividad de Shannon (SHEI) (Pielou, 1975). Puede calcularse como: $SHEI = \frac{-\sum_i [p_i * \ln(p_i)]}{\ln(S)}$ Donde, S es el número de tipos de cobertura, pi es la proporción del tipo de cobertura i-ésimo. Sus valores oscilan entre 0 y 1; aquellos cercanos a 1 indican que las proporciones de cada tipo de cobertura son casi iguales, mientras que los cercanos a 0 indican que el paisaje se encuentra dominado por uno o unos pocos tipos de cobertura ⁴⁶ .

Nota: MN= Media; (--) = Sin unidad

Fuente: Adaptado por INGEDISA S.A., 2023 a partir de los autores citados en la anterior tabla


Tabla 5-14 Métricas a nivel de paisaje

CATEGORÍA	SÍMBOLO	UNIDAD	ÍNDICE	Año 2010	Año 2021	Con proyecto
Área-Borde	CA/TA	ha	Área total	452,48	452,48	452,48
	LPI	%	Índice del fragmento más grande	2,05	2,34	2,34
	TE	m	Total de borde	1885,00	2280,00	2280,00
	ED	m ha ⁻¹	Densidad de borde	4,17	5,04	5,04
	AREA (MN)	ha	Área fragmento	2,44	2,54	1,57
	MESH	(--)	Índice de tamaño efectivo de malla	0,91	0,87	0,65
Forma	GYRATE (MN)	(--)	Radio de giro-Compacidad media de los fragmentos	101,03	110,43	92,98
	SHAPE (MN)	(--)	Índice de forma	2,34	2,50	2,53
	FRAC (MN)	(--)	Índice de dimensión fractal	1,17	1,17	1,19

⁴⁴ MCGARIGAL, K., CUSHMAN, S. A., NEEL, M. C. y ENE, E. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Amherst: University of Massachusetts, 2002.

⁴⁵ BABÍ ALMENAR, J., BOLOWICH, A., ELLIOT, T., GENELETTI, D., SONNEMANN, G., y RUGANI, B. Op. Cit. p. 335–351.

⁴⁶ BADII, M. H. y J. LANDEROS. Op. Cit. p. 26-38.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”		CÓDIGO: Cap. 5.2
			VERSIÓN: 00
			PÁG. 36

CATEGORÍA	SÍMBOLO	UNIDAD	ÍNDICE	Año 2010	Año 2021	Con proyecto
Área núcleo	TCA	ha	Área núcleo total	49,27	43,94	30,61
	CORE (MN)	ha	Área núcleo	1,41	1,42	0,67
	CAI (MN)	(%)	Índice de área núcleo	45,40	47,39	27,32
Agregación	ENN (MN)	m	Distancia euclidiana al vecino más cercano	205,25	174,88	121,61
	PROX	(--)	Índice de proximidad	182,14	207,24	141,05
	NP	#parches	Número de parches	35,00	31,00	46,00
	PD	(parches/100ha)	Densidad de parches	7,74	6,85	10,17
	COHESION	(--)	Índice de cohesión de parche	97,90	97,91	97,55
Diversidad	PR	(#clases)	Riqueza de parches	5,00	5,00	5,00
	PRD	(#clases/ha)	Densidad de Riqueza de parches	1,11	1,11	1,11
	SHDI	(--)	Índice de diversidad de Shannon	1,42	1,30	1,33
	SHEI	(--)	Índice de equitatividad de Shannon	0,88	0,81	0,83

Nota: MN= Media; (--) = Sin unidad

Fuente: INGEDISA S.A., 2023

• Conectividad ecológica


La conectividad ecológica puede ser valorada desde dos componentes fundamentales, el primero corresponde al componente estructural que lo determina el patrón espacial y la forma de conexión de los diferentes tipos de hábitat (parches) o coberturas del paisaje, en tanto que el componente funcional se asocia a la respuesta en la conducta de los individuos y especies ante la estructura física del paisaje, siendo influenciados por las características del hábitat, el grado de tolerancia a ambientes alterados y la fase de vida^{47 48}. Con base en ello, se valora en este numeral la conectividad estructural en función de la configuración de las coberturas naturales y seminaturales, las cuales favorecen el desplazamiento de la fauna, por otra parte, se valora la conectividad funcional reflejando los nichos de las especies en el paisaje, para de esta manera definir su distribución espacial y el patrón de usos de las coberturas.

▪ Conectividad estructural

En el escenario actual, los parches más agregados y próximos entre sí (bajo grado de aislamiento) corresponden a las Zonas verdes urbanas (PROX_MN=705,14), en tanto que los demás parches seminaturales como la Vegetación secundaria alta (PROX_MN=7,77), Plantación forestal (PROX_MN=0,10), la Vegetación secundaria baja (PROX_MN=0,53), y los Pastos arbolados (PROX_MN=1,10), se encuentran aislados o menos agregados, ver Tabla 5-16.

⁴⁷ ALONSO-F., A. M., FINEGAN, B., BRENES, C., GÜNTER, S. y PALOMEQUE, X. Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. En: Caldasia. 2017. Vol. 39, No. 1, p. 140–156. <https://doi.org/10.15446/caldasias.v39n1.64324>

⁴⁸ BENNETT, A. Enlazando el Paisaje: el papel de los corredores biológicos y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. IUCN. 2004.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 37

Así, el patrón de agregación de parches de las zonas verdes urbanas obedece a la cantidad de parches, el tamaño promedio y menor distanciamiento entre estos en un radio de 1000 metros como lo indica la métrica ENN_MN (Ver Tabla 5-16), permitiendo a las especies generalistas usar estos parches para el desplazamiento por el territorio, su alimentación, hábitat, anidación o reproducción.

Por otra parte, en el paisaje actual, la distancia euclidiana al vecino de la misma clase más cercano oscila entre 11,24 y 277,89 metros para las coberturas seminaturales, valores considerados como moderados para la conectividad estructural, en el caso de especies que presentan fácil desplazamiento o generalistas.


Por su parte, las Zonas verdes urbanas (ENN_MN= 11, 24 m), presentan una distancia euclidiana al vecino de la misma clase con los valores muy próximos entre parches, lo que podría ser favorable para el desplazamiento de la fauna hacia otros sectores del territorio y que requieren de estas coberturas. Por el contrario, los Pastos arbolados, Vegetación secundaria alta, Plantación forestal y la Vegetación secundaria baja presentan una baja a moderada distancia a parches de su misma categoría, no obstante, en dicho rango es posible la movilidad de especies de fauna generalistas o con facilidad de desplazamiento.

Estas coberturas seminaturales presentan un mayor distanciamiento a parches vecinos de su misma clase debido a que presentan un menor número de teselas o parches, y son poco representativos en el paisaje, lo cual, no es indicativo que no favorezcan en la conectividad estructural puesto que estos parches pueden funcionar como zonas de paso (parches sumidero) entre las coberturas circundantes.

Con lo anterior es posible asegurar que las coberturas seminaturales presentan bajas a moderadas condiciones de distanciamiento entre parches para el desplazamiento de la fauna silvestre. Estos valores de las métricas PROX_MN y ENN_MN son indicativos de que en el paisaje actual son evidentes los efectos de la fragmentación de coberturas, debido a la dominancia de la matriz antrópica o transformada que aún conserva parches seminaturales con moderadas a bajas condiciones de agregación o distanciamiento entre parches de la misma categoría.

Ahora bien, la agregación o contigüidad de las coberturas se redujo del 2010 al 2021 para las zonas verdes urbanas, los pastos arbolados, Plantación forestal y la Vegetación secundaria baja (Ver Tabla 5-16 y Gráfica 5-16), lo que es indicativo del aumento en la vecindad o cercanía de algunas coberturas en un radio de 1000 metros, encontrándose ello relacionado con el aumento del número o reducción de parches y los cambios en tamaño promedio, lo que repercutió en la reducción de su patrón de agregación. Por el contrario, se aprecia que la vegetación secundaria alta tiende a aumentar levemente su agregación o contigüidad (Ver Tabla 5-16 y Gráfica 5-16).

Todos estos cambios en términos de proximidad obedecen a los cambios en la forma, tamaño promedio, cantidad de parches y área núcleo, lo que ha promovido que estas coberturas seminaturales se encuentren más aisladas en la actualidad, ya que los bosques

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 38

seminaturales tendieron a reducirse cerca del 1% del año 2010 al 2021, aspectos que son desfavorables para la fauna en términos de conectividad estructural.

Tal como lo indica la métrica de distancia euclidiana al parche más cercano (ENN), del 2010 al 2021, las coberturas de Pastos arbolados y Vegetación secundaria baja cuentan con parches más cercanos a fragmentos de su misma categoría o que la distancia entre los mismos es mucho más corta en el escenario actual (ver Tabla 5-16 y Gráfica 5-17). En cambio, la Vegetación secundaria alta, Zonas verdes urbanas y la Plantación forestal tendieron a encontrarse más distantes de parches vecinos de su misma clase en dicho periodo.

En este caso, del año 2010 al 2021 las coberturas surtieron transformaciones en su forma, tamaño y cantidad de parches, lo que conlleva a que los parches de cobertura seminatural se encuentren más cercanos o contiguos en la actualidad, pero en algunas otras coberturas se tendió al aislamiento de parches, en especial la Vegetación secundaria baja y la Plantación forestal, ver Tabla 5-16, Gráfica 5-16 y Gráfica 5-17.

Respecto al desarrollo del proyecto, se aprecian cambios notorios en la agregación o contigüidad de las coberturas de zonas verdes urbanas con una tendencia al aumento del aislamiento de los parches. En cambio, las demás coberturas no reflejaron cambios en su agregación. De similar manera se aprecian cambios relevantes en la distancia promedio a parches vecinos de las zonas verdes urbanas, sin embargo, los cambios son leves, con tendencia a encontrarse más distantes, ver Tabla 5-16, Gráfica 5-16 y Gráfica 5-17. Para las demás coberturas no se aprecian cambios en la distancia euclidiana a parches vecinos.

Tabla 5-15 Descripción de las métricas de configuración

Símbolo	Unidad	Nombre del índice	Descripción
PROX (MN)	(--)	Índice de proximidad (radio de 1000 m)	Corresponde a la suma del área del fragmento (m ²) dividido por la distancia cuadrada más cercana de borde a borde (m ²) entre el parche y el parche focal de todos los parches de cada clase de cobertura cuyos bordes se encuentran especificados a una distancia (m) del parche focal. Este índice muestra, en un radio de análisis definido, los parches de la misma clase, indicando la vecindad o contigüidad entre las coberturas ^{49 50} .
ENN (MN)	m	Distancia euclidiana al vecino más cercano (radio de 1000 m)	Corresponde a la distancia en metros al fragmento de la misma clase más cercano, basado en la distancia más corta de borde a borde ⁵¹ . Este mide la pérdida de conectividad estructural sin considerar las características de los demás tipos de cobertura o la presencia de barreras y como estas aumentan o reducen la capacidad de movimiento de las diferentes especies ⁵² .
CONNECT	(%)	Índice de conectancia	Mide el grado de conexión física (%) entre los fragmentos que conforman un paisaje, siendo un indicador directo de conectividad espacial. Es definido por el número de enlaces funcionales entre fragmentos del mismo tipo de cobertura donde cada fragmento está conectado o no, basado en un criterio de distancia. El rango va de 0 a 100, donde es igual a 0 cuando la clase consiste de un solo fragmento o ninguno de los fragmentos está conectado, y es igual a 100 cuando todos

⁴⁹ CABACINHA, C. D., y CASTRO, S. S. Op. Cit. p. 2157–2165.

⁵⁰ MARÍN-VALENCIA, A. L., TORO-RESTREPO, L. J., y URIBE-SOTO, S. I. Op. Cit. p. 43–54.

⁵¹ CABACINHA, C. D., y CASTRO, S. S. Op. Cit. p. 2157–2165.

⁵² BABÍ ALMENAR, J., BOLOWICH, A., ELLIOT, T., GENELETTI, D., SONNEMANN, G., y RUGANI, B. Op. Cit. p. 335–351.

Símbolo	Unidad	Nombre del índice	Descripción
			los fragmentos de la clase están conectados ^{53 54} .

Nota: MN= Media; (--) = Sin unidad

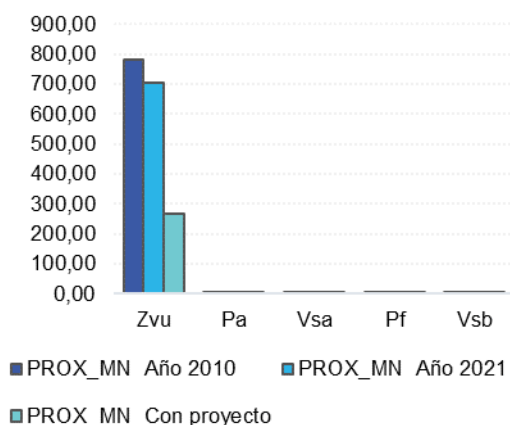
Fuente: Adaptado por INGEDISA S.A., 2023 a partir de los autores citados en la anterior tabla

Tabla 5-16 Métricas de configuración

Nombre cobertura	Símbolo cobertura	PROX_MN			ENN_MN (m)		
		Año 2010	Año 2021	Con proyecto	Año 2010	Año 2021	Con proyecto
Zonas verdes urbanas	Zvu	781,88	705,14	267,09	10,15	11,24	11,42
Pastos arbolados	Pa	2,85	1,10	1,10	370,30	160,24	160,24
Vegetación secundaria alta	Vsa	7,70	7,77	7,77	143,17	272,99	272,99
Plantación forestal	Pf	0,40	0,10	0,10	173,57	277,89	277,89
Vegetación secundaria baja	Vsb	3,38	0,53	0,53	313,05	238,06	238,06

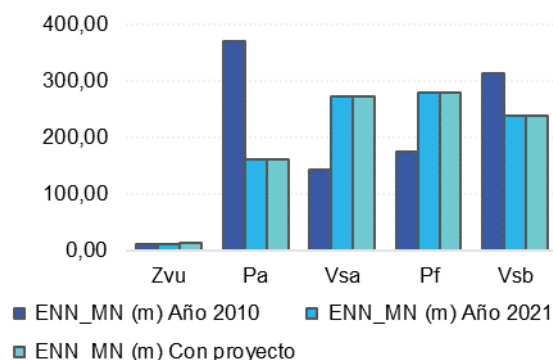
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-16 Índice de proximidad



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-17 Distancia euclidiana al vecino más cercano



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

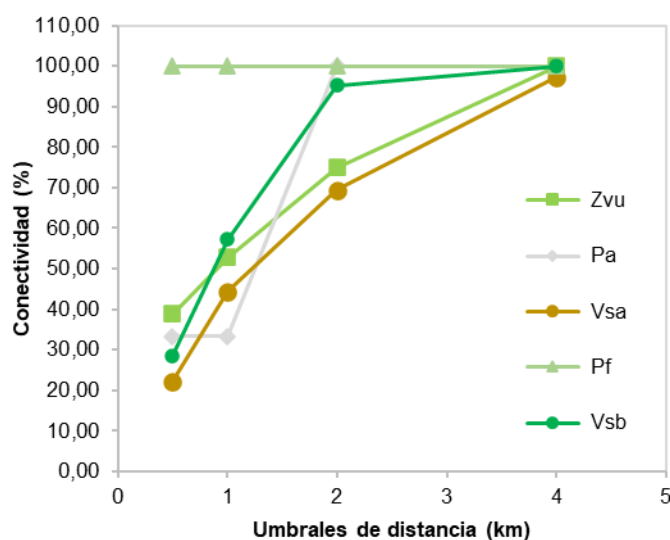
En la actualidad, las coberturas que se encuentran más aisladas son la Plantación forestal y la Vegetación secundaria baja, relacionado a su número de parches y distancia promedio, por ello la conectividad tiende a ser más alta a diferencia de las demás coberturas (Ver Gráfica 5-18), sin embargo, ello no refiere a que se encuentren en las mejores condiciones de conectividad estructural puesto que la baja cantidad de fragmentos y el patrón de agregación permiten calcular una alta conectancia entre estos parches remanentes.

⁵³ KINDLMANN, P., y BUREL, F. Connectivity measures: a review. En: Landscape Ecology, 2008. vol. 23, no. 8, p. 879–890. <https://doi.org/10.1007/s10980-008-9245-4>

⁵⁴ MCGARIGAL, K., CUSHMAN, S. A., NEEL, M. C. y ENE, E. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. Amherst: University of Massachusetts, 2002.

Las demás coberturas presentan una conectividad de 30% a 50% en un radio de 1 kilometro, siendo valores moderados en términos estructurales, sin embargo, en una mayor distancia se aprecia que hay una mayor conectividad estructural debido a la presencia de coberturas seminaturales hacia otros sectores, siendo esto favorable para las especies fauna generalistas y de fácil desplazamiento, ello sin contar con la presencia de vías que pueden limitar dicho desplazamiento.

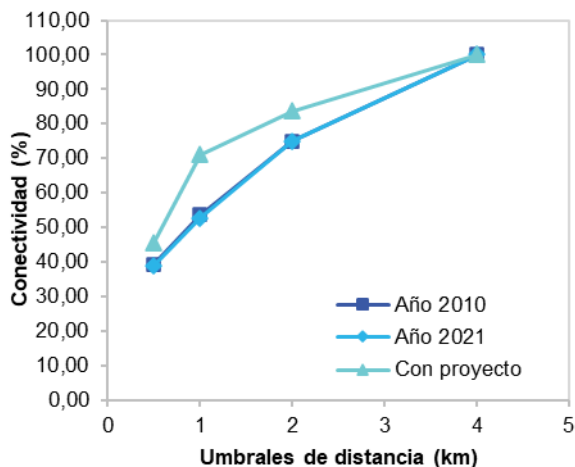
Gráfica 5-18 Conectividad coberturas actuales



Del año 2010 al año 2021 se puede apreciar una reducción de la conectividad estructural de la Vegetación secundaria alta, con una tendencia al aumento de la conectividad de la Vegetación secundaria baja y los Pastos arbolados, ello como resultado de los cambios en el número parches, teselas y distancia a parches vecinos. No obstante, las demás coberturas no reflejaron cambios relevantes en la conectividad estructural entre dicho periodo (Ver Gráfica 5-19 a Gráfica 5-23).

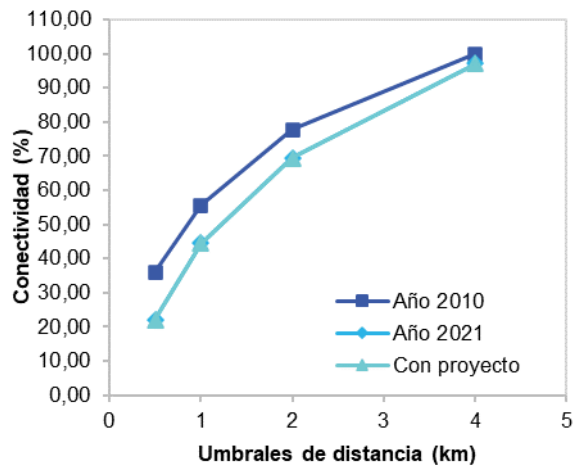
Ciertamente, la cobertura de Zonas verdes urbanas presenta notorios cambios en la conectividad estructural de parches con el desarrollo del proyecto (Ver Gráfica 5-19), tendiendo a registrar parches más aislados como resultado de aprovechamiento forestal en sus áreas núcleo y de borde. A pesar de esta condición del proyecto, las demás coberturas no reflejan cambios en su conectividad estructural (Ver Gráfica 5-19 a Gráfica 5-23).

Gráfica 5-19 Zonas verdes urbanas



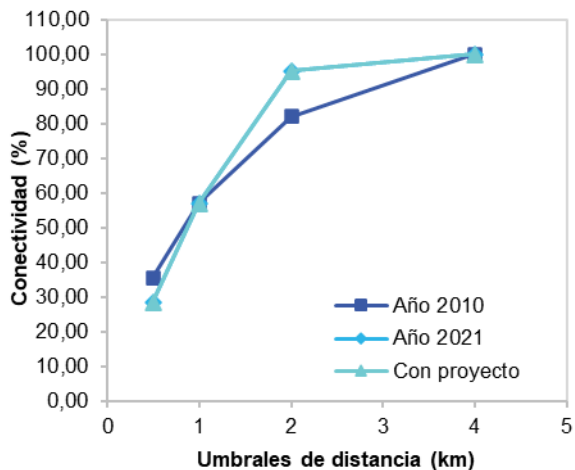
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-20 Vegetación secundaria alta



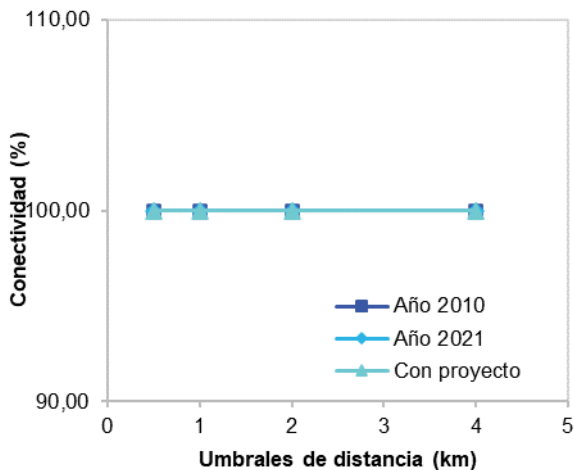
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-21 Vegetación secundaria baja



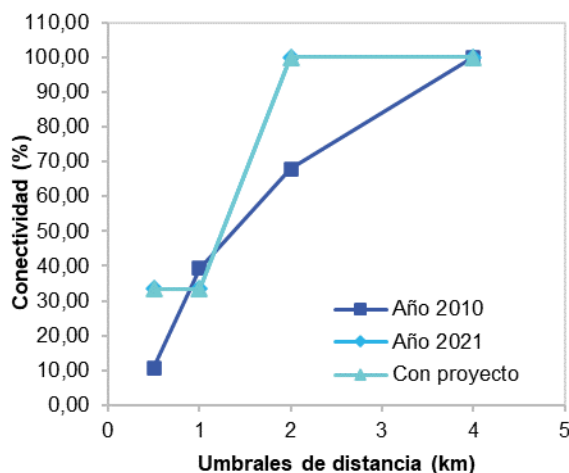
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-22 Plantación forestal



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Gráfica 5-23 Pastos arbolados




Fuente: INGEDISA S.A., 2023

▪ Conectividad funcional

Para el análisis de conectividad funcional se seleccionaron dos especies de fauna de interés las cuales fueron analizadas en términos de su requerimiento de hábitat, estado de amenaza, comportamiento, su registro en campo, con el fin de modelar el uso del ecosistema y las rutas de movimiento. Partiendo de una mesa de expertos se eligió la especie *Synallaxis subpudica* (Pijú de Cundinamarca) con el fin de tener un panorama de la posible afectación del proyecto sobre el grupo de aves, por otra parte, la especie *Neomicroxus bogotensis* (Ratón arrocero) con el fin de modelar las rutas de movimiento y calidad de hábitat de una especie terrestre registrada en campo, para con ello valorar los posibles efectos de la línea de transmisión de energía durante su fase constructiva o de operación.

Para la elección de la especie se tuvieron en cuenta aspectos de conservación, vulnerabilidad, funcionalidad, importancia ecológica y etología de la especie, con el fin de modelar de forma precisa la conectividad funcional del ecosistema.

Se involucraron en el análisis los impactos de las vías, la infraestructura y las condiciones del ecosistema en la conformación de nichos de la especie y sus dinámicas de movilidad por el paisaje para el escenario actual. De este modo, se analizaron los efectos de las vías, la presencia de afluentes, humedales, y el uso de coberturas para cada una de las especies de interés en el escenario actual.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 43

Fotografía 5-8 *Synallaxis subpudica* (Pijuí de Cundinamarca)



Localidad: Usaquén - Barrio: Torca I
Coordenadas: E 4884777.744 N 2086978.685
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Fotografía 5-9 *Neomicroxus bogotensis* (Ratón arrocero)



Localidad: Suba - Barrio: Casa Blanca Suba
Coordenadas: E: 4884633,07 - N: 2088854,03
Fuente: INGEDISA S.A., 2023


– *Synallaxis subpudica*

El Pijuí de Cundinamarca, chamicero cundiboyacense o chamicero rabilargo (*Synallaxis subpudica*) es una especie endémica de Colombia, puntualmente de los Andes Orientales del país. Puede confundirse con el rastrojero de Azará (*Synallaxis azarae*) debido a que son muy parecidos a nivel morfológico, pero *S. subpudica* presenta colas más largas y de color café grisáceo mientras que *S. azarae* presenta la cola rufa y más corta, no presentan dimorfismo sexual. Suele identificarse por su canto distintivo y repetitivo. Es común de **claros enmalezados, matorrales y bordes de selva enmarañados**, por lo que se resalta la importancia de estas coberturas en el área del proyecto. Se considera el rastrojero más común de la sabana de Bogotá. Se distribuye entre los 1200 y 3200 m.s.n.m aunque otros autores ⁵⁵ sugieren 1500 a 3500 m.s.n.m ⁵⁶. Suele encontrarse en parejas forrajeando en busca de alimento desde el suelo hasta 2 metros de altura en arbustos y matorrales. No suele unirse a bandadas mixtas.

Ciertamente, *Synallaxis subpudica* fue elegida debido a la necesidad de involucrar en la modelación una especie que usa como hábitat el humedal Torca-Guaymaral y pueda verse afectada por el desarrollo del proyecto. También fue analizada debido a que, como se mencionaba anteriormente, es una especie endémica de los Andes Orientales de Colombia, distribuida particularmente en los departamentos de Cundinamarca y norte de Boyacá. En términos ecológicos es considerada bastante común en sus hábitats naturales: los bordes de los bosques de montaña, las áreas con crecimiento de arbustos, matorrales y setos,

⁵⁵AYERBE-QUIÑONES, Fernando. Guía ilustrada de la avifauna colombiana. Segunda Edición. Bogotá D.C.: Wildlife Conservation Society/Colombia Program, 2019. 212 p. (Panamericana Formas e impresos). ISBN 978-958-5461-44-4.

⁵⁶HILTY, Steven L. y BROWN, William L. Guía de Aves de Colombia. Segunda Edición (Álvarez-López, H, Reimpresión de la traducción). New Jersey.: Princeton University Press, 2001.1031p.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 44

entre los 2000 y 3200 m de altitud^{57 58}, siendo estos hábitats identificados en proximidad al humedal, por ello fue incluida en el modelo de nicho partiendo de las coberturas identificadas para el proyecto. Durante la temporada de reproducción (julio a septiembre) el chamicero rabilargo construye su nido en forma globular con un diámetro entre 30 y 40 cm y una altura entre 50 y 60 cm, con una cámara de incubación que está cubierta de musgo y ramas. Suele ubicarse en arbustos a una altura aproximada de 2 metros del suelo⁵⁹.

Para la especie *Synallaxis subpudica* se identificó una preferencia por las zonas húmedas, los pastizales o claros colindantes al Humedal Torca-Guaymaral, también la vegetación secundaria o transformada como la plantación forestal. Conviene subrayar que la mayor parte del área de influencia físico-biótica-paisaje cuenta con una moderada a alta resistencia, permitiendo evidenciar una baja a moderada calidad de hábitat para esta especie.

Por consiguiente, las rutas de movilidad se centran en las zonas de humedal y sus alrededores, involucrando el corredor de la autopista norte cuya intercepción se da con las quebradas Novita, Las Pilas, Drenaje Q. San Juan, Canal Torca y Canal Guaymaral. En este sentido, se identifican un total de 24 corredores de movimiento de esta especie a lo largo del área de influencia, tal como se aprecia en la Figura 5-6, siendo los principales conectores con el Humedal Torca y Humedal Guaymaral.

Teniendo en cuenta la disponibilidad de nichos para la especie, el corredor localizado en el extremo oriental del área de influencia físico-biótica-paisaje se constituye como el más largo con 1103 metros, seguido del corredor localizado en la zona norte del área hacia el humedal Torca-Guaymaral con 991 metros de longitud, siendo las áreas de mayor preferencia de hábitat o corredor de menor costo para la movilidad de la especie de acuerdo con lo apreciado en la Figura 5-5.

Ahora bien, en el escenario con proyecto no se producen cambios relevantes en la disponibilidad de nichos, por ende, no se genera una afectación directa a la calidad de hábitat de la especie *Synallaxis subpudica*, con excepción de algunos nichos específicos localizados en el corredor de la autopista norte (Ver Figura 5-7 y Capítulo 8 Evaluación ambiental). De manera similar, no se aprecian cambios en las distancias de los corredores identificados, esto debido a que la mayoría de estos se encuentran localizados a lado y lado de la línea de transmisión, con excepción de algunos que se ubican en el separador de la autopista, ver Figura 5-8. Sin embargo, la presencia de la línea no produce una afectación directa en el comportamiento de la especie, pues como se mencionaba anteriormente, los individuos suelen estar asociados a los estratos medios y bajos de vegetación, forrajeando generalmente cerca del suelo hasta los 2 metros de altura⁶⁰. Motivo por el cual no se presenta una alta probabilidad de colisión con los cables conductores.

⁵⁷ BIRDS COLOMBIA. Chamicero Cundiboyacense/Silvery-throated Spinetail/Synallaxis subpudica [e]. <https://birdscolombia.com/2020/02/28/chamicero-cundiboyacense-silvery-throated-spinetail-synallaxis-subpudica-e/>

⁵⁸ Pijúi de Cundinamarca *Synallaxis subpudica* Sclater, PL, 1874 en Avibase. Consultada el 19 de enero de 2020.

⁵⁹ Ibid.

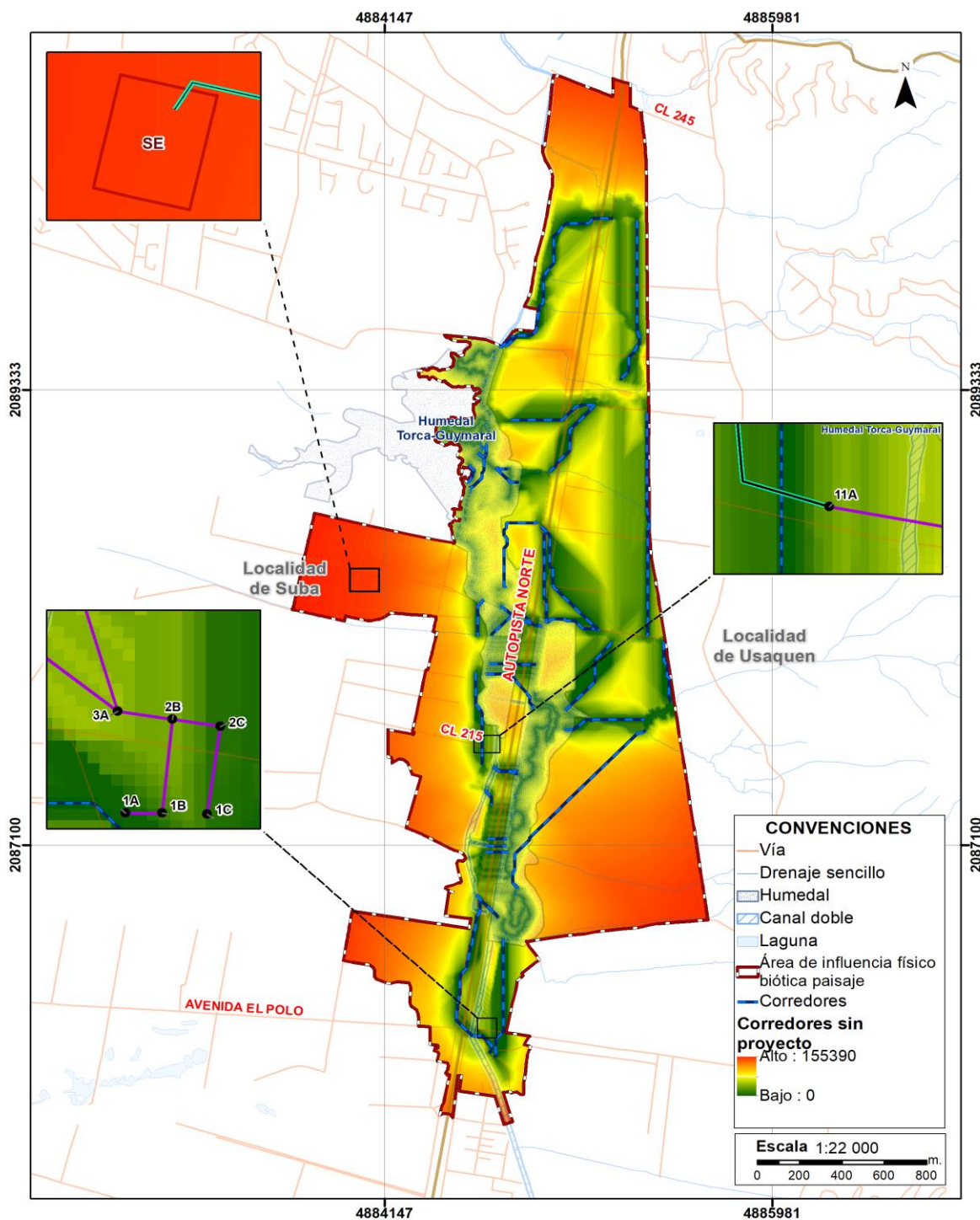
⁶⁰ Ibid.

Figura 5-5 Calidad de hábitat *Synallaxis subpudica* (Sin proyecto)



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-6 Corredores movimiento *Synallaxis subpudica* (Sin proyecto)



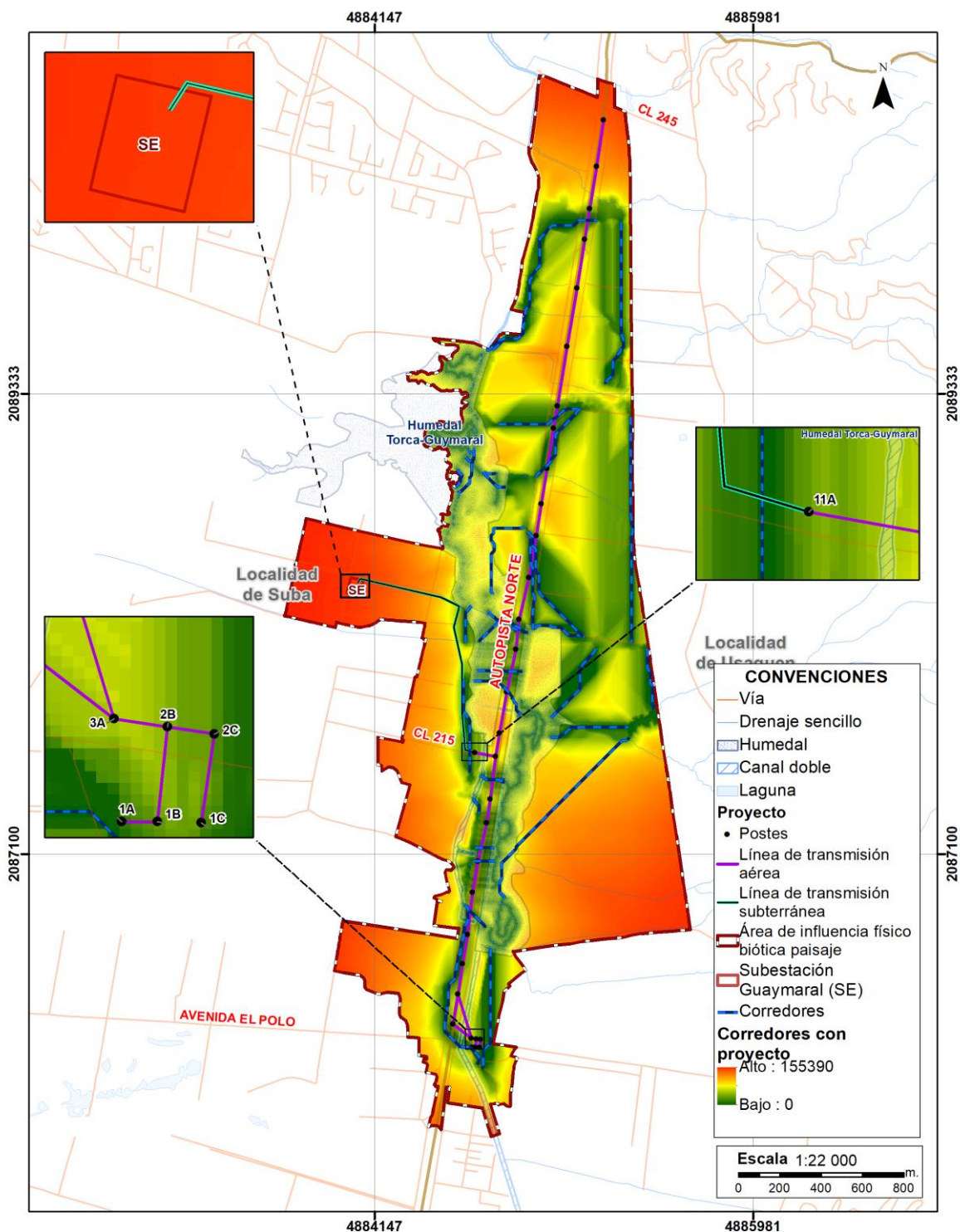
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-7 Calidad de hábitat *Synallaxis subpudica* (Con proyecto)




Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-8 Corredores movimiento *Synallaxis subpudica* (Con proyecto)



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 49

– *Neomicroxus bogotensis*

El ratón arrocero (*Neomicroxus bogotensis*, Fotografía 5-10), especie endémica de la Cordillera Oriental de Colombia, Cordillera de Mérida y Páramo de Tamá en Venezuela, entre los 2400 y 3900 m.s.n.m.⁶¹. Es una especie solitaria y nocturna, aunque eventualmente puede estar activa durante el día, siendo una especie difícil de observar. Sus desplazamientos están asociados a vegetación de ecosistemas andinos, humedales y vegetación de páramo⁶². Al presentar una adaptación semifosorial le permite desplazarse con mayor facilidad en los microhábitats como pajonales, musgos, cavidades en el suelo, roja, troncos, hojarasca, entre otros.⁶³

Descriptivamente, es un ratón de tamaño pequeño entre 79-90mm, presenta un cuerpo robusto y redondeado con un pelaje suave y de color oscuro. La coloración del pelaje dorsal varía de grisáceo hacia un castaño oscuro, con vientre ligeramente más pálido, sin una línea distintiva que lo separe del dorso. La cola es corta, 60 - 70 % de la longitud cabeza-cuerpo, e indistintamente bicolor, oscura arriba y más pálida abajo por la presencia de pelos pardos y plateados. Es una especie que prefiere los ecosistemas conservados, razón por la cual, una de sus principales amenazas es la pérdida y alteración de su hábitat por la presencia de especies exóticas como gatos y perros ferales, así como también la contaminación de su entorno ⁶⁴.

La especie *Neomicroxus bogotensis* fue incluida en los análisis por su preferencia de hábitat, sus dinámicas de movilidad, por ser presa de aves rapaces entre otras especies de fauna, al tratarse de una especie endémica de la cordillera oriental de Colombia (Norte de Santander hasta Huila) y el occidente de Venezuela. Sus particularidades son que habita en zonas de pastizales, bosques y páramos, incluidas zonas de bosque de *Polylepis*, frailejones e incluso áreas con disturbios o cultivos.

Se alimenta de insectos y otros invertebrados, así como de materia vegetal del suelo. El nombre *Neomicroxus* hace referencia a “nuevo”, debido a que las especies clasificadas en este grupo conforman un nuevo género. Anteriormente, se encontraba dentro del género *Akodon*^{65 66}.

⁶¹ CANON, Carola et al. Alpha-taxonomy in the cricetid rodent *Neomicroxus*, a first assessment. *Therya* [online]. 2020, vol.11, n.3 [citado 2023-12-18], pp.374-389. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-33642020000300374&lng=es&nrm=iso>. Epub 30-Abr-2021. ISSN 2007-3364. <https://doi.org/10.12933/therya-20-983>.


⁶² PAREDES C., GONZÁLEZ-MAYA, J. F. Y PÉREZ-TORRES, J. *Neomicroxus bogotensis*. En A. Parra- Romero y J. F. González-Maya (Eds.), *Los rastros ocultos de Chingaza: guía de mamíferos del Parque Nacional Natural Chingaza* (pp. 140-141). Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia y ProCAT Colombia. 2020.

⁶³ PAREDES C., GONZÁLEZ-MAYA, J. F. Y PÉREZ-TORRES, J. *Neomicroxus bogotensis*. En A. Parra- Romero y J. F. González-Maya (Eds.), *Los rastros ocultos de Chingaza: guía de mamíferos del Parque Nacional Natural Chingaza* (pp. 140-141). Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia y ProCAT Colombia. 2020.

⁶⁴ PAREDES C., GONZÁLEZ-MAYA, J. F. Y PÉREZ-TORRES, J. *Neomicroxus bogotensis*. En A. Parra- Romero y J. F. González-Maya (Eds.), *Los rastros ocultos de Chingaza: guía de mamíferos del Parque Nacional Natural Chingaza* (pp. 140-141). Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia y ProCAT Colombia. 2020.

⁶⁵ LIÉVANO LATORRE, L. F., Y LÓPEZ ARÉVALO, H. F. Non-flying mammal community in a periurban area in the Andes, Cundinamarca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 20(2), 193-202. <https://doi.org/10.15446/abc.v20n2.43477>. 2015.

⁶⁶ CURAY, J. Caracterización morfométrica y Modelamiento distribucional de *Neomicroxus latebricola* (Rodentia : Cricetidae) en el Ecuador. (February). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33616.56321>. 2019.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 50

Esta es una especie que tiene rangos de hogar pequeños una de las principales amenazas es la pérdida y transformación de su hábitat⁶⁷. Hace apenas un año (2022) se registró por primera vez la presencia de esta especie en el humedal Torca-Guaymaral, lo que nos puede indicar unas buenas condiciones del hábitat y la importancia de incluirla en la modelación de conectividad.

**Fotografía 5-10 Ratón arrocero (*Neomicroxus bogotensis*)
especie endémica a**




Coordenadas: E 4884586,73 N 2088790,09
Barrio: Casablanca Suba Urbano
Municipio: Bogotá
Fuente: INGEDISA S.A., 2022

Al conocer el rango de acción de las especies registradas en alguna categoría especial, estas son tenidas en cuenta ya que permiten establecer mejores criterios en la definición del área de influencia, especialmente en aquellos sitios donde las especies fueron registradas. Por ejemplo, para el caso del ratón arrocero (especie que, por su morfología y rango de hábitat, posee extensiones limitadas de desplazamiento) registrada principalmente sobre la cobertura de zonas pantanosas en el humedal Torca-Guaymaral, área protegida ubicada al norte de Bogotá, el cual está dividido por la Autopista Norte entre las localidades de Suba y Usaquén.

Una vez estimadas las resistencias de la especie a la infraestructura y coberturas del área de influencia se aprecian una muy baja calidad de hábitat en la mayoría de los sectores, con excepción de las zonas de claros o con relictos de vegetación, en particular asociadas al humedal Torca-Guaymaral, ver Figura 5-9. La alta resistencia en la mayoría de los sectores obedece a la presencia de vías e infraestructura que limita el establecimiento de

⁶⁷ CASSOLA, F. *Neomicroxus bogotensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e. T727A22380569. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T727A22380569>. 2016.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 51

nichos de la especie y su movilidad, por consiguiente, las zonas con presencia de vegetación colindantes al Humedal Torca-Guaymaral presentan un óptimo hábitat para esta especie (Ver Figura 5-9).

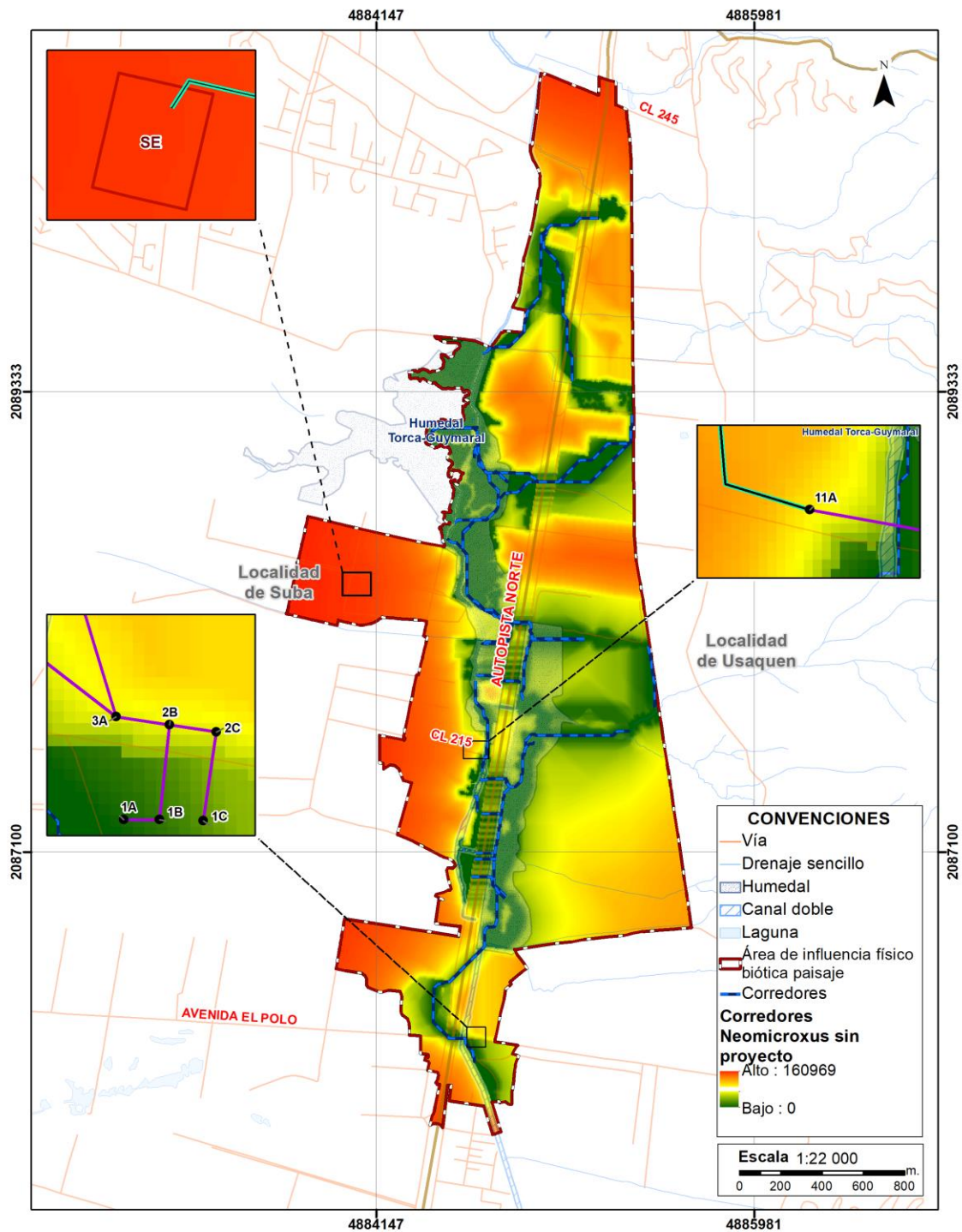
Partiendo de la disponibilidad de nichos se identificaron un total de 15 corredores de movimiento para esta especie, siendo los corredores del sur y sur oriente los más extensos con una longitud de 2166m, 1805m respectivamente. Mientras que, los más cortos presentan una longitud de 66 y 107m ubicados al sur oriente y cerca del humedal de torca, (Ver Figura 5-10). Por consiguiente, las rutas de menor costo para la movilización por el ecosistema se vinculan a las Quebrada Novita, Quebrada La Pilas, Drenaje Q. San Juan 1, la cuales permiten la conexión entre el Humedal Torca y Guaymaral a través de Box Couvert, junto con la vegetación de corredor de la autopista norte, la vegetación secundaria y zonas de pastizal aledañas a estos humedales.

Considerando ahora el escenario con proyecto, no se aprecian cambios relevantes en la calidad de hábitat modelado para la especie *Neomicroxus bogotensis*, con excepción de algunos sectores del corredor de la autopista norte que serán intervenidos y puedan generar la pérdida de nichos específicos, ver Figura 5-11. Tal como se aprecia en la Figura 5-12. Sin embargo, con el desarrollo del proyecto se evidencia que los impactos sobre las rutas de movimiento no sufrirán cambios, debido que la especie presenta hábitos terrestres (microhábitats), además que, el núcleo de reproducción de esta especie se encuentra principalmente dentro del humedal de Torca-Guaymaral, por tal motivo, la intervención no influirá en cuanto al comportamiento y ecología de la especie, al no alterarse este ecosistema con las actividades constructivas y de operación.

The map displays the CL 245 highway project area, showing the impact on the Neomicroxus sin project resistance. The map includes a legend for 'CONVENCIONES' (Via, Drenaje sencillo, Humedal, Canal doble, Laguna, Área de influencia físico biótica paisaje) and 'Resistencia Neomicroxus sin proyecto' (Alto : 100, Bajo : 0.01). It also features a scale bar (Escala 1:22 000) and coordinates (4884147, 4885981, 2087100, 2089333).

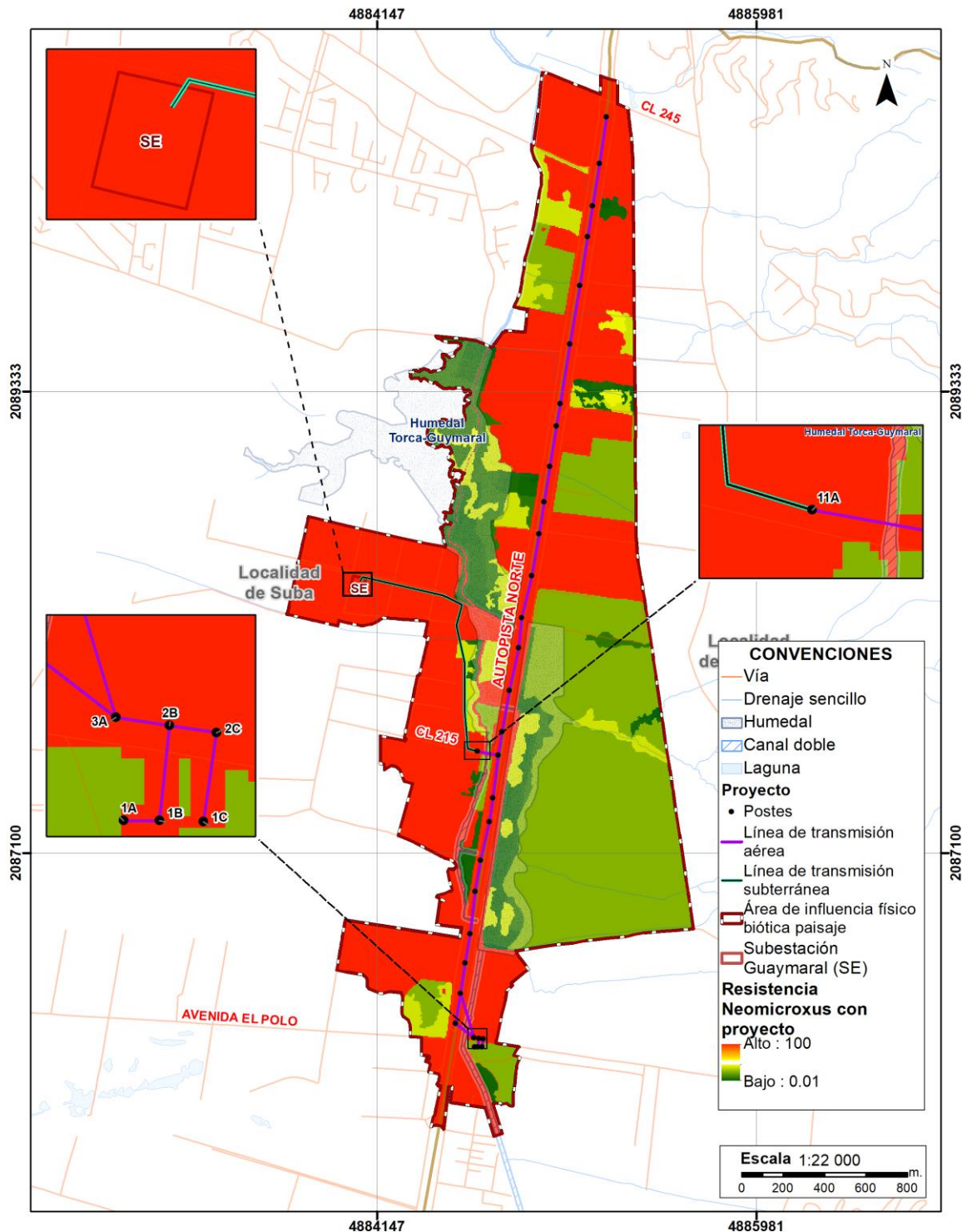
Cap. 5 Caracterización del área de influencia
Subcapítulo 5.2 Medio Biótico
Acápite 5.2.1.1 Ecosistemas terrestres-Flora

Figura 5-10 Corredores movimiento *Neomicroxus bogotensis* (Sin proyecto)



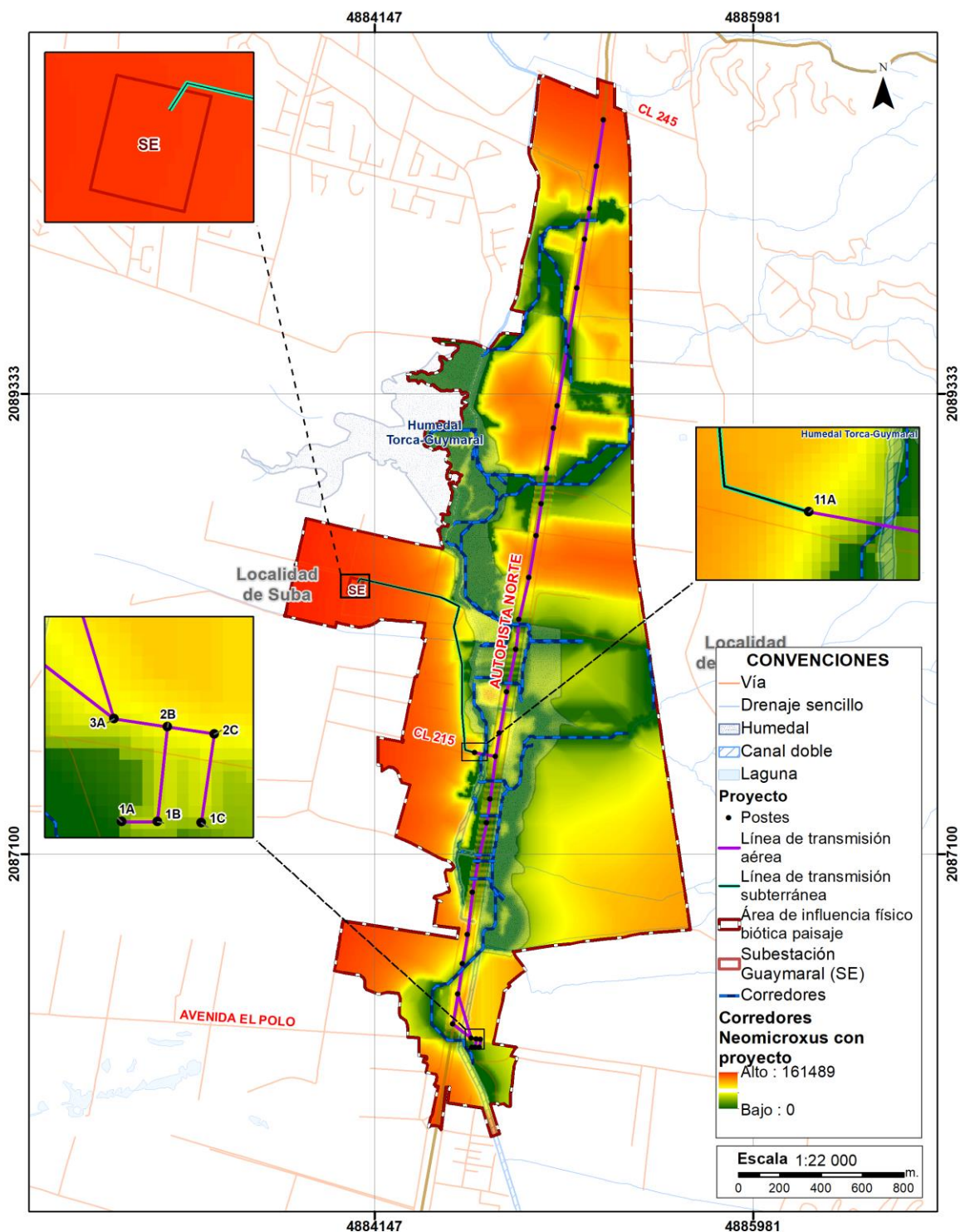
Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-11 Calidad de hábitat *Neomicroxus bogotensis* (Con proyecto)




Fuente: INGEDISA S.A., 2023

Figura 5-12 Corredores movimiento *Neomicroxus bogotensis* (Con proyecto)



Fuente: INGEDISA S.A., 2023

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 56

- **Conclusiones**

Escenario actual (año 2021)

Se asegura que en el escenario actual el paisaje se encuentra fragmentado a causa de las actividades, proyectos u obras existentes en el territorio, caso tal de las actividades agrícolas, ganaderas, el comercio, la industria, los proyectos con infraestructura lineal (vías, gasoductos, redes de energía de alta, media y baja tensión), la infraestructura, entre otras. En otro sentido, las actividades, obras o proyectos existentes en el paisaje han generado la pérdida significativa de hábitats, con una representatividad nula de coberturas naturales y una baja proporción de coberturas seminaturales (17,38%).


Se define que se ha generado fragmentación de las coberturas naturales y seminaturales debido a que el valor del índice de tamaño efectivo de malla (MESH) fue de 0,87 para el escenario actual, siendo este valor inferior a los registrados para otros paisajes que cuentan con una mayor proporción de coberturas vegetales de tipo natural y seminatural. De igual forma, las clases de cobertura seminatural presentan valores bajos de este índice, siendo las zonas verdes urbanas y vegetación secundaria alta las de mayor representatividad en el paisaje. En este sentido, la plantación forestal, la Vegetación secundaria baja y los pastos arbolados, comprenden la menor representatividad y mayor grado de fragmentación.

Partiendo de los análisis de forma, las características de las zonas verdes urbanas y la vegetación secundaria favorecen en la conectividad funcional y estructural, pero también pueden tratarse de corredores biológicos debido a su elongación, complejidad, formas irregulares o lineales. Es de añadir que las zonas verdes urbanas poseen las mejores condiciones de agregación y distancia promedio a parches vecinos, permitiendo a las especies generalistas usar estos parches para el desplazamiento por el territorio, su alimentación, hábitat, anidación o reproducción.

Por el contrario, los Pastos arbolados, Vegetación secundaria alta, Plantación forestal y la Vegetación secundaria baja presentan una baja a moderada distancia a parches de su misma categoría, no obstante, en dicho rango es posible la movilidad de especies de fauna generalistas o con facilidad de desplazamiento.

Con lo anterior es posible asegurar que las coberturas seminaturales presentan bajas a moderadas condiciones de distanciamiento entre parches para el desplazamiento de la fauna silvestre. Estos valores de las métricas PROX_MN y ENN_MN son indicativos de que en el paisaje actual son evidentes los efectos de la fragmentación de coberturas, debido a la dominancia de la matriz antrópica o transformada. Pese a ello aún conserva parches seminaturales con moderadas a bajas condiciones de agregación o distanciamiento entre parches de la misma categoría.

Por otra parte, en el paisaje actual, la distancia euclidiana al vecino de la misma clase más cercano oscila entre 11,24 y 277,89 metros para las coberturas seminaturales, valores considerados como moderados para la conectividad estructural, en el caso de especies que presentan fácil desplazamiento o son generalistas.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 57

Escenario antiguo (año 2010)

Se asegura que a lo largo de los años se generó una ampliación de la frontera agropecuaria e infraestructura en algunos sectores del paisaje, motivo por el cual las coberturas presentaron una reducción en su extensión total a lo largo del tiempo, así como también se evidencian procesos sucesionales que conllevaron al aumento de las Zonas verdes urbanas y Vegetación secundaria alta.

Entre el periodo de 2010 y 2021 se aprecia que la Plantación forestal (MESH=0,01 y 0,00) y Vegetación secundaria baja (MESH= 0,10 y 0,02) tienden a aumentar su fragmentación, contrario a las demás coberturas que tienden a recuperarse en dicho periodo por eventos de sucesión. No puede asumirse un proceso de amplia fragmentación del año 2010 al 2021 pues a pesar de apreciarse cambios en la composición, borde, configuración y forma de los parches, la extensión total de las coberturas seminaturales no cambió considerablemente en el nivel de paisaje, en dicho periodo.

En este caso, del año 2010 al 2021 las coberturas surtieron transformaciones en su forma, tamaño y cantidad de parches, lo que conllevó a que los parches de cobertura seminatural se encuentren más cercanos o contiguos en la actualidad, pero en algunas otras coberturas se tendió al aislamiento de parches, en especial la Vegetación secundaria baja y la Plantación forestal.


Del año 2010 al año 2021 se puede apreciar una reducción de la conectividad estructural de la Vegetación secundaria alta, con una tendencia al aumento de la conectividad de la Vegetación secundaria baja y los Pastos arbolados, ello como resultado de los cambios en el número parches, teselas y distancia a parches vecinos. No obstante, las demás coberturas no reflejaron cambios relevantes en la conectividad estructural entre dicho periodo.

Escenario con proyecto

Las Zonas verdes urbanas presentan notorios cambios con el desarrollo del proyecto como resultado del aprovechamiento forestal en sitios de poste, la servidumbre aérea y áreas uso temporal, relativos a cambios en el parche de mayor tamaño, también el tamaño promedio de fragmentos, área núcleo total, área núcleo promedio e índice área núcleo como consecuencia de la localización de infraestructura en su interior o en las zonas de borde de estos parches.

Con el desarrollo del proyecto se estiman cambios leves en la forma de los parches de las zonas verdes urbanas pese a los cambios notorios de su composición y áreas núcleo. De similar manera, presentan una tendencia a formas más regulares y complejas, con una reducción en su elongación, sin generarse cambios en las demás coberturas.

Ahora bien, no se prevén cambios en la riqueza o densidad de riqueza de parches de las clases de cobertura seminatural analizadas, sin embargo, se estiman cambios en la

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 58

diversidad (SHDI) y equitatividad (SHEI) de clases de cobertura, con un leve aumento de valores de estas métricas en el escenario con proyecto, relacionados con el aumento de parches de las zonas verdes urbanas y los cambios en su tamaño promedio. De igual forma, es apreciable un cambio notorio en la cantidad de parches, siendo evidente un incremento, pasando de 31 a 46 fragmentos, al igual que se aprecia un incremento en la densidad de parches en el nivel paisajístico.

Se resalta además que con el desarrollo de obras constructivas y el aprovechamiento forestal también se generaran cambios en la configuración de los parches de cobertura seminatural de zonas verdes urbanas, ello refiere a que habrá modificaciones en las distancias promedio a parches vecinos de una misma categoría de cobertura así como se aprecia cambios en la contigüidad o agregación de las mismas, ello teniendo en cuenta los cambios en los valores de la métrica ENN y PROX entre el escenario actual y el escenario con proyecto. Puntualmente, se estima la reducción de agregación de parches, y como tal, se apreciarán parches más aislados, y en otros casos, las distancias a parches vecinos serán más cortas debido al aumento de la cantidad de fragmentos.


Se añaden los cambios notorios en la agregación o contigüidad de las coberturas de zonas verdes urbanas con una tendencia al aumento del aislamiento de los parches. En cambio, las demás coberturas no reflejaran cambios en su agregación. De similar manera se aprecian cambios relevantes en la distancia promedio a parches vecinos de las zonas verdes urbanas, sin embargo, los cambios son leves, con tendencia a encontrarse más distantes. Ciertamente, para las demás coberturas no se aprecian cambios en la distancia euclidiana a parches vecinos.

Es de añadir que la cobertura de Zonas verdes urbanas presenta notorios cambios en la conectividad estructural de parches (CONNECT) con el desarrollo del proyecto, tendiendo a registrar parches más aislados como resultado de aprovechamiento forestal en sus áreas núcleo y de borde. A pesar de esta condición del proyecto, las demás coberturas no reflejan cambios en su conectividad estructural.

De acuerdo con lo anterior, en el nivel de paisaje se generarán cambios en la composición, configuración y forma de los parches analizados, atribuyendo dichas variaciones en las características de algunos parches o coberturas en específico. Es así como a nivel de paisaje los mayores efectos se aprecian en las áreas núcleo de algunos parches, su tamaño promedio, su distancia promedio a parches vecinos, su elongación y numero parches.


Evidentemente, se aprecian cambios notorios en la métrica MESH en el nivel de paisaje y cobertura, lo que indica que hay una modificación en la configuración y composición de parches de las zonas verdes urbanas, con una tendencia al aumento de la fragmentación, sin embargo, no se presentan afectaciones en las demás coberturas seminaturales de Pastos arbolados, Vegetación secundaria alta, Plantación forestal y Vegetación secundaria baja, por ello, no se definen alteraciones significativas por fragmentación de estas últimas coberturas en mención, en el escenario de construir el proyecto.

Es así como la métrica de fragmentación indica que se generara una ampliación de este

	<p>ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”</p>	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 59

proceso existente para la cobertura de Zonas verdes urbanas, ello como resultado del aprovechamiento forestal en los bordes o áreas núcleo de algunos parches de vegetación. Sin generarse eventos de fragmentación en las demás coberturas.

Como resultado de la modelación de calidad de hábitat y rutas de movimiento, se establece que el desarrollo del proyecto no interferirá de forma relevante los nichos de la especie *Synallaxis subpudica* y *Neomicroxus bogotensis*, ni sus dinámicas de desplazamiento por el ecosistema.

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 60

BIBLIOGRAFÍA

AGUILERA BENAVENTE, Francisco. Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. Octubre, 2010. En: Anales de Geografía. Vol. 30, No. 2, p. 9-29. ISSN:0211-9803

ALONSO-F., A. M., FINEGAN, B., BRENES, C., GÜNTER, S. y PALOMEQUE, X. Evaluación de la conectividad estructural y funcional en el corredor de conservación Podocarpus-Yacuambi, Ecuador. En: Caldasia. 2017. Vol. 39, No. 1, p. 140–156. <https://doi.org/10.15446/caldasias.v39n1.64324>

ANDRÉN, H. Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review. En: Oikos, 1994. vol. 71, p. 355–366.

AYERBE-QUIÑONES, Fernando. Guía ilustrada de la avifauna colombiana. Segunda Edición. Bogotá D.C.: Wildlife Conservation Society/Colombia Program, 2019. 212 p. (Panamericana Formas e impresos). ISBN 978-958-5461-44-4.

HILTY, Steven L. y BROWN, William L. Guía de Aves de Colombia. Segunda Edición (Álvarez-López, H, Reimpresión de la traducción). New Jersey.: Princeton University Press, 2001.1031p.

BABÍ ALMENAR, J., BOLOWICH, A., ELLIOT, T., GENELETTI, D., SONNEMANN, G., y RUGANI, B. Assessing habitat loss, fragmentation and ecological connectivity in Luxembourg to support spatial planning. En: Landscape and Urban Planning, 2019. vol. 189, p. 335–351. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.05.004>

BADII, M. H. y J. LANDEROS. Cuantificación de la fragmentación del paisaje y su relación con Sustentabilidad. En: Daena: International Journal of Good Conscience. 2007. Vol. 2, No. 1, p. 26-38. ISSN 1870-557X.


BENNETT, A. Enlazando el Paisaje: el papel de los corredores biológicos y la conectividad en la conservación de la vida silvestre. IUCN. 2004.

BIRDS COLOMBIA. Chamicero Cundiboyacense/Silvery-throated Spinetail/Synallaxis subpudica [e]. <https://birdscolumbia.com/2020/02/28/chamicero-cundiboyacense-silvery-throated-spinetail-synallaxis-subpudica-e/>

Pijuí de Cundinamarca Synallaxis subpudica Sclater, PL, 1874 en Avibase. Consultada el 19 de enero de 2020.

BUREL F. y BAUDRY J. Ecología del paisaje. Conceptos, métodos y aplicaciones. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa, 2002.

CABACINHA, C. D., y CASTRO, S. S. Relationships between floristic diversity and vegetation indices, forest structure and landscape metrics of fragments in Brazilian Cerrado. En: Forest Ecology and Management, 2009. vol. 257, p. 2157–2165. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2009.02.030>

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 61

CANON, Carola et al. Alpha-taxonomy in the cricetid rodent *Neomicroxus*, a first assessment. *Therya* [online]. 2020, vol.11, n.3 [citado 2023-12-18], pp.374-389. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-33642020000300374&lng=es&nrm=iso. Epub 30-Abr-2021. ISSN 2007-3364. <https://doi.org/10.12933/therya-20-983>.

CASSOLA, F. *Neomicroxus bogotensis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e. T727A22380569. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-2.RLTS.T727A22380569>. 2016.

COLLADO D., y DELLAFIORE C. M. Influencia de la fragmentación del paisaje sobre la población Del Venado De Las Pampas en el Sur de la Provincia de San Luis. En: *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)*, 2003. INTA, Argentina, p.17.

CURAY, J. Caracterización morfométrica y Modelamiento distribucional de *Neomicroxus latebricola* (Rodentia : Cricetidae) en el Ecuador. (February). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33616.56321>. 2019.

FORMAN, R. T. Land mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge University Press, 1995.

FORMAN, R.T.T. y GODRON M. *Landscape Ecology*. John Wiley and Sons. New York USA, 1986.

FRANKLIN, J. F., y FORMAN, R. T. T. Creating landscape patterns by forest cutting: Ecological consequences and principles. En: *Landscape Ecology*, 1987. vol. 1, no. 1, p. 5–18. <https://doi.org/10.1007/BF02275261>

KINDLMANN, P., y BUREL, F. Connectivity measures: a review. En: *Landscape Ecology*, 2008. vol. 23, no. 8, p. 879–890. <https://doi.org/10.1007/s10980-008-9245-4>


LIÉVANO LATORRE, L. F., Y LÓPEZ ARÉVALO, H. F. Non-flying mammal community in a periurban area in the Andes, Cundinamarca, Colombia. *Acta Biológica Colombiana*, 20(2), 193-202. <https://doi.org/10.15446/abc.v20n2.43477>. 2015.

MARÍN-VALENCIA, A. L., TORO-RESTREPO, L. J., y URIBE-SOTO, S. I. Conectividad estructural del paisaje cafetero en la cuenca alta del río San Juan, suroeste antioqueño, Colombia. En: *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 2008. vol. 23, p. 43–54.

MCGARIGAL, K., CUSHMAN, S. A., NEEL, M. C. y ENE, E. *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. Amherst: University of Massachusetts, 2002.

NOSS, R.F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. En: *Conservation Biology*, 1990. Vol. 4, p. 355-364.

O’NEILL R.V., KRUMMEL J.R., GARDNER R.H., SUGIHARA G. y JACKSON B. Indices of

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 62

landscape pattern. En: Landscape Ecology, 1988. Vol. 1, p. 153-162.

PAREDES C., GONZÁLEZ-MAYA, J. F. Y PÉREZ-TORRES, J. Neomicroxus bogotensis. En A. Parra- Romero y J. F. González-Maya (Eds.), Los rastros ocultos de Chingaza: guía de mamíferos del Parque Nacional Natural Chingaza (pp. 140-141). Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia y ProCAT Colombia. 2020.

PEÑA-CORTÉS F., REBOLLEDO G., HERMOSILLA K., HAUENSTEIN E., BERTRÁN C., SCHLATTER R., y TAPIA J. Dinámica del paisaje para el período 1980-2004 en la cuenta costera del Lago Budi, Chile. Consideraciones para la conservación de sus humedales. En: Ecología Astral 16. Córdoba, Argentina: Asociación Argentina de Ecología , 2006. p. 183-196.

PINTO, J. Evolución del paisaje y estado de conservación de la Reserva Forestal El Choré. Santa Cruz, Bolivia: Kempffiana, 2006. Nº 2, p. 45-56.

SANTOS, A. R., ANTONIO ALVARES SOARES RIBEIRO, C., OLIVEIRA PELUZIO, T. M., ESTEVES PELUZIO, J. B., QUEIROZ, V. T., FIGUEIRA BRANCO, E. R., LORENZON, A. S., DOMINGUES, G. F., MARCATTI, G. E., CASTRO, N. L. M., TEIXEIRA, T. R., SANTOS, G. M. A. D. A., SANTOS MOTA, P. H., FERREIRA DA SILVA, S., VARGAS, R., CARVALHO, J. R., MACEDO, L. L., SILVA ARAÚJO, C., y ALMEIDA, S. L. H. Geotechnology and landscape ecology applied to the selection of potential forest fragments for seed harvesting. En: Journal of Environmental Management, 2016. vol. 183, p. 1050–1063. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.09.073>

SAURA, S., y MARTINEZ-MILLAN, J. Sensitivity of Landscape Pattern Metrics to Map Spatial Extent. En: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2001. vol. 67, no. 9, p.1027–1036.

SAUNDERS D.A., HOBBS R.J., y MARGULES C.R. Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. En: Conservatory Biological, 1991. vol. 5, p. 18-32. Blackwell Scientific Publications (BSP), United Kingdom.


SZEK, Mariola. Fragmentación del paisaje en áreas protegidas. Universitat de Barcelona, 2012.

TURNER M.G., GARDNER R. y O’NEILL R. Landscape Ecology in theory and practice. Pattern and process. New York, USA: Spring-Verlag, 2001. p. 401.

TURNER, M. G. Spatial and temporal analysis of landscape patterns. En: Landscape Ecology, 1990. vol. 4 no. 1, p. 21–30. <https://doi.org/10.1007/BF02573948>

URBAN D.L., O’NEILL R.V. y SHUGART H.H. Landscape ecology. USA: Bioscience 37, 1987. p. 119- 127.

VELÁZQUEZ A., MAS J.F. y PALACIO J.L. Análisis del cambio de uso del suelo. México:

	ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL PROYECTO “SUBESTACIÓN ELÉCTRICA GUAYMARAL Y SUS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN A 115 kV”	CÓDIGO: Cap. 5.2
		VERSIÓN: 00
		PÁG. 63

Convenio INE- IG (UNAM). Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), 2002.

WIENS, J.J. Can incomplete taxa rescue phylogenetic analyses from long-branch attraction?. En: Systematic Biology, 2005. vol. 54, p. 731–742. Oxford, United Kingdom.

WITH, K. A., y KING, A. W. Dispersal success on fractal landscapes: a consequence of lacunarity thresholds. En: Landscape Ecology, 1999. vol. 14, no. 1, p. 73–82.
<https://doi.org/10.1023/A:1008030215600>