ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
ÁREA DE DESARROLLO BUCARE

CAPÍTULO 3.3 MEDIO BIÓTICO
3.3.2.2 Conectividad Ecológica

S.G.I. S.A.S.
Consultoría e Ingeniería

CONTENIDO

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO 1
3.3 MEDIO BIÓTICO 1
3.3.2 Ecosistemas terrestres 1
3.3.2.2 Conectividad ecológica 1
3.3.2.2.1 Conectividad estructural 1
3.3.2.2.1.1 Contexto paisajístico 1
3.3.2.2.2 Conectividad funcional 4
3.3.2.2.2.1 Conectividad regional 5
3.3.2.2.2.2 Conectividad local 21

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Rangos establecidos para categorizar el contexto paisajístico 1
Tabla 3-2 índice de contexto paisajístico para el escenario multitemporal (2016) y los escenarios sin proyecto y con proyecto. 2
Tabla 3-3 Números de nodos y área total (ha) de los parches de hábitat analizados para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario multitemporal (2016), escenario sin proyecto y en el escenario con proyecto 23
Tabla 3-4 Índice ECA para el escenario multitemporal (2016) sin proyecto (2024) y con proyecto para la especie *Plecturocebus ornatus* 37
Tabla 3-5 Números de nodos y área total (ha) de los parches de hábitat analizados para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario multitemporal (2016), escenario sin proyecto y en el escenario con proyecto 38
Tabla 3-6 Índice ECA para el escenario multitemporal (2016) sin proyecto (2024) y con proyecto para la especie *Leopardus pardalis* 51
Tabla 3-7 Números de nodos y área total (ha) de los parches de hábitat analizados para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario multitemporal (2016), escenario sin proyecto y en el escenario con proyecto 51
Tabla 3-8 Índice ECA para el escenario multitemporal (2016) sin proyecto (2024) y con proyecto para la especie *Myrmecophaga tridactyla* 64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1 Índice de contexto paisajistico para el escenario multitemporal (2016) 4
Figura 3-2 Índice de contexto paisajistico para el escenario sin proyecto 4
Figura 3-3 Índice de contexto paisajistico para el escenario con proyecto 4
Figura 3-4 Subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea) Escala 1:100.000 6
Figura 3-5 Coberturas de la tierra de las subzonas hidrografías bajo la cual el proyecto presenta traslape. Escala 1:100.000 7
Figura 3-6 dPCintra para la especie *Plecturocebus ornatus* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 9

Figura 3-7 dPCflux para la especie *Plecturocebus ornatus* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 10
Figura 3-8 dPCconect para la especie *Plecturocebus ornatus* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 11
Figura 3-9 dPC total para la especie *Plecturocebus ornatus* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 12
Figura 3-10 dPC total para la especie *Leopardus pardalis* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 14
Figura 3-11 dPC intra para la especie *Leopardus pardalis* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 15
Figura 3-12 dPC Connect para la especie *Leopardus pardalis* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 16
Figura 3-13 dPC Flux para la especie *Leopardus pardalis* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 17
Figura 3-14 dPC total para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 18
Figura 3-15 dPC intra para la especie Myrmecophaga tridactyla en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 19
Figura 3-16 DPC Connect para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 20
Figura 3-17 DPC Flux para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). 21
Figura 3-18 Métricas de dPC intra para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario multitemporal 24
Figura 3-19 Métricas de dPC intra para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario sin proyecto 25
Figura 3-20 Métricas de dPC intra para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario con proyecto 26
Figura 3-21 Métricas de dPC flux para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario multitemporal 27
Figura 3-22 Métricas de dPC flux para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario sin proyecto 28
Figura 3-23 Métricas de dPC flux para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario con proyecto 29
Figura 3-24 Métricas de dPC connect para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario multitemporal 31
Figura 3-25 Métricas de dPC connect para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario sin proyecto 32
Figura 3-26 Métricas de dPC connect para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario con proyecto 33
Figura 3-27 Métricas de dPC para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario multitemporal 34
Figura 3-28 Métricas de dPC para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario sin proyecto 35
Figura 3-29 Métricas de dPC para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario con proyecto 36
Figura 3-30 Métricas de dPC intra para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario multitemporal 39

Figura 3-31 Métricas de dPC intra para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario sin proyecto 40
Figura 3-32 Métricas de dPC intra para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario con proyecto 41
Figura 3-33 Métricas de dPC flux para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario multitemporal 42
Figura 3-34 Métricas de dPC flux para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario sin proyecto 43
Figura 3-35 Métricas de dPC flux para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario con proyecto 44
Figura 3-36 Métricas de dPC connect para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario multitemporal 45
Figura 3-37 Métricas de dPC connect para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario sin proyecto 46
Figura 3-38 Métricas de dPC connect para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario con proyecto 47
Figura 3-39 Métricas de dPC para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario multitemporal... 48
Figura 3-40 Métricas de dPC para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario sin proyecto..... 49
Figura 3-41 Métricas de dPC para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario con proyecto.... 50
Figura 3-42 Métricas de dPC intra para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario multitemporal 52
Figura 3-43 Métricas de dPC intra para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario sin proyecto 53
Figura 3-44 Métricas de dPC intra para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario con proyecto 54
Figura 3-45 Métricas de dPC flux para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario multitemporal 55
Figura 3-46 Métricas de dPC flux para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario sin proyecto 56
Figura 3-47 Métricas de dPC flux para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario con proyecto 57
Figura 3-48 Métricas de dPC connect para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario multitemporal 58
Figura 3-49 Métricas de dPC connect para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario sin proyecto 59
Figura 3-50 Métricas de dPC connect para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario con proyecto 60
Figura 3-51 Métricas de dPC para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario multitemporal 61
Figura 3-52 Métricas de dPC para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario sin proyecto 62
Figura 3-53 Métricas de dPC para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario con proyecto 63
Figura 3-54 Matriz de resistencia para la especie *Plecturocebus ornatus* para el escenario sin proyecto (2016). 66
Figura 3-55 Matriz de resistencia para la especie *Plecturocebus ornatus* para el escenario con proyecto. 67

Figura 3-56 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el escenario sin proyecto (2024) para *Plecturocebus ornatus* 69
Figura 3-57 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el escenario con proyecto para *Plecturocebus ornatus*..... 70
Figura 3-58 Matriz de resistencia para la especie *Leopardus pardalis* para el escenario sin proyecto (2016). 71
Figura 3-59 Matriz de resistencia para la especie *Leopardus pardalis* para el escenario con proyecto. 72
Figura 3-60 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el escenario sin proyecto (2024) para *Leopardus pardalis*..... 73
Figura 3-61 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el escenario con proyecto para *Leopardus pardalis* 74
Figura 3-62 Matriz de resistencia para la especie *Myrmecophaga tridactyla* para el escenario sin proyecto (2016). 76
Figura 3-63 Matriz de resistencia para la especie *Myrmecophaga tridactyla* para el escenario con proyecto. 77
Figura 3-64 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el escenario sin proyecto (2024) para *Myrmecophaga tridactyla* 78
Figura 3-65 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el con proyecto para *Myrmecophaga tridactyla* 79

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE PROYECTO

3.3 MEDIO BIÓTICO

3.3.2 Ecosistemas terrestres

3.3.2.2 Conectividad ecológica

3.3.2.2.1 Conectividad estructural

3.3.2.2.1.1 Contexto paisajístico

El contexto paisajístico es definido como las características del paisaje circundante a una determinada unidad ecológica de estudio (ya sea un parche de bosque o un corredor biológico). Estas características están determinadas en primer lugar por su composición, es decir los diferentes tipos de hábitat y elementos del paisaje incluyendo los distintos tipos de usos de la tierra, construcciones, zonas de cultivo, pastizales, entre otros. En segundo lugar, se encuentra la configuración espacial, es decir la manera en la que dichos elementos se distribuyen.

Para su valoración y especialización podrá emplearse la siguiente ecuación, teniendo como referencia base, una franja de 500 m alrededor del fragmento

CP = AN/ATF
CP: Contexto paisajístico
AN: Área natural dentro de la franja
ATF: Área total de la franja

. Los valores de conectividad oscilan entre cero (0) y uno (1), los valores cercanos a uno (1) representan un mejor contexto paisajístico, es decir una mayor posibilidad de conexión entre parches/ teselas de características iguales o similares.

Con los resultados obtenidos, se clasificaron cada uno de acuerdo con los valores establecidos en la **Tabla 3-1** en donde los fragmentos con un nivel 0 se CP se consideran con una fragmentación muy alta y aquellos con valores por encima de los 0,9 se consideran con una fragmentación muy baja (ver Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1. Conectividad/ A_CP/ Mult/ CP, Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1. Conectividad/ A_CP/ Sp/ CP y Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1. Conectividad/ A_CP/ Cp/ CP,).

Tabla 3-1 Rangos establecidos para categorizar el contexto paisajístico

CATEGORÍA CP	RANGO CONTEXTO PAISAJÍSTICO
Muy alta fragmentación– conectividad nula	0,00 – 0,09
Alta fragmentación – conectividad baja	0,1 – 0,29
Media fragmentación – conectividad moderada	0,3 – 0,59
Baja fragmentación – alta conectividad	0,6 – 0,89
Muy baja fragmentación – conectividad muy alta	0,9 - 1

Fuente. SGI S.A.S., 2025

En el escenario multitemporal se observa un paisaje fuertemente transformado en el que predominan fragmentos con contextos paisajísticos desfavorables. La mayor parte del área natural evaluada se distribuye en categorías de alta fragmentación con conectividad baja (0,1–0,29), que abarcan 2930,75 ha en 675 fragmentos, y en la categoría de media fragmentación con conectividad moderada (0,3–0,59), con 1331,54 ha y 299 fragmentos. La categoría más crítica, muy alta fragmentación – conectividad nula (0,00–0,09), agrupa 287,26 ha distribuidas en 179 fragmentos, evidencia del aislamiento de remanentes naturales dentro de una matriz predominantemente antrópica. Aunque

se identifican 47,84 ha con conectividad alta (0,6–0,89), estas corresponden a una fracción muy pequeña del paisaje. La gran mayoría del territorio (20407,65 ha, 1292 fragmentos) se clasifica como "no aplica", lo que confirma que el paisaje en 2016 estaba dominado por usos antrópicos sin aporte a conectividad ecológica.

En el escenario sin proyecto se mantiene la tendencia observada en el multitemporal, aunque con variaciones importantes en algunas categorías. La superficie clasificada como muy alta fragmentación – conectividad nula (0,00–0,09) disminuye levemente a 264,02 ha, mientras el número de fragmentos aumenta a 199, lo que indica subdivisión de unidades naturales pequeñas. En contraste, se presenta un incremento en el área correspondiente a media fragmentación – conectividad moderada (1827,18 ha), así como un aumento notable en la categoría de baja fragmentación – alta conectividad (242,97 ha y 110 fragmentos), lo que sugiere que entre 2016 y el escenario actualizado algunas áreas naturales recuperaron cierta continuidad estructural o se estabilizaron. Finalmente, aparece una categoría no registrada en 2016: muy baja fragmentación – conectividad muy alta (16 ha, 20 fragmentos), lo que indica la presencia de pequeños nodos naturales con contextos paisajísticos más favorables. A pesar de estos cambios, el paisaje continúa dominado por elementos "no aplica" (19749,53 ha), es decir, coberturas antrópicas sin capacidad de generar conectividad ecológica.

Al comparar los dos escenarios mencionados anteriormente se evidencia un ligero mejoramiento del contexto paisajístico en términos de conectividad. El aumento de fragmentos en categorías de media y alta conectividad indica que ciertas áreas naturales se consolidaron o aumentaron su influencia en el paisaje, aunque en proporciones modestas. Sin embargo, también se observa un incremento considerable en el número total de fragmentos (de 2506 a 3169), reflejando una mayor fragmentación estructural, especialmente dentro de coberturas antrópicas, que no contribuyen positivamente a la conectividad. En síntesis, aunque algunos fragmentos naturales mejoran su contexto paisajístico, el paisaje sigue dominado por matrices transformadas y la conectividad permanece baja a escala general.

Tabla 3-2 índice de contexto paisajístico para el escenario multitemporal (2016) y los escenarios sin proyecto y con proyecto.

ESCENARIO	ICP	FRAGMENTACIÓN	CONECTIVIDAD	ÁREA ha	N° DE FRAGMENTOS
MULTITEMPORAL (2016)	0,00 – 0,09	Muy alta	Nula	287,26	179
	0,1 – 0,29	Alta	Baja	2930,75	675
	0,3 – 0,59	Media	Moderada	1331,54	299
	0,6 – 0,89	Baja	Alta	47,84	61
	0,9 - 1	Muy baja	Muy alta	-	-
	No aplica			20407,65	1292
TOTAL				25005,03	2506
SIN PROYECTO	0,00 – 0,09	Muy alta	Nula	264,02	199
	0,1 – 0,29	Alta	Baja	2905,34	760
	0,3 – 0,59	Media	Moderada	1827,18	407
	0,6 – 0,89	Baja	Alta	242,97	110
	0,9 - 1	Muy baja	Muy alta	16,00	20
	No aplica			19749,53	1673
TOTAL				25005,03	3169
CON PROYECTO	0,00 – 0,09	Muy alta	Nula	298,24	207
	0,1 – 0,29	Alta	Baja	2915,00	825
	0,3 – 0,59	Media	Moderada	1733,19	437

ESCENARIO	ICP	FRAGMENTACIÓN	CONECTIVIDAD	ÁREA ha	N° DE FRAGMENTOS
	0,6 – 0,89	Baja	Alta	265,19	109
	0,9 - 1	Muy baja	Muy alta	16,00	20
	No aplica			19777,41	2001
TOTAL				25005,03	3599

Fuente: SGI S.A.S, 2025

En el escenario con proyecto la categoría de muy alta fragmentación – conectividad nula (0,00–0,09) aumenta a 298,24 ha y 207 fragmentos, lo que refleja una ligera intensificación del aislamiento de pequeñas unidades naturales, resultado de la reorganización espacial generada por la infraestructura propuesta. La categoría de alta fragmentación – conectividad baja (0,1–0,29) aumenta en área (2915 ha) y en fragmentos (825), sugiriendo una subdivisión adicional del entorno natural. Al mismo tiempo, la categoría de media fragmentación – conectividad moderada disminuye su área a 1733,19 ha, lo que indica una pérdida parcial en la calidad del contexto paisajístico intermedio. No obstante, la categoría de baja fragmentación – alta conectividad registra un crecimiento moderado en área (265,19 ha), lo que indica que algunos fragmentos mantienen su función estructural pese al proyecto. Las unidades con muy alta conectividad (0,9–1) permanecen estables (16 ha, 20 fragmentos). El número total de fragmentos aumenta significativamente (3599), lo que evidencia un mayor nivel de subdivisión del paisaje, aunque concentrado en coberturas antrópicas.

La comparación entre los escenarios sin y con proyecto muestra que la infraestructura propuesta no genera pérdidas de áreas naturales de alto valor ecológico, pero sí produce una mayor subdivisión de fragmentos, reflejada en el incremento del número total de unidades (3169 a 3599). Esta subdivisión afecta especialmente a fragmentos pequeños ubicados en contextos ya degradados, lo que explica el aumento en las categorías de conectividad nula o baja. Sin embargo, las categorías de alta y muy alta conectividad se mantienen estables o con ligeras mejoras en área, lo que sugiere que los fragmentos con mejor contexto paisajístico no se ven afectados por el proyecto. En otras palabras, el proyecto no deteriora la conectividad de nodos naturales clave, sino que genera ajustes espaciales en un paisaje ya fragmentado.

En conjunto, el análisis del CP muestra que el paisaje del área presenta una configuración altamente transformada en todos los escenarios, con un predominio absoluto de matrices antrópicas y un número reducido de fragmentos naturales con capacidad real de sostener conectividad. Entre 2016 y el escenario sin proyecto se observa una leve mejora en algunas categorías de conectividad, aunque acompañada por una mayor fragmentación estructural. La implementación del proyecto no modifica sustancialmente la disponibilidad de área natural ni afecta los fragmentos con mayor conectividad, pero sí incrementa la subdivisión de unidades pequeñas, lo que se refleja en un aumento en las categorías de fragmentación muy alta y alta. Aun así, dado que el paisaje original ya presenta valores bajos de conectividad ecológica, los cambios inducidos por el proyecto se consideran limitados y concentrados en coberturas antrópicas, sin comprometer los fragmentos naturales que mantienen una función estructural más relevante.

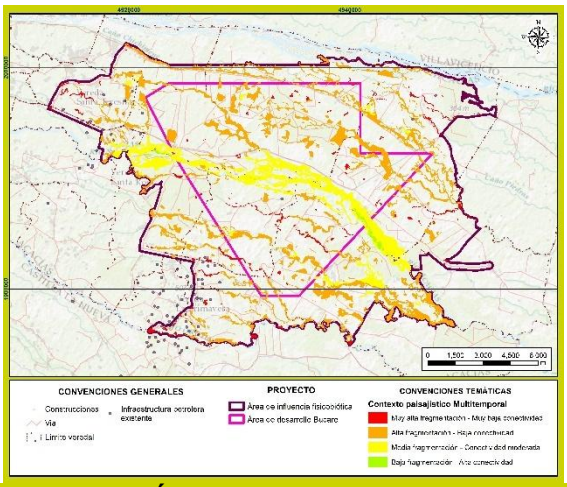


Figura 3-1 Índice de contexto paisajistico para el escenario multitemporal (2016)
Fuente. SGI S.A.S., 2025

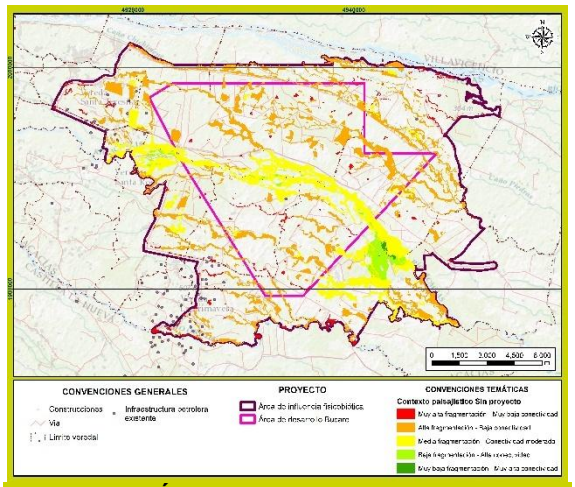


Figura 3-2 Índice de contexto paisajistico para el escenario sin proyecto
Fuente. SGI S.A.S., 2025

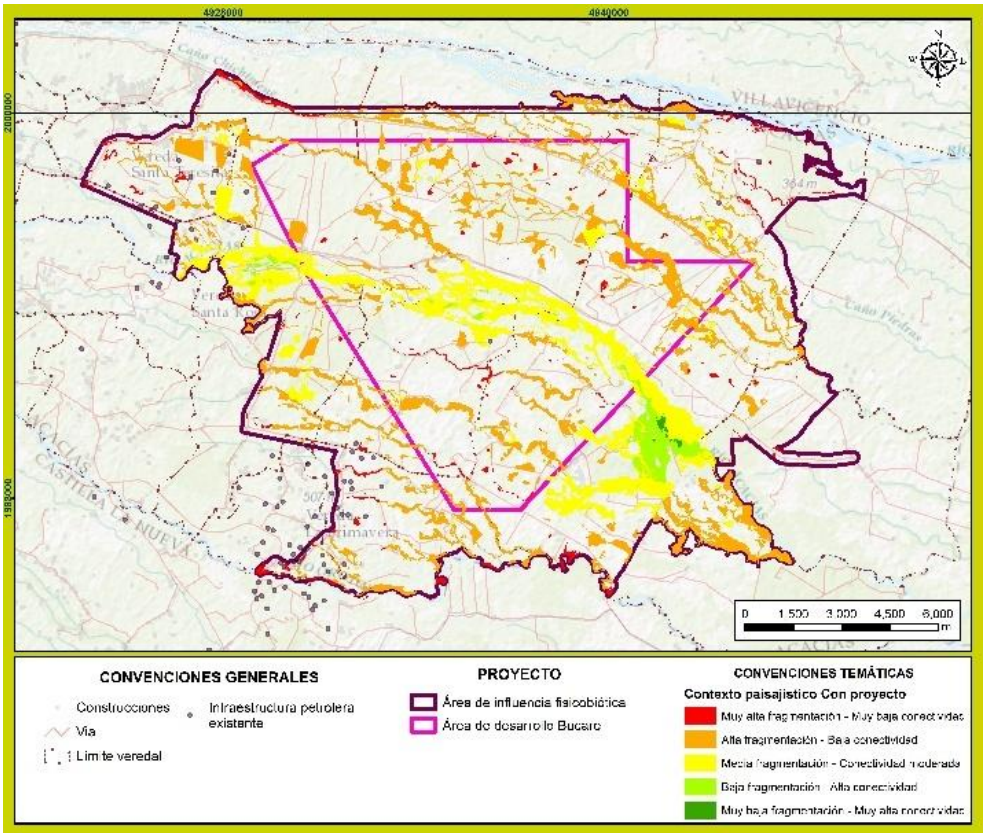


Figura 3-3 Índice de contexto paisajistico para el escenario con proyecto
Fuente. SGI S.A.S., 2025

3.3.2.2.2 Conectividad funcional

La conectividad en el paisaje es una propiedad esencial que determina la capacidad de las especies para moverse, dispersarse, intercambiar material genético y mantener flujos ecológicos a través de

los diferentes componentes del ecosistema. Este concepto abarca tanto la conectividad estructural, relacionada con la disposición física de los elementos del paisaje, como la conectividad funcional, que depende de la percepción y el comportamiento de las especies ante esos elementos.

El movimiento de los organismos dentro del paisaje puede obedecer a diversas razones, como desplazamientos locales para cumplir con sus actividades diarias, movimientos de dispersión vinculados a la reproducción, o migraciones estacionales en búsqueda de recursos o condiciones favorables. Independientemente del tipo de desplazamiento, estos movimientos están influenciados por tres factores principales: los patrones de comportamiento de las especies, el tamaño y la configuración espacial de los parches de hábitat, y las características de la matriz que separa dichos parches. Estos componentes interactúan de manera dinámica, modulando la capacidad de las especies para conectarse con diferentes áreas del paisaje.

Asimismo, el término "corredor" es utilizado para describir elementos lineales del paisaje que actúan como vías para el movimiento de las especies entre parches de hábitat. Los corredores, gracias a sus características espaciales y funcionales, facilitan la conectividad al reducir las barreras al movimiento y mejorar la integración del paisaje ecológico. Sin embargo, la funcionalidad de estos corredores depende de múltiples variables, como la composición y heterogeneidad de la matriz circundante, así como la capacidad de las especies para utilizarlos.

Estudios recientes han subrayado la importancia de considerar las particularidades del medio por el cual se desplazan las especies. Por ejemplo, los corredores riparios han demostrado ser cruciales para facilitar la conectividad en paisajes agrícolas fragmentados. Además, investigaciones como las de Saura et al. (2010) han desarrollado métricas avanzadas para cuantificar la conectividad funcional, destacando la necesidad de integrar herramientas de análisis espacial en la planificación y gestión del paisaje.

3.3.2.2.2.1 Conectividad regional

Adicional al análisis de fragmentación anteriormente relacionado, se generó un análisis de conectividad a nivel regional con el objetivo de evaluar, en una escala de paisaje más amplia, los posibles movimientos de las especies. Este enfoque permite minimizar sesgos asociados al uso de escalas pequeñas, los cuales pueden limitar la comprensión de los patrones reales de distribución y desplazamiento de la fauna. Analizar un área mayor posibilita la identificación de parches de hábitat clave, ya sea como áreas núcleo o como corredores ecológicos esenciales para la conectividad funcional del paisaje en ese entorno y a partir de ello, refinar los resultados en una escala más detallada y a un área más acotada a las intervenciones del proyecto. De esta manera, se considera que es posible evaluar de manera más precisa la incidencia del proyecto en los patrones de distribución y movimiento de las especies en el área de influencia.

En este contexto, se utilizó el mapa de subzonas hidrográficas elaborado por el IDEAM (2013) para evaluar la incidencia del proyecto mediante su superposición con el Área de influencia físico-biotica. Este análisis reveló el traslape con la SZH Rio Metica (Guamal - Humadea) y Rio Guayuriba (ver). Esta superposición permitió delimitar el área de estudio a una escala más amplia, proporcionando un marco adecuado para el análisis posterior (ver Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1.Conectividad/ B_Conefor/ Insumos/ SZH).

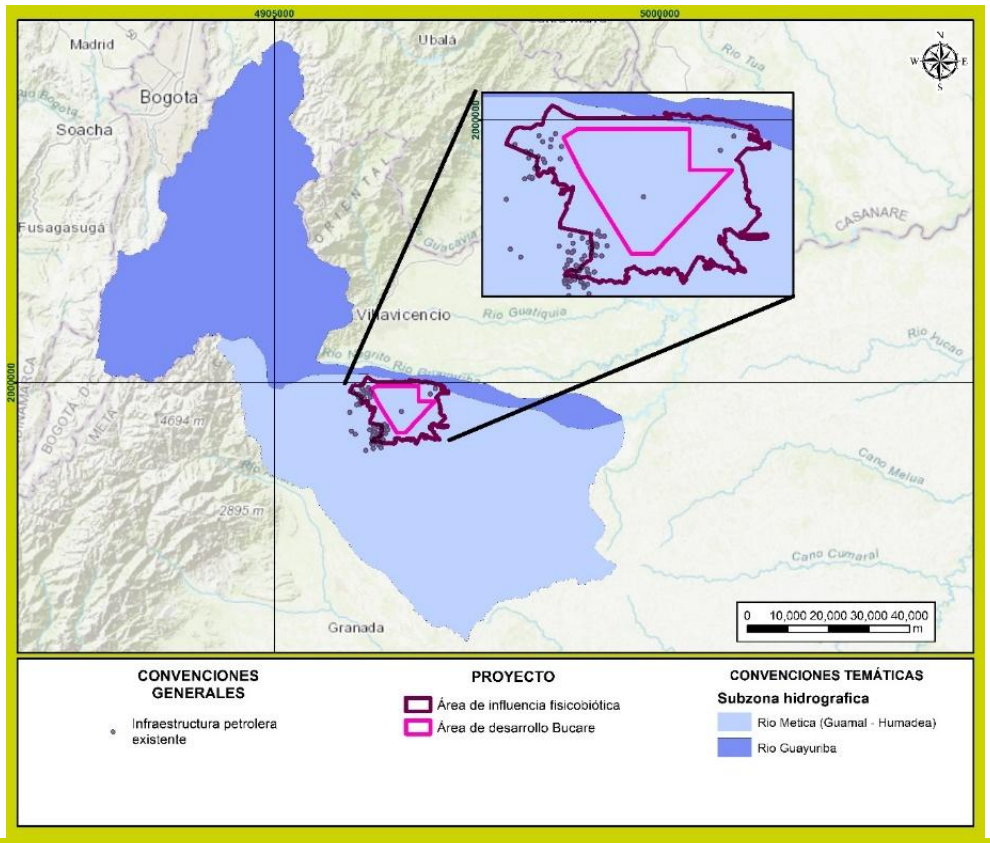


Figura 3-4 Subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea) Escala 1:100.000
Fuente. SGI S.A.S., 2025

Una vez identificada el área regional objeto de análisis y utilizando la información disponible a nivel nacional como referencia, se extrajeron las coberturas de la tierra presentes dentro de las subzonas hidrográficas (ver **Figura 3-5**), utilizando el mapa de coberturas de la tierra de Colombia correspondiente al año 2020, elaborado por el IDEAM, SINCHI, Parques Nacionales Naturales (PNN) y el IGAC, y publicado en 2024 a una escala de 1:100.000. Este proceso permitió identificar los posibles parches de hábitat asociados a las especies focales, sentando las bases para una evaluación más precisa de la conectividad y la incidencia del proyecto desde el momento de análisis del área de influencia preliminar (ver Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1. Conectividad/ B_Conefor/ Insumos/ Coberturas).

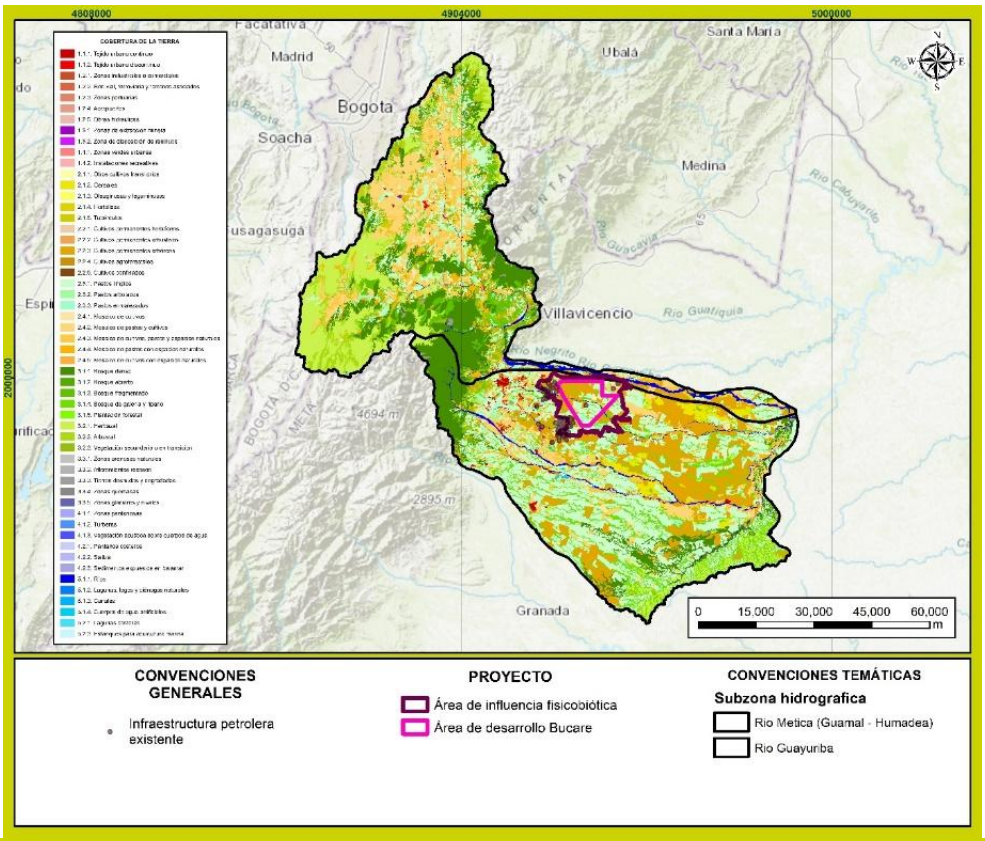


Figura 3-5 Coberturas de la tierra de las subzonas hidrografías bajo la cual el proyecto presenta traslape. Escala 1:100.000
Fuente. SGI S.A.S., 2025

- ***Plecturocebus ornatus***

Para el caso de esta especie focal, se identificaron como parches de hábitat todas aquellas coberturas de porte boscoso que, por sus características propias, pueden llegar a funcionar como parche de hábitat, ya que le proporciona alimento, refugio, recurso hídrico de hidratación y zona de reproducción. Bajo esta se encuentran las coberturas asociadas a bosques y vegetaciones secundarias altas de la capa de coberturas a escala 1:100.000. Es de señalar que en el momento en el que se inició el refinamiento de la información a escala 1:10.000 se identificó que gran parte de esas áreas ya habían sido objeto de intervención o que correspondían a otra cobertura según sus condiciones estructurales y florísticas, no obstante, el análisis realizado si permitió tener una aproximación inicial hacia la identificación de los elementos del paisaje de mayor importancia para el mantenimiento y la movilización de la especie y con fundamento en ello, acotar el área hasta donde se manifestarían los impactos del proyecto. El rango de dispersión diario usado como dato de análisis para calcular los dPC fue de 670 m (Van Belle, Porter, Fernandez-Duque, & Di Fiore, 2021).

Para el análisis de la conectividad funcional, la fracción completa del índice dPC (dPC_total) se normalizó a partir del valor máximo obtenido entre los escenarios modelados, de manera que todos los parches quedaran expresados en una escala adimensional entre 0 y 1. Esta normalización conserva las relaciones relativas de importancia entre parches, pero elimina la dependencia de la magnitud absoluta del índice, lo que facilita la comparación entre escenarios y permite interpretar los resultados en términos de aportes relativos a la conectividad del paisaje. Así, un valor cercano a 1 representa los parches con mayor contribución a la conectividad funcional, mientras que valores

próximos a 0 corresponden a parches cuya incidencia sobre la probabilidad de conexión es muy baja (ver Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1. Conectividad/ B_Conefor/ Po/ Regional/ dPC).

Con base en estos valores normalizados, se procedió a agrupar los parches en rangos definidos por cuartiles y a asignarles categorías cualitativas según los intervalos resultantes, en concordancia con lo establecido en la “Guía y lineamientos metodológicos para el procedimiento de modelación de la conectividad ecológica funcional para la fauna silvestre en planeación y seguimiento ambiental”. De esta manera, los parches quedaron clasificados en niveles de importancia relativa para la conectividad funcional (por ejemplo, baja, media, alta y muy alta), lo que permite identificar de forma clara cuáles unidades del paisaje actúan como núcleos críticos, cuáles funcionan como soportes intermedios y cuáles tienen un rol limitado. Esta clasificación sirve como insumo directo para la interpretación ecológica de la conectividad.

De acuerdo con lo presentado en la **Figura 3-6**, se analiza el comportamiento de la fracción intra del índice dPC (dPC_intra) para la especie evaluada. En este escenario, de los 356 hábitats (teselas) identificados, 354 fueron clasificadas en la categoría de conectividad baja, lo que evidencia un patrón generalizado de baja contribución individual a la disponibilidad total de hábitat dentro del paisaje. Este comportamiento se explica principalmente por la reducida área efectiva de dichas teselas y por su alto grado de fragmentación, condiciones que limitan su funcionalidad como áreas núcleo para el mantenimiento de poblaciones viables. Dado que el componente dPC_intra refleja exclusivamente la importancia del parche en función de su tamaño y capacidad interna, sin considerar las conexiones con otros hábitats, los valores bajos obtenidos indican que la mayor parte de los parches aporta de manera marginal al hábitat total disponible para la especie.

En relación con la posible incidencia del proyecto, se identifican zonas de traslape parcial con algunos hábitats, principalmente asociados a bosques de galería. No obstante, es importante señalar que estas teselas ya presentan niveles bajos de conectividad intra, condición asociada a su configuración espacial fragmentada y a su limitada extensión, lo cual restringe su aporte funcional como hábitat núcleo incluso en ausencia de intervención. En este sentido, la afectación potencial del proyecto se superpone sobre parches que, desde el punto de vista del componente intra del dPC, poseen una importancia ecológica individual reducida, sin modificar de manera significativa la disponibilidad total de hábitat núcleo para la especie analizada.

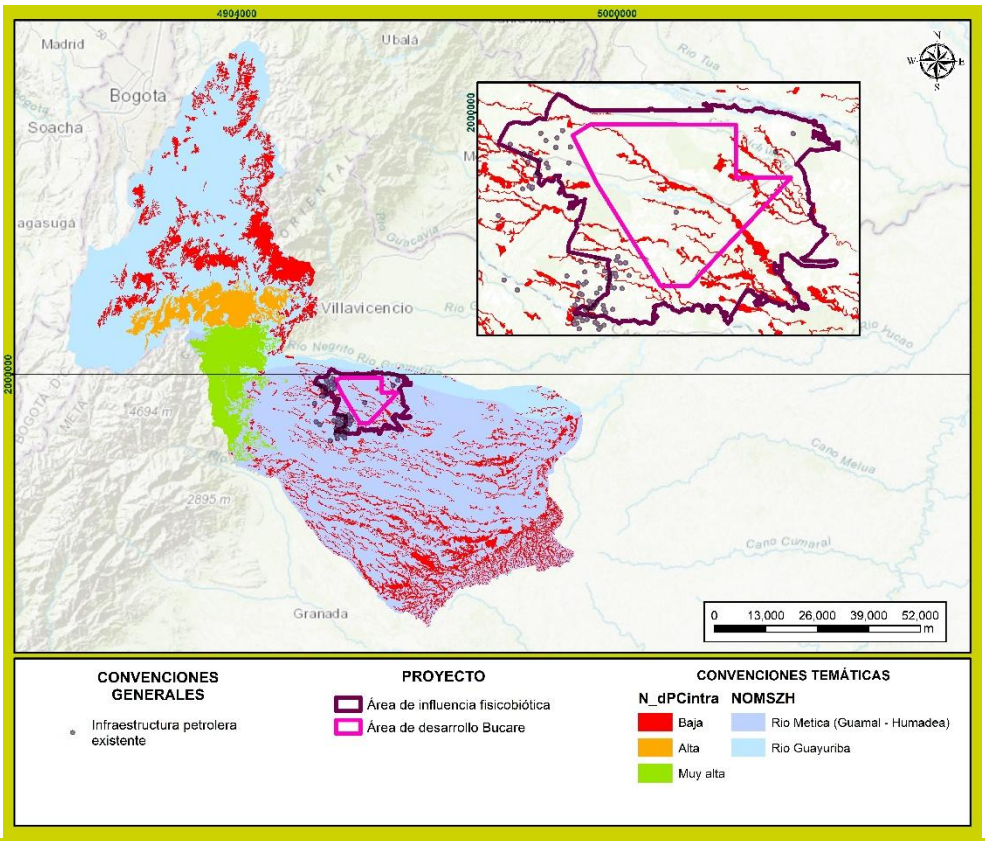


Figura 3-6 dPCintra para la especie *Plecturocebus ornatus* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea).
Fuente. SGI S.A.S., 2025

Acorde con lo presentado en la **Figura 3-7**, se analiza la representación gráfica de la fracción dPC_flux, la cual expresa la importancia de los parches en función del número y la fortaleza de las conexiones funcionales que soportan, influyendo directamente en los flujos potenciales de movimiento de la especie a través del paisaje. En este sentido, se observa que 353 parches fueron clasificados con un nivel de conectividad bajo, condición asociada principalmente al alto grado de fragmentación y aislamiento espacial que presentan frente a otras teselas, lo que limita su capacidad para facilitar intercambios funcionales entre hábitats.

De manera puntual, se identifica una tesela clasificada con un nivel de conectividad alta (ID_Ph 322), localizada en la sección suroriental del paisaje analizado. Esta tesela presenta una mayor capacidad de flujo funcional en comparación con el conjunto de parches previamente descritos, lo cual puede atribuirse principalmente a su posición estratégica dentro del paisaje, al encontrarse contigua a varias áreas de hábitat, permitiendo la conexión entre la sección sur del área de estudio y sectores del área central. Esta configuración favorece su rol en la facilitación del movimiento de la especie.

Adicionalmente, se destacan dos teselas clasificadas con un nivel de conectividad muy alta (ID_Ph 246 y 282), las cuales representan las áreas con mayor aporte al flujo funcional del paisaje. Estos parches cumplen un rol estructural clave, actuando como ejes de conectividad que sostienen el movimiento de la especie y contribuyen a la cohesión funcional del sistema. Ambos parches se localizan en la sección norte de la Zona de Sensibilidad Hídrica (ZSH) del río Guayuriba, sector que concentra condiciones espaciales favorables para la conectividad entre múltiples unidades de hábitat.

En relación con la posible incidencia del proyecto, se identifican zonas de traslape parcial con algunos hábitats, principalmente asociados a bosques de galería. No obstante, es importante precisar que dichas teselas presentan niveles bajos de conectividad funcional, asociados a su fragmentación previa y aislamiento relativo, lo cual restringe su contribución al componente de flujo del índice dPC. En este contexto, la afectación potencial del proyecto se superpone sobre parches con importancia funcional limitada desde el punto de vista del dPC_flux, sin generar modificaciones sustanciales en los principales ejes de conectividad que estructuran el movimiento de la especie dentro del paisaje analizado.

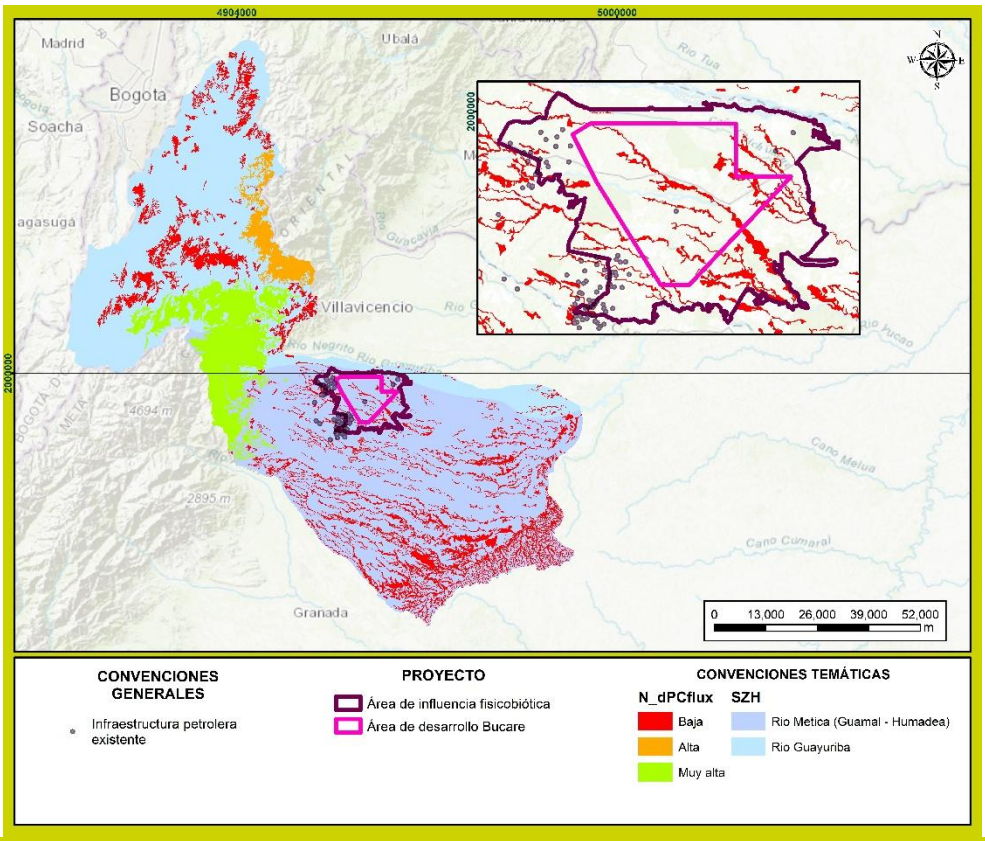


Figura 3-7 dPCflux para la especie *Plecturocebus ornatus* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea).
Fuente. SGI S.A.S., 2025

Para el caso **Figura 3-8**, e analiza la funcionalidad de los parches en relación con su rol como conectores o stepping stones, correspondiente a la fracción dPC_connector del índice dPC. Este componente permite identificar aquellos hábitats cuya importancia radica no en su tamaño o en el flujo directo que generan, sino en su capacidad para mantener la continuidad funcional del paisaje, actuando como puntos intermedios de paso entre otros parches.

En este sentido, de los 356 parches de hábitat analizados, 350 fueron clasificados con un nivel de conectividad bajo, condición asociada a la limitada contribución que presentan al mantenimiento de rutas funcionales, debido a su aislamiento relativo y reducida capacidad para articular flujos indirectos entre otras teselas. Estos parches, si bien hacen parte de la red de hábitat, presentan un rol marginal como ejes estructurantes del movimiento de la especie dentro del paisaje.

Por otro lado, se identifican dos parches clasificados con un nivel de conectividad media (ID_Ph 108 y ID_Ph 207), localizados en ambas subzonas hidrográficas del área de estudio. Estas teselas comienzan a adquirir una mayor relevancia funcional, al facilitar conexiones entre unidades de hábitat que, sin su presencia, presentarían mayores restricciones al movimiento, contribuyendo de manera incipiente a la articulación de la red de conectividad.

Finalmente, se destacan tres parches de hábitat clasificados con un nivel de conectividad alta (ID_Ph 246, ID_Ph 282 y ID_Ph 128), los cuales se localizan en la sección occidental del paisaje, particularmente hacia el sector sur. Estos hábitats cumplen un rol estratégico dentro del sistema, actuando como ejes conectores clave que permiten enlazar múltiples parches y sostener la continuidad funcional del paisaje. La pérdida o alteración de estos parches podría generar rupturas significativas en la red de conectividad, evidenciando su importancia como stepping stones para la especie analizada. En relación con la posible incidencia del proyecto, se identifican zonas de traslape parcial con algunos hábitats, principalmente asociados a bosques de galería. No obstante, es importante precisar que dichas teselas presentan niveles bajos de conectividad funcional, condición atribuible a su fragmentación previa y aislamiento espacial, lo cual limita su aporte al componente conector del índice dPC. En este contexto, la afectación potencial del proyecto se superpone sobre parches con importancia funcional reducida desde la perspectiva del dPC_connector, sin generar modificaciones sustanciales en los principales nodos de conexión que estructuran el movimiento de la especie dentro del paisaje analizado.

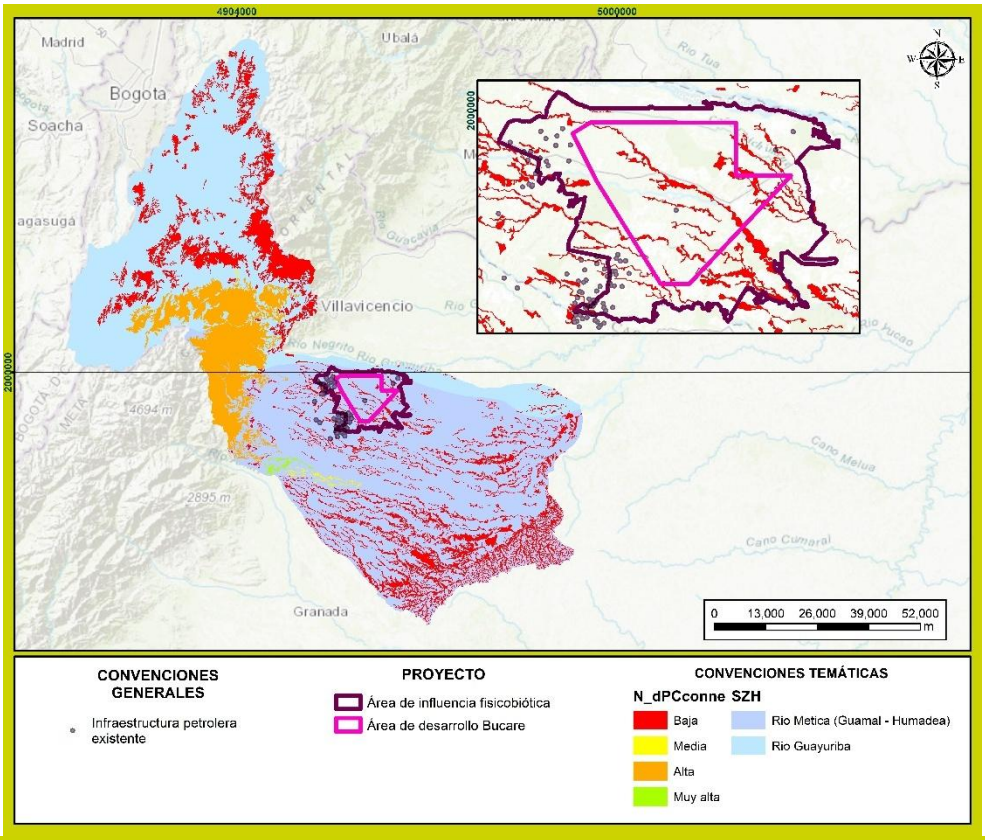


Figura 3-8 dPCconect para la especie *Plecturocebus ornatus* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea).
Fuente. SGI S.A.S., 2025

Finalmente, para el análisis de la fracción completa de los 356 parches identificados a escala regional, 352 se ubican en el primer cuartil, correspondiente a la categoría de conectividad baja.

Estos parches, caracterizados por su tamaño reducido, su alto grado de fragmentación y su posición periférica dentro del paisaje, no representan elementos estructurales relevantes para la movilidad del Zocay. Aunque pueden aportar recursos puntuales como refugio temporal o disponibilidad limitada de alimento su aporte a la conectividad funcional es marginal, dado que no sostienen flujos ni establecen enlaces efectivos entre sectores del paisaje. En la categoría de conectividad media, se identifica dos parches, representados por la tonalidad amarilla y localizado en el sector noroccidental y suroriental del área evaluada. Estos parches, identificado como Id_Ph 246 y 282, presenta un rol notable dentro de la red de conectividad, ya que funciona como un elemento de soporte intermedio que mantiene enlaces con múltiples parches vecinos. Su importancia se refleja principalmente en su fracción flux, indicando que actúa como un punto estratégico donde convergen o se redistribuyen conexiones funcionales, contribuyendo a sostener la continuidad del flujo a través del paisaje.

Finalmente, en la categoría de conectividad muy alta se identificó dos parches: Id_Ph 246 y 282, los cuales constituyen el elemento más determinante del paisaje. Este fragmento corresponde casi exclusivamente a una porción continua de bosque denso alto de tierra firme, lo que le confiere una estructura interna más estable y una posición espacial favorecedora de la conectividad. Su relevancia radica en que combina simultáneamente un alto valor de hábitat con un alto valor de conectividad, permitiéndole funcionar como un corredor natural que enlaza el sector oriental con las áreas centrales y mantiene conexiones hacia el norte y el sur. En consecuencia, este parche actúa como el principal eje articulador del movimiento de la especie dentro del mosaico del paisaje, siendo fundamental para sostener la funcionalidad ecológica regional.

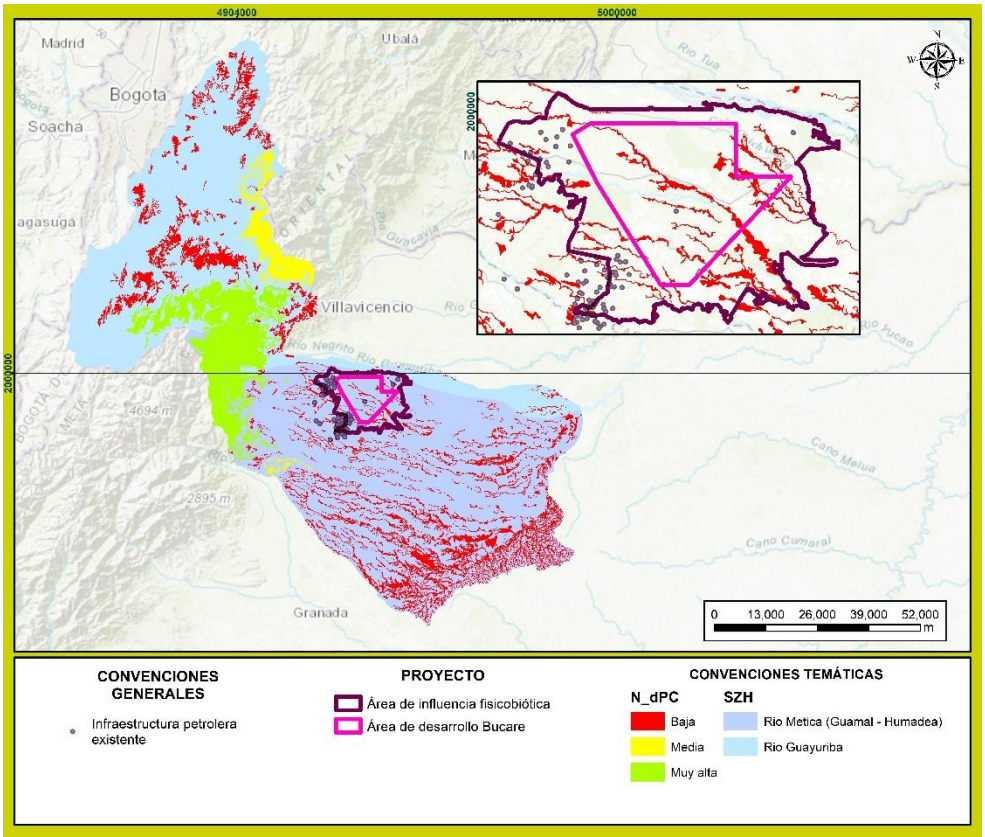


Figura 3-9 dPC total para la especie *Plecturocebus ornatus* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea).
Fuente. SGI S.A.S., 2025

En términos generales, la fracción completa del dPC está dominada por las fracciones flux y connector, lo que indica que la conectividad funcional depende, en mayor medida, de parches que actúan como stepping stones y de aquellos que funcionan como enlaces estructurales estratégicos entre áreas núcleo. Esto implica que la red de conectividad se sostiene menos por grandes bloques continuos de hábitat y más por la presencia de elementos intermedios que facilitan la movilidad y la transferencia funcional entre sectores del paisaje.

Al realizar un análisis más detallado centrado en el área de influencia del proyecto, se evidencia que las intervenciones tendrían incidencia sobre hábitats utilizados por la especie focal, pero no sobre aquellos que resultan estratégicos para su conectividad funcional. En efecto, los parches involucrados pertenecen principalmente a bosques de galería, los cuales presentan niveles reducidos de conectividad debido al alto grado de fragmentación y aislamiento que caracteriza a estas teselas en la configuración actual del paisaje, lo que limita su papel como elementos articuladores del flujo ecológico.

No obstante, aunque su traslape y potencial intervención podría implicar un riesgo potencial, constituye igualmente una oportunidad para orientar medidas de manejo ambiental específicas que aseguren la permanencia de estos elementos clave. Acciones como la implementación de pasos de fauna, la conservación y restauración de corredores ribereños, y la protección de parches estratégicos permitirían mantener su función dentro de la red de conectividad y garantizar la continuidad funcional del paisaje.

Finalmente, este aspecto será analizado con mayor precisión a escala del área de influencia físico-biótica, a escala 1:10.000, lo que permitirá evaluar de manera detallada la relevancia de cada parche y su interacción directa con las áreas de intervención proyectadas.

- ***Leopardus pardalis***

En la **Figura 3-10** se presenta el análisis de conectividad funcional (DPC total) para la especie *Leopardus pardalis* en las subzonas hidrográficas del Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). Los DPC se presentan categorizados en cuatro niveles: baja (verde), media (amarillo), alta (naranja) y muy alta (rojo). Estas categorías indican, respectivamente, zonas con alta, moderada o baja conectividad para el desplazamiento de la especie. Conforme a los resultados obtenidos, se identifican parches con alta conectividad (verde) principalmente en el sector suroccidental del área de estudio, fuera del área de influencia directa del proyecto. Estos parches representan áreas de bosque continuo o vegetación natural menos intervenida, con condiciones que favorecen el movimiento de la especie y su permanencia en el territorio. De igual manera, se observan zonas de conectividad media (amarillo) en sectores cercanos a Villavicencio, aunque presentan mayor fragmentación (ver Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1. Conectividad/ B_Conefor/ Lp/ Regional/ dPC).

En contraste, la zona central y suroriental de las cuencas o subzonas, especialmente donde se ubica el polígono del Área de Desarrollo Bucare y su área de influencia fisico-biótica, se encuentra dominada por valores de conectividad muy baja (rojo). Esto indica un paisaje altamente transformado, posiblemente por actividades agrícolas y ganaderas, que representan barreras significativas para el movimiento de *Leopardus pardalis*. Estas condiciones reducen la funcionalidad ecológica del paisaje, aumentando el aislamiento de poblaciones y la probabilidad de eventos de atropellamiento o conflicto con actividades humanas.

Desde el punto de vista de la incidencia del proyecto no se prevé una gran incidencia dado que la matriz en el cual se ubica presenta una alta fragmentación o alteración. Sin embargo, su cercanía a parches aún funcionales en el suroccidente impone una responsabilidad en términos de planificación de las actividades del proyecto y la implementación de medidas de manejo como pasos de fauna y/o

acciones de compensación con enfoques de restauración ecológica en áreas clave para reforzar la conectividad estructural y funcional.

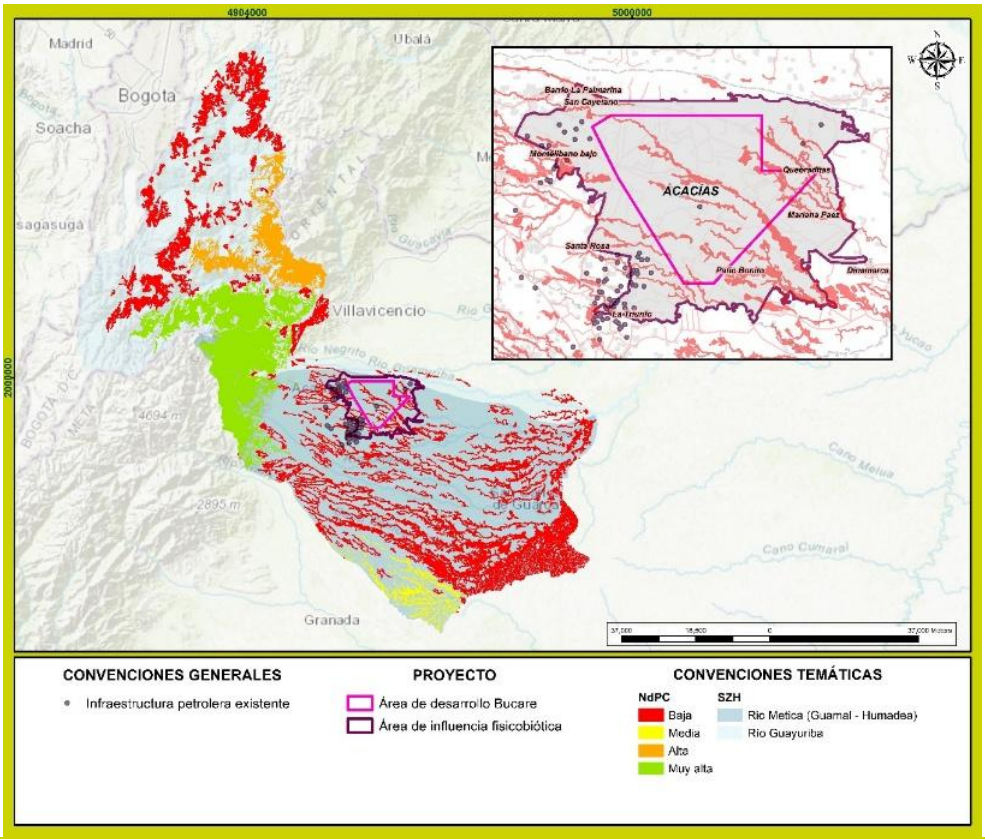


Figura 3-10 dPC total para la especie *Leopardus pardalis* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). Fuente: SGI S.A.S, 2025

La **Figura 3-11** representa el resultado del índice dPC_intra (delta de la Probabilidad de Conectividad intra-parche), este indicador permite cuantificar la importancia relativa de cada parche como hábitat autónomo, es decir, su capacidad de contribuir a la conectividad del paisaje por sí solo, sin necesidad de considerar su conexión directa con otros parches.

A escala regional, se observan tres grandes zonas con alta importancia en dPC_intra (verde y amarillo). Una de ellas está ubicada al suroeste del mapa (área cercana a la transición piedemonte–Andes orientales), donde predominan parches con valores altos y medios de conectividad intra. Estas áreas funcionan como núcleos de hábitat de alta calidad, y por tanto, tienen un papel clave en la sostenibilidad poblacional de *L. pardalis*. Al noreste de Villavicencio también se identifican algunas zonas con valores medios (amarillo), aunque con mayor fragmentación y presión antrópica.

En cuanto al Área de Desarrollo Bucare y su área de influencia fisico-biótica, ubicada dentro de la subzona del Río Guayuriba y Río Metica, muestra predominantemente valores muy bajos de dPC_intra (color rojo). Esto implica que los parches dentro de esta área tienen muy poca o nula contribución a la conectividad regional del hábitat de *L. pardalis*, posiblemente debido a su reducido tamaño, alto grado de fragmentación, o baja calidad del hábitat. Además, se destaca la ausencia de parches con valores medios o altos dentro del polígono del proyecto, lo cual sugiere que el área de influencia se encuentra aislada funcionalmente de los principales núcleos de conectividad.

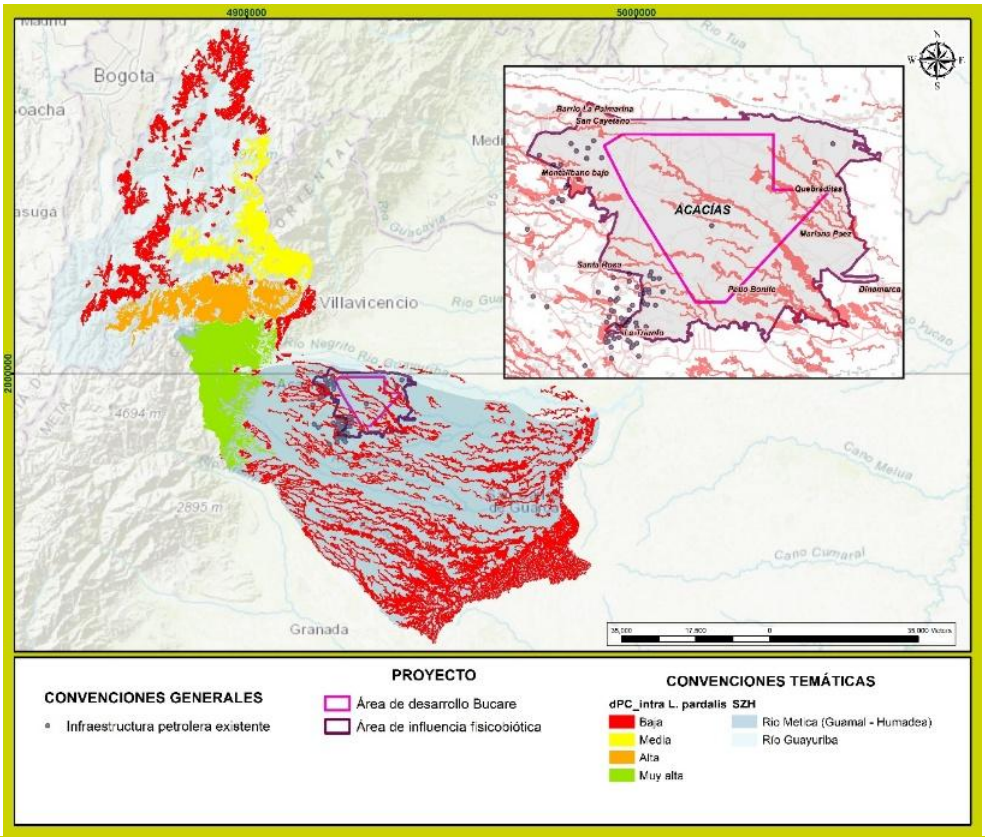


Figura 3-11 dPC intra para la especie *Leopardus pardalis* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). Fuente: SGI S.A.S, 2025

Por otra parte, en la **Figura 3-12** se presentan los resultados del índice dPC_connect para la especie *Leopardus pardalis en el contexto regional*, el cual representa el cambio relativo en la conectividad total del paisaje al eliminar un parche específico, pero midiendo exclusivamente la fracción de conectividad asociada a su rol como conector (puente) entre otros parches. Esta métrica es fundamental para identificar nodos estratégicos que no necesariamente son grandes o de alta calidad interna (dPC_intra), pero cuya posición espacial resulta crítica para mantener la funcionalidad de la red de conectividad regional.

Los resultados muestran que los parches con mayor valor de dPC_connect (color verde) se concentran en el sector suroccidental del mapa, cerca del borde occidental del piedemonte andino, al sur de Villavicencio (**Figura 3-12**). Esta zona cumple una función clave como conector funcional entre el occidente montañoso y la llanura amazónica, favoreciendo el tránsito de *L. pardalis* a través de una matriz ecológica aún funcional. De forma complementaria, se observan parches de valor medio (amarillo) hacia el noreste, aunque en menor proporción y con mayor fragmentación. En cuanto al Área de Desarrollo Bucare y su área de influencia fisico-biótica, esta se encuentra dominada por valores bajos o nulos de dPC_connect (color rojo). Esto indica que los parches en esta zona, además de no ser hábitats importantes por sí solos (como se evidenció con dPC_intra), tampoco cumplen un rol relevante como conectores dentro de la red de hábitat regional.

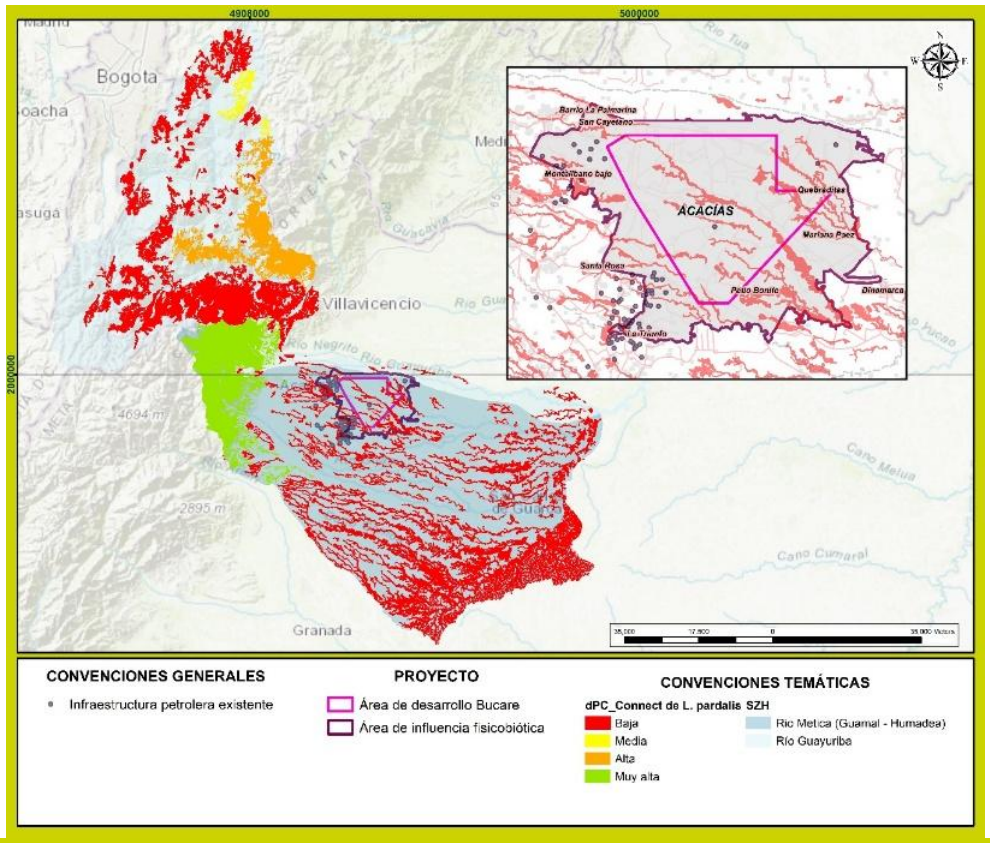


Figura 3-12 dPC Connect para la especie *Leopardus pardalis* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). Fuente: SGI S.A.S, 2025

El índice dPC_Flux (delta Probability of Connectivity - Flux) representa la contribución relativa de un parche a la conectividad del paisaje, ponderada por el área de los parches y su probabilidad de movimiento hacia o desde otros parches. Es decir, este indicador permite identificar aquellos nodos del paisaje que funcionan como fuentes o destinos frecuentes de movimiento para una especie, reflejando su papel en términos de flujo funcional.

En el análisis regional, los resultados muestran que los parches con mayor valor de dPC_Flux (color verde y amarillo) se concentran en el sector suroccidental del área de estudio, especialmente en la transición entre el piedemonte andino y las planicies del Meta. Estos parches, además de tener buena calidad intrínseca, están espacialmente bien conectados con múltiples nodos del sistema, lo que los convierte en puntos de alta interacción y tránsito para *Leopardus pardalis*.

Por el contrario, el Área de Desarrollo Bucare y su zona de influencia, ubicadas principalmente dentro de la subzona del Río Guayuriba y parte de la cuenca del Río Metica, muestran valores muy bajos de dPC_Flux (color rojo) (**Figura 3-13**). Esto indica que los parches presentes en esta zona no participan significativamente en el flujo funcional del paisaje, ya sea porque están aislados, degradados o desconectados del sistema de parches más relevantes. Además, se evidencia que incluso en su proximidad inmediata, los parches no presentan valores medios o altos de flujo, lo cual limita la efectividad de posibles medidas de conectividad pasiva o de baja intervención.

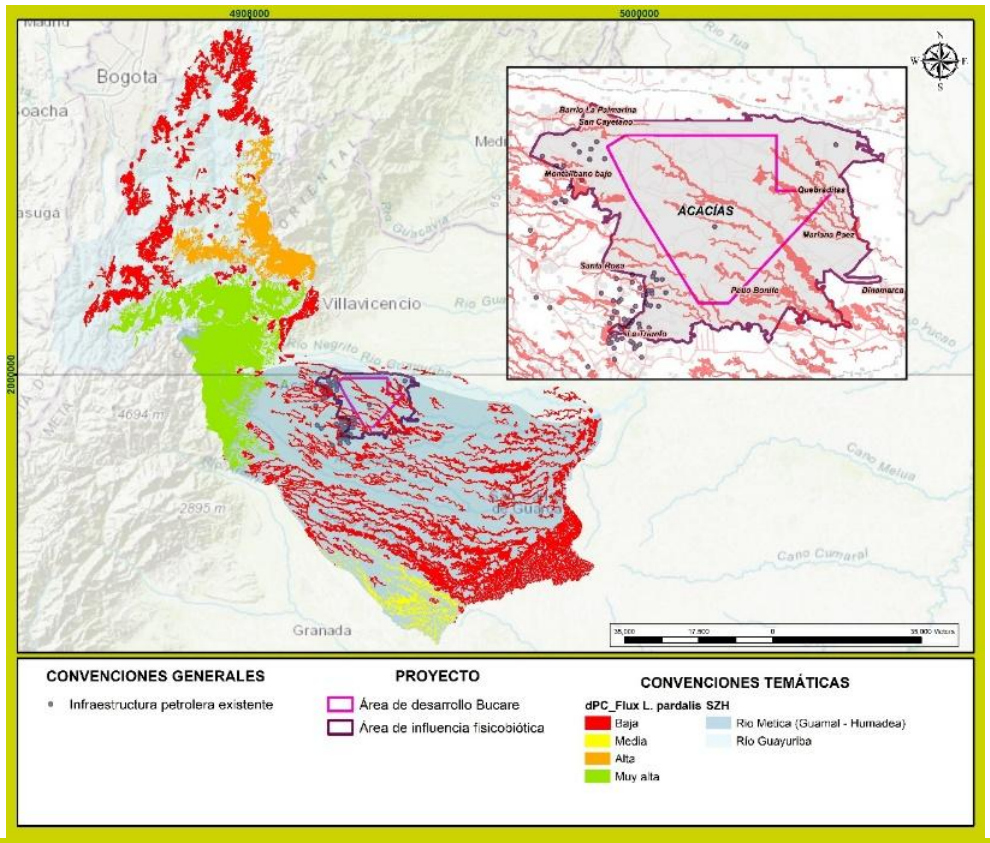


Figura 3-13 dPC Flux para la especie *Leopardus pardalis* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). Fuente: SGI S.A.S, 2025

- **Myrmecophaga tridactyla**

En la **Figura 3-14** se presenta los resultados del índice DPC total representa el cambio en la conectividad funcional del paisaje que ocurriría si se eliminara un parche de hábitat específico. Por tanto, su valor resume la importancia estructural y funcional de cada parche, incluyendo su capacidad de sostener individuos por sí mismo (componente intra), su papel como fuente o destino de movimiento (flux), y su relevancia como conector entre otros fragmentos (connect). Es un insumo clave para priorizar áreas críticas de conservación y evaluar impactos potenciales en la conectividad regional (ver Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1. Conectividad/ B_Conefor/ Mt/ Regional/ dPC).

En la **Figura 3-14** se puede observar que los valores más altos de DPC total (colores verde y amarillo) se concentran en el sector occidental y suroccidental de las subzonas hidrográficas analizadas particularmente en el piedemonte andino y zonas cercanas a Villavicencio. Estos parches cumplen funciones múltiples dentro de la red ecológica: no solo tienen capacidad para sostener poblaciones de *M. tridactyla*, sino que también participan activamente en el intercambio funcional con otros nodos y sostienen el flujo de movimiento entre subzonas hidrográficas clave.

Estos resultados son consistentes con la biología de *Myrmecophaga tridactyla*, una especie de gran movilidad que requiere paisajes mixtos con vegetación natural, pastizales y baja intervención antrópica para forrajeo y desplazamiento. La alta importancia de estos parches también sugiere que

cualquier intervención en estos sectores tendría un impacto considerable sobre la integridad funcional del sistema ecológico regional.

Por otra parte, en el Área de Desarrollo Bucare y su área de influencia fisico-biótica, ubicadas en la subzona hidrográfica del Río Guayuriba y zona alta del Río Metica, presentan predominantemente valores bajos de DPC total (color rojo). Esto implica que los parches localizados dentro del área del proyecto tienen escasa importancia funcional dentro de la red de conectividad regional para *M. tridactyla*. Es decir, su pérdida no causaría una reducción significativa en la conectividad global del paisaje, aunque sí podría contribuir al incremento de la fragmentación local.

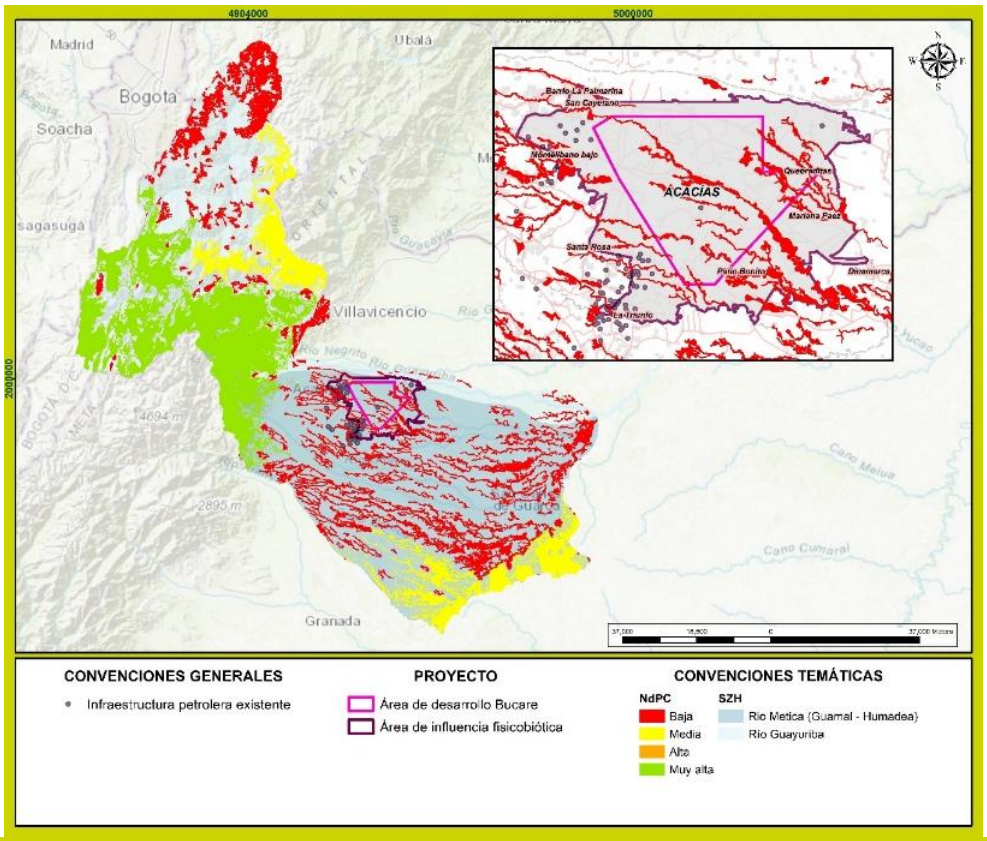


Figura 3-14 dPC total para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). Fuente: SGI S.A.S, 2025

En la **Figura 3-15** se evidencia que los parches con mayores valores de dPC_intra (color verde) se ubican principalmente en el occidente del área de estudio, particularmente en la zona de transición entre el piedemonte andino y la llanura del Meta, al suroeste de Villavicencio. Estas áreas presentan una estructura y extensión suficiente para funcionar como núcleos de hábitat autónomos, lo que las convierte en piezas clave para la permanencia de poblaciones locales de la especie.

En cuanto a la zona del Área de Desarrollo Bucare y su área de influencia, ubicada en la subzona del Río Guayuriba y Río Metica, se encuentra dominada por parches con valores muy bajos de dPC_intra (color rojo). Esto implica que los fragmentos de vegetación natural presentes en esta región no tienen la capacidad de sostener poblaciones viables de *M. tridactyla* por sí solos, ya sea por su pequeño tamaño, su alto grado de alteración o su aislamiento dentro de una matriz hostil (infraestructura, agricultura o pastizales homogéneos).

El proyecto Área de Desarrollo Bucare se encuentra en un sector con baja capacidad de hábitat autónomo, pero relativamente cercano a áreas clave de conectividad y núcleos funcionales. Si bien su impacto directo sobre parches estratégicos puede ser limitado, su expansión podría consolidar el aislamiento de zonas de alto valor dPC_intra, impidiendo la recuperación funcional del paisaje o la recolonización por parte de individuos provenientes de núcleos viables.

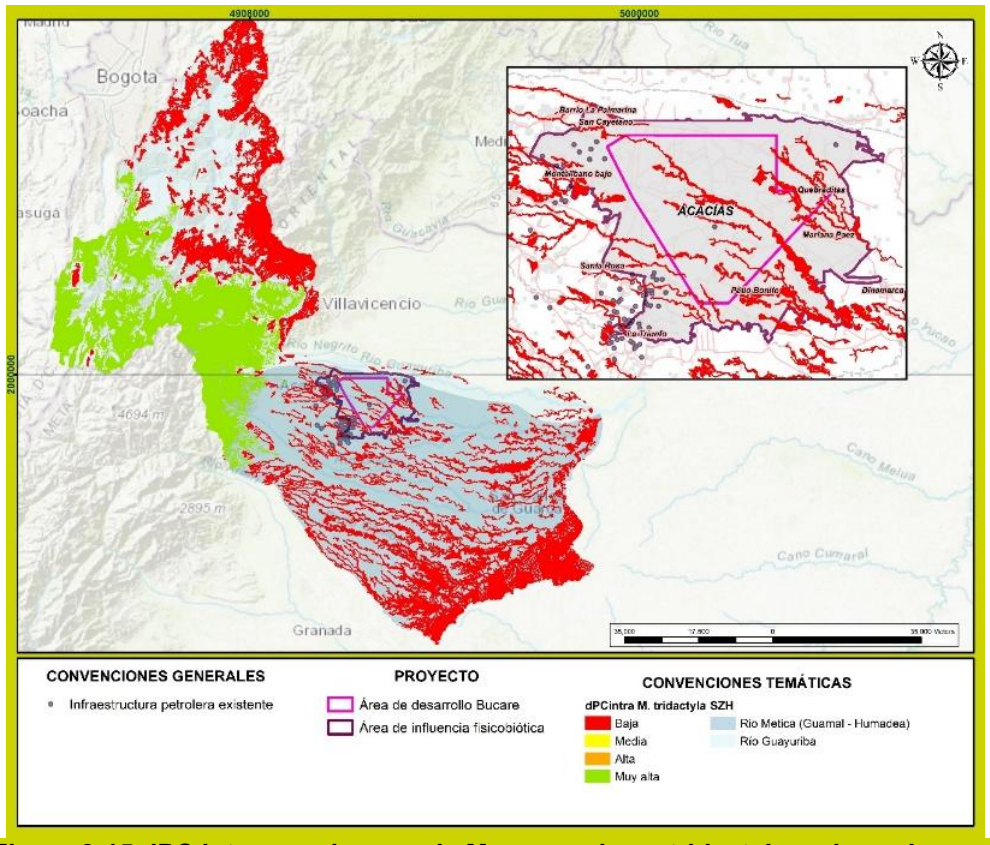


Figura 3-15 dPC intra para la especie Myrmecophaga tridactyla en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). Fuente: SGI S.A.S, 2025

El índice dPC_Connect mide la importancia de un parche como puente funcional dentro del paisaje, es decir, su rol en mantener la conexión entre otros fragmentos que quedarían aislados si dicho parche desapareciera, sin considerar su valor como hábitat ni su participación en el flujo de movimiento. En el análisis regional, se observa que los parches con mayor valor de dPC_Connect (color verde y amarillo) se concentran en el centro-occidente de las subzonas hidrográficas Rïo Guayuriba y Metica, dentro del piedemonte andino entre Villavicencio y el suroeste de Cundinamarca. Esta área tiene una configuración espacial favorable que le permite unir zonas núcleo importantes del sistema ecológico, funcionando como corredor estructural entre regiones ecológicamente contrastantes (**Figura 3-16**).

Para el Área de Desarrollo Bucare y su área de influencia, están dominadas por parches con valores bajos de dPC_Connect (color rojo). Esto indica que los fragmentos presentes en el área de influencia no cumplen una función crítica como conectores estructurales dentro de la red de hábitat regional. Su pérdida no rompería rutas de conectividad entre otros parches relevantes, pero sí podría reducir la redundancia y la resiliencia funcional del sistema. Adicionalmente, se observa que los parches con mayor valor de conectividad estructural se sitúan muy cerca del borde occidental del área de

influencia del proyecto. Esto pone de manifiesto que, aunque el polígono objeto de licenciamiento no presenta gran traslape con conectores clave para esta especie.

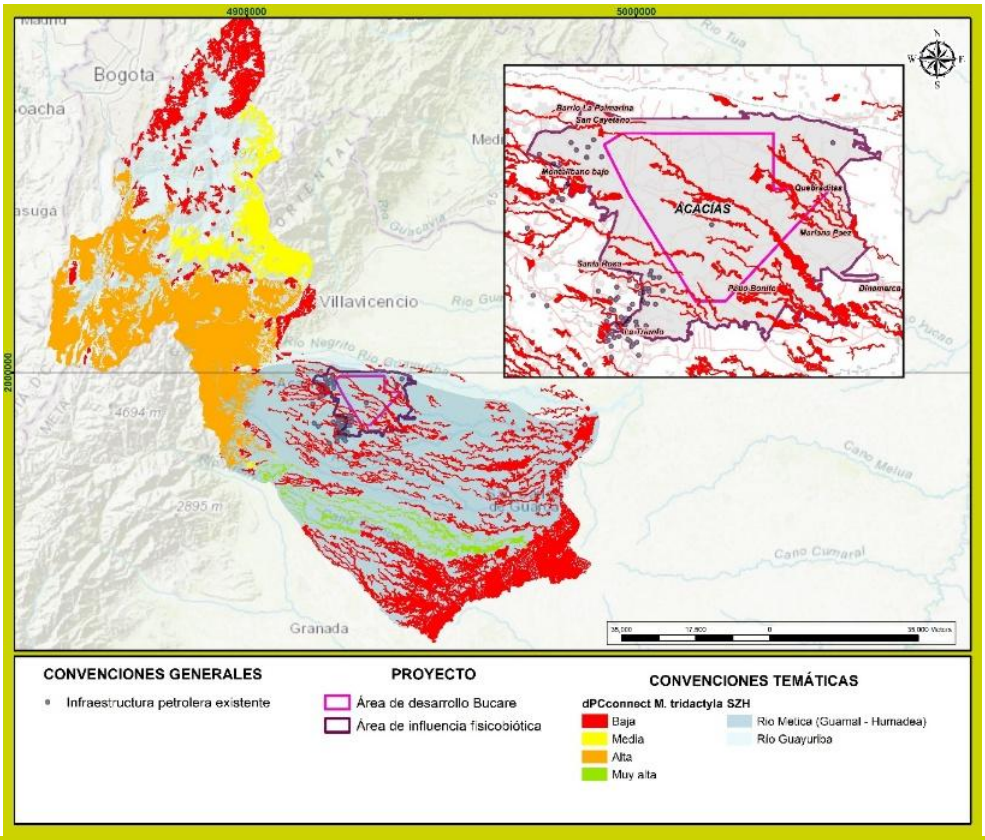


Figura 3-16 DPC Connect para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). Fuente: SGI S.A.S, 2025

El índice dPC_Flux mide la contribución de un parche a la conectividad total del paisaje como punto de intercambio funcional, es decir, como sitio de origen o destino de movimiento para una especie. A diferencia del valor intra (autonomía de hábitat) o connect (función como puente), este indicador se centra en cuántas conexiones útiles tiene un parche con el resto de la red, ponderadas por su tamaño, localización y facilidad de acceso para los individuos.

Conforme a la **Figura 3-17**, los parches con mayor valor de dPC_Flux (color verde y amarillo) se localizan en el occidente de las subzonas hidrográficas, principalmente sobre el piedemonte andino, y en menor medida, hacia el borde sur de la zona del Río Guayuriba. Estos parches funcionan como nodos estratégicos de entrada y salida del flujo funcional de *M. tridactyla*, reflejando su buena accesibilidad, calidad estructural y posición dentro de la red de hábitat. Su pérdida o alteración generaría una caída significativa en la conectividad global, al reducir los destinos viables de movimiento en el paisaje.

Para el Área de Desarrollo Bucare y su área de influencia, el paisaje se encuentra dominado por parches con valores bajos de dPC_connector (color rojo). Este patrón indica que la mayoría de los fragmentos presentes no desempeñan un rol crítico como conectores estructurales dentro de la red de hábitat regional. En consecuencia, la eventual pérdida de estos parches no generaría una ruptura directa de las principales rutas de conectividad entre otros hábitats relevantes; sin embargo, sí podría

implicar una disminución en la redundancia de conexiones y en la resiliencia funcional del sistema, al reducir las alternativas de paso disponibles para la especie.

De manera complementaria, se observa que los parches con mayores valores de conectividad estructural se localizan principalmente hacia el borde occidental del área de influencia del proyecto, con un traslape limitado con el polígono objeto de licenciamiento. Esta configuración espacial sugiere que, si bien el proyecto no interfiere directamente con los principales conectores del paisaje para la especie analizada, la cercanía de estos parches de alta importancia resalta la necesidad de mantener su integridad funcional, dado su papel estratégico en la cohesión de la red de hábitat a escala regional.

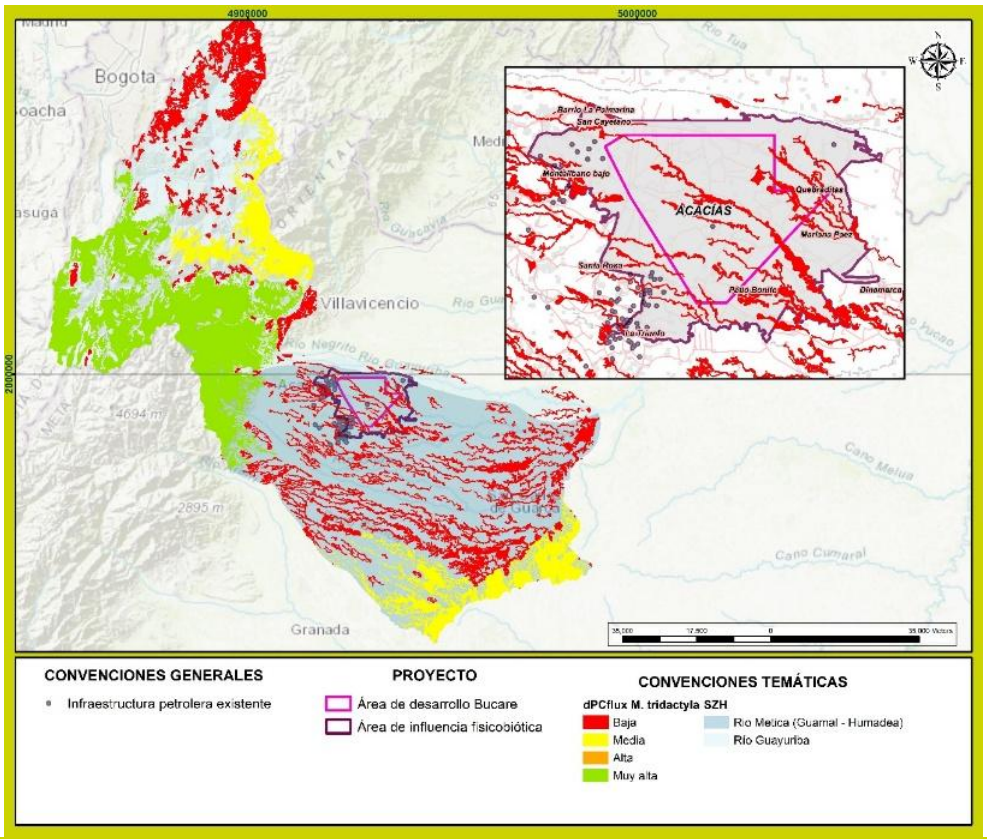


Figura 3-17 DPC Flux para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en las subzonas hidrográficas Río Guayuriba y Río Metica (Guamal – Humadea). Fuente: SGI S.A.S, 2025

3.3.2.2.2.2 Conectividad local

Para el análisis de conectividad en el contexto local, se evaluaron los escenarios previamente definidos con base en la línea base disponible. Este análisis comprendió: (i) un escenario multitemporal, construido a partir de las coberturas del año 2016; (ii) un escenario sin proyecto, elaborado con la información reciente correspondiente al año 2024; y (iii) un escenario con proyecto, consistente en una simulación espacial que incorpora la ubicación potencial de las infraestructuras asociadas al proyecto como líneas de flujo, plataformas, vías, etc. Es importante resaltar que este último corresponde a un ejercicio teórico bajo un enfoque conservador, en el cual se modeló el escenario más crítico posible. Esto se debe a que la implementación real de las infraestructuras está

condicionada por la zonificación aprobada para el Área de Desarrollo Bucare, por lo cual los resultados están sujetos a las restricciones y lineamientos que dicha zonificación impone.

Al igual que en el análisis regional, se empleó el índice dPC de Saura, desagregado en sus fracciones y normalizado en función del valor máximo obtenido para cada una de ellas. Posteriormente, los parches fueron organizados por cuartiles y clasificados cualitativamente en muy baja, baja, media, alta y muy alta importancia para la conectividad, lo que permite identificar de manera precisa los parches más relevantes del área y resaltar los cambios espaciales significativos entre escenarios. Este enfoque facilita una lectura comparativa más robusta y mejora la interpretación ecológica de la contribución de cada parche a la red funcional del paisaje.

Finalmente, se integró el análisis mediante la comparación del índice global de conectividad ECA, el cual permite evaluar, a nivel de paisaje, la variación en el área efectivamente conectada entre escenarios. De esta manera, se obtiene una visión más precisa y concluyente sobre los efectos del proyecto en la conectividad funcional, facilitando la identificación de tendencias de pérdida, mantenimiento o mejora de la conectividad en el territorio evaluado.

- ***Plecturocebus ornatus***

El análisis multiescenario para *Plecturocebus ornatus* muestra variaciones relevantes en el número de nodos de hábitat y en el área total disponible, lo que permite interpretar cómo ha cambiado la estructura del paisaje en relación con esta especie a lo largo del tiempo y ante la incorporación del proyecto (ver Tabla 3-3) (ver Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1.Conectividad/ B_Conefor/ Po/ Mult/ dPC, Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1.Conectividad/ B_Conefor/ Po/ Sp/ dPC y Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1.Conectividad/ B_Conefor/ Po/ Cp/ dPC).

En el escenario multitemporal (2016) se identifican 270 nodos, que representan 3914,81 ha de hábitat potencial. Esta condición refleja un paisaje altamente fragmentado, pero con un conjunto de parches relativamente amplios que constituyen la base histórica sobre la cual se comparan los escenarios posteriores. Esta línea de tiempo inicial evidencia un mosaico donde, aunque existe una fragmentación marcada, los parches aún conservan superficies funcionales para permitir el uso de hábitat por parte de la especie, la cual depende de bosque denso y continuo para sus actividades de desplazamiento, alimentación y reproducción.

Al pasar al escenario sin proyecto, se observa un incremento en el número de nodos (313) junto con un aumento del área total disponible (4349,74 ha). Este comportamiento indica que, pese a una mayor subdivisión espacial del hábitat, la cantidad total de superficie adecuada para la especie ha aumentado. Esto puede interpretarse como resultado de procesos recientes de regeneración, expansión secundaria en mayor medida que a ajustes en las coberturas boscosas, que generan nuevas unidades de hábitat o aumentan la extensión de las ya existentes. Si bien la fragmentación se intensifica en términos de número de nodos, el aumento del área disponible sugiere una mejora moderada en la oferta de hábitat, lo cual favorece el mantenimiento de poblaciones y la posibilidad de establecer redes de movilidad local.

En el escenario con proyecto, el número de nodos continúa incrementándose hasta 341, pero el área total disminuye levemente a 4316,85 ha. Este patrón es característico de una redistribución interna del hábitat, donde la infraestructura propuesta genera nuevas subdivisiones dentro de la matriz existente, sin una pérdida significativa de superficie apta para la especie.

La disminución del área es limitada (32,89 ha respecto al escenario sin proyecto), lo que indica que los efectos del proyecto sobre el hábitat no implican una reducción sustancial de la oferta disponible. Sin embargo, el aumento adicional en el número de nodos implica una intensificación de la

fragmentación estructural, con parches más pequeños y mayor aislamiento entre unidades. Para una especie como *Plecturocebus ornatus*, dependiente de la continuidad arbórea y con movilidad restringida a elementos boscosos conectados, este tipo de subdivisión puede representar mayores barreras al desplazamiento funcional.

Tabla 3-3 Números de nodos y área total (ha) de los parches de hábitat analizados para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario multitemporal (2016), escenario sin proyecto y en el escenario con proyecto

PLECTUROCEBUS ORNATUS			
VARIABLE	**MULTITEMPORAL (2016)**	**SIN PROYECTO**	**CON PROYECTO**
Nodos	270	313	341
Área (ha)	3914.81	4349.74	4316.85

Fuente: SGI S.A.S, 2025

El análisis multiescenario evidencia que, aunque la disponibilidad total de hábitat aumenta entre 2016 y el escenario sin proyecto, la incorporación del proyecto tiende a incrementar la fragmentación sin generar una pérdida significativa de área apta. Esto sugiere que los impactos del proyecto se relacionan principalmente con la configuración del paisaje, es decir, cómo se distribuye el hábitat más que con su extensión total. Para *Plecturocebus ornatus*, la relevancia ecológica reside tanto en la cantidad como en la conectividad entre parches, por lo que la subdivisión adicional observada en el escenario con proyecto podría implicar restricciones funcionales que deberán ser consideradas en el análisis detallado de conectividad.

- ✓ Análisis de la métrica dPCintra

Este índice se relaciona con la contribución de un parche en término de conectividad intra-parche o de hábitat disponible. Es la contribución del parche o nodo k en términos de conectividad al interior del parche (conectividad intra- parche) es decir el área de hábitat disponible (u otro atributo relevante) que provee cada nodo por sí mismo. Los enlaces o la posición espacial dentro del paisaje no aportan en términos de esta fracción (De la Cruz, M. y Maestre, F. T, 2013).

Teniendo en cuenta que esta función es independiente y no considera la capacidad de dispersión de las especies ni la ubicación de los nodos de hábitat de los individuos, esta permite identificar la calidad en cuanto a la cantidad de área de los nodos de hábitat, los resultados para los tres escenarios evidencian la presencia de nodos con alto nivel de calidad, dentro del paisaje en cada uno de los escenarios, los cuales demuestran que el área cuenta con zonas óptimas para el desarrollo y establecimiento de la especie dentro del área.

En el escenario multitemporal (2016) se analizaron 270 parches, de los cuales 265 teselas se clasifican con un nivel bajo de conectividad intra-parche, debido a su reducida disponibilidad de área y al patrón de fragmentación dominante en el paisaje. Estos parches, aunque distribuidos ampliamente, no pueden ser considerados núcleos relevantes por su pequeño tamaño y escaso aporte de hábitat. Por el contrario, se identifican únicamente cinco teselas con mayor relevancia: un parche con conectividad media (Id_Ph 40), dos con conectividad alta (Id_Ph 43 y 211) y dos con conectividad muy alta (Id_Ph 195 y 162), estos últimos con áreas disponibles entre 205.29 ha y 250.75 ha, representando las áreas núcleo más importantes del paisaje para ese periodo (ver **Figura 3-18**).

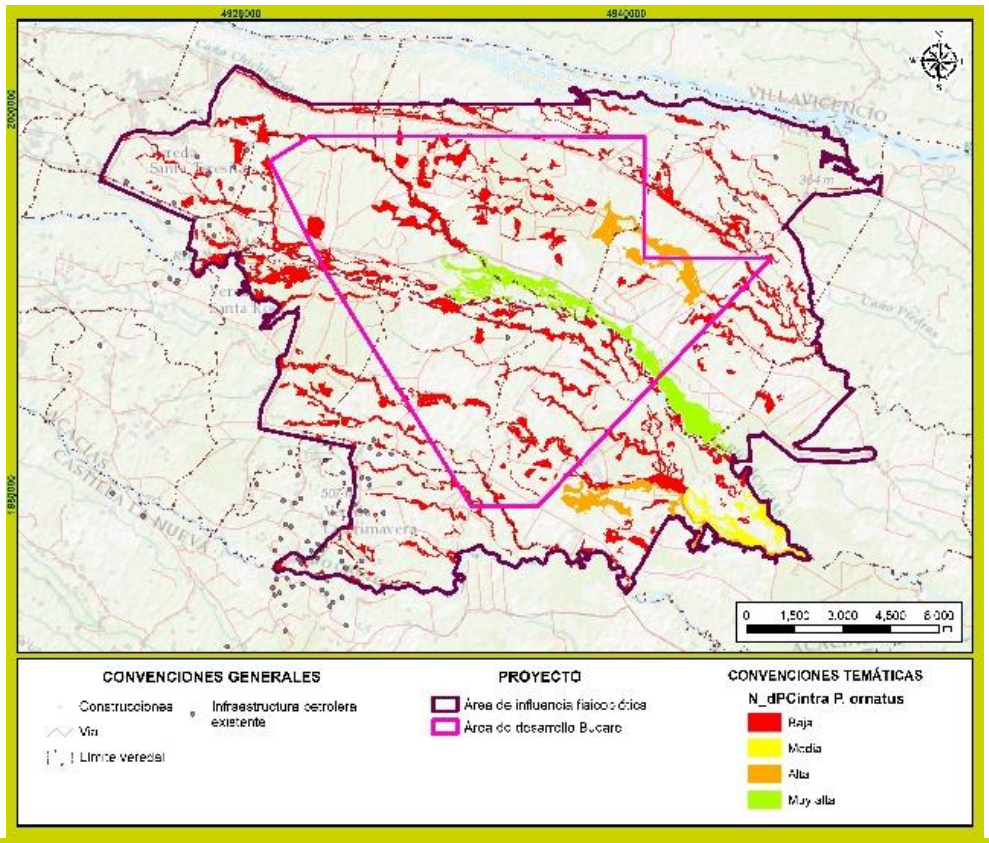


Figura 3-18 Métricas de dPC intra para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario multitemporal
Fuente. SGI S.A.S., 2025

En el escenario sin proyecto (2024) se evidencia un incremento en la cantidad de hábitats potenciales, producto simultáneo de procesos de sucesión vegetal y fragmentación, lo que da origen a 313 parches. Aun así, 307 teselas mantienen un nivel bajo de conectividad intra-parche, asociado principalmente a su pequeña superficie. No obstante, en este escenario se identifica un parche con conectividad alta (Id_Ph 61) y cinco parches con conectividad muy alta (Id_Ph 94, 53, 239, 216 y 177). Estas teselas representan las nuevas áreas núcleo derivadas del aumento en la vegetación secundaria alta, que aporta hábitats más extensos y continuos. Al comparar este escenario con el multitemporal, se evidencia un incremento claro en la disponibilidad de hábitat: mientras que en 2016 solo se registraban dos parches de conectividad muy alta y dos de conectividad alta, en 2024 aparecen cinco parches de conectividad muy alta, lo cual sugiere una consolidación de hábitats sucesionales de mayor importancia estructural para el zocay (ver **Figura 3-19**).

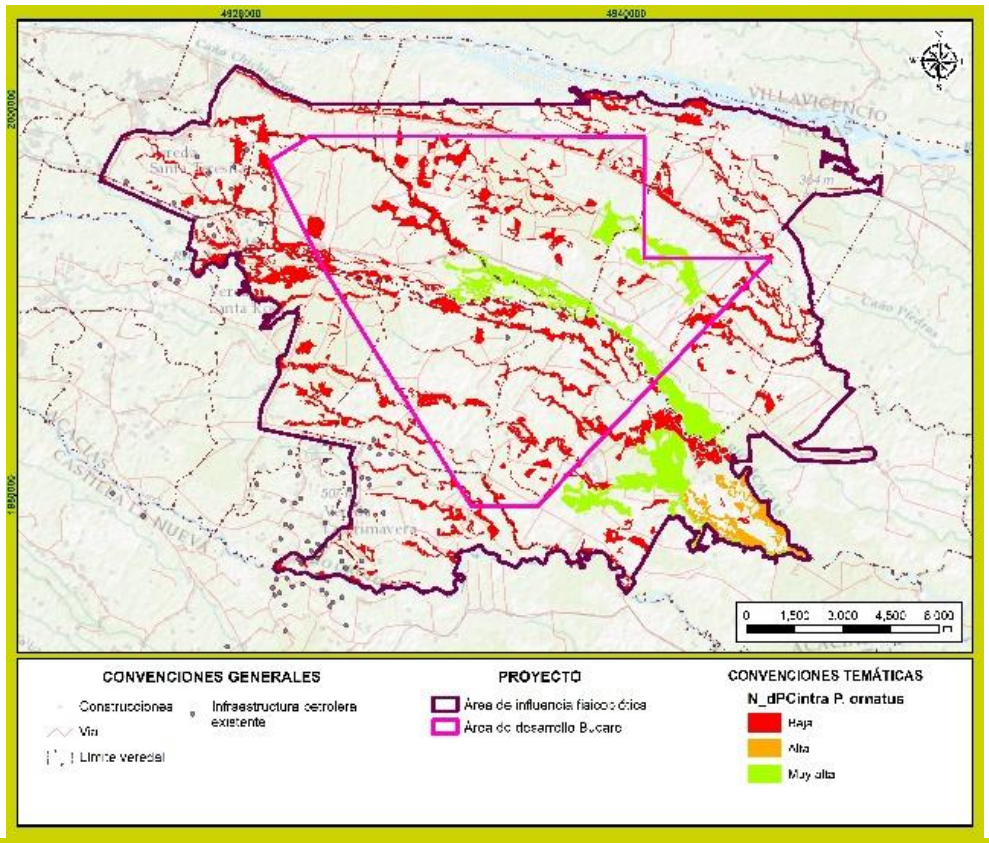


Figura 3-19 Métricas de dPC intra para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario sin proyecto
Fuente. SGI S.A.S., 2025

En el escenario con proyecto se analizaron 341 parches, reflejando un incremento en la fragmentación debido a la implantación teórica de obras lineales. Esto da lugar a 334 teselas clasificadas con conectividad muy baja, resultado directo de la subdivisión del hábitat. También aparecen dos parches con conectividad media (Id_Ph 56 y 263), dos con conectividad alta (Id_Ph 225 y 254) y tres con conectividad muy alta (Id_Ph 38, 64 y 161). En términos ecológicos, la introducción del proyecto implica cambios en la importancia relativa de los hábitats, donde dos áreas núcleo previamente identificadas pierden su categoría y descienden a niveles bajos o altos. Este cambio se asocia directamente al efecto de fragmentación física generada por obras lineales como las líneas de flujo, que dividen los parches y reducen el área disponible en cada unidad resultante. Aunque no se evidencia una pérdida sustancial de hábitat —pues la fragmentación se da por división y no por eliminación total sí se observa una disminución en la capacidad de estos parches para mantener condiciones óptimas de hábitat interior, lo cual reduce su contribución intra-parche dentro de la red de conectividad (ver **Figura 3-20**).

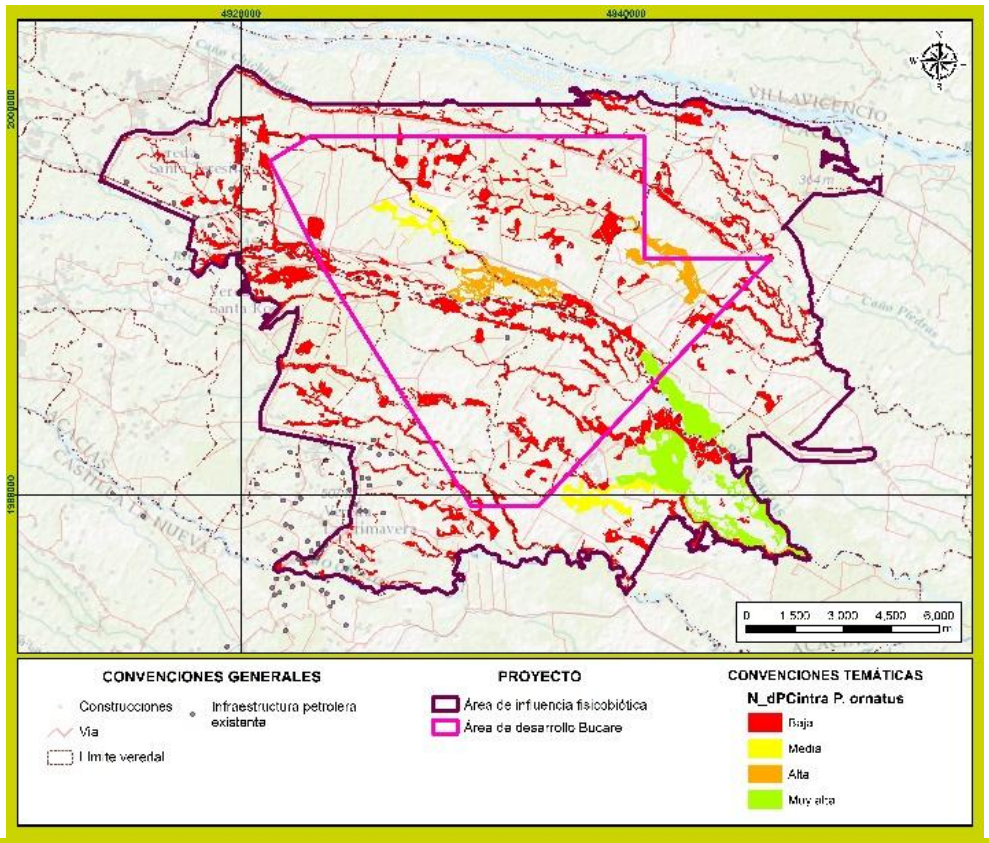


Figura 3-20 Métricas de dPC intra para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario con proyecto
Fuente. SGI S.A.S., 2025

En conjunto, los tres escenarios muestran que el paisaje mantiene una alta proporción de parches pequeños, pero la disponibilidad de hábitat interior ha aumentado en algunos sectores por efectos sucesionales. Sin embargo, la introducción del proyecto reconfigura la estructura interna de varios parches, generando una redistribución de la importancia relativa de los núcleos y afectando la fracción intra principalmente por división del hábitat y no por su pérdida directa.

- ✓ Análisis de la métrica dPCflux

La fracción dPC_flux describe la contribución de cada parche al intercambio potencial de individuos entre fragmentos, en función de su accesibilidad, ubicación espacial y número de conexiones funcionales con parches cercanos. A diferencia de la fracción intra, que depende exclusivamente del área interna del parche, dPC_flux incorpora explícitamente la distancia funcional entre fragmentos, la estructura de la matriz que los separa y la capacidad del paisaje para sostener flujos de movimiento entre hábitats. Bajo este fundamento, los valores altos de flux representan parches que actúan como emisores y receptores eficientes de movimiento, mientras que valores bajos indican grados mayores de aislamiento funcional.

En el escenario multitemporal, de los 270 parches analizados (ver **Figura 3-21**), 257 presentan niveles bajos de conectividad, lo cual evidencia un paisaje con escasa articulación funcional. Este patrón está fuertemente influenciado por la alta fragmentación y la distancia entre unidades de hábitat, factores que reducen la capacidad de los parches para sostener flujos de movimiento para el zocay. Solo ocho parches alcanzan niveles de conectividad media (Id_Ph 205, 262, 186, 82, 165,

187, 228 y 217), los cuales empiezan a tener un mayor número de conexiones y constituyen los primeros elementos estructurales dentro de la red funcional. Por encima de ellos, se identifica un único parche con conectividad alta (Id_Ph 40), ubicado en el extremo suroriental, cuyo rol es especialmente importante por su posición estratégica que favorece conexiones tanto hacia el oriente como hacia sectores centrales del paisaje. Finalmente, se registran cuatro parches con conectividad muy alta (Id_Ph 43, 211, 195 y 162), situados principalmente en el sector oriental. Estos parches funcionan como los ejes estructurales del flujo, debido a su posición y accesibilidad en relación con los demás fragmentos, sosteniendo la mayor parte del intercambio potencial de individuos.

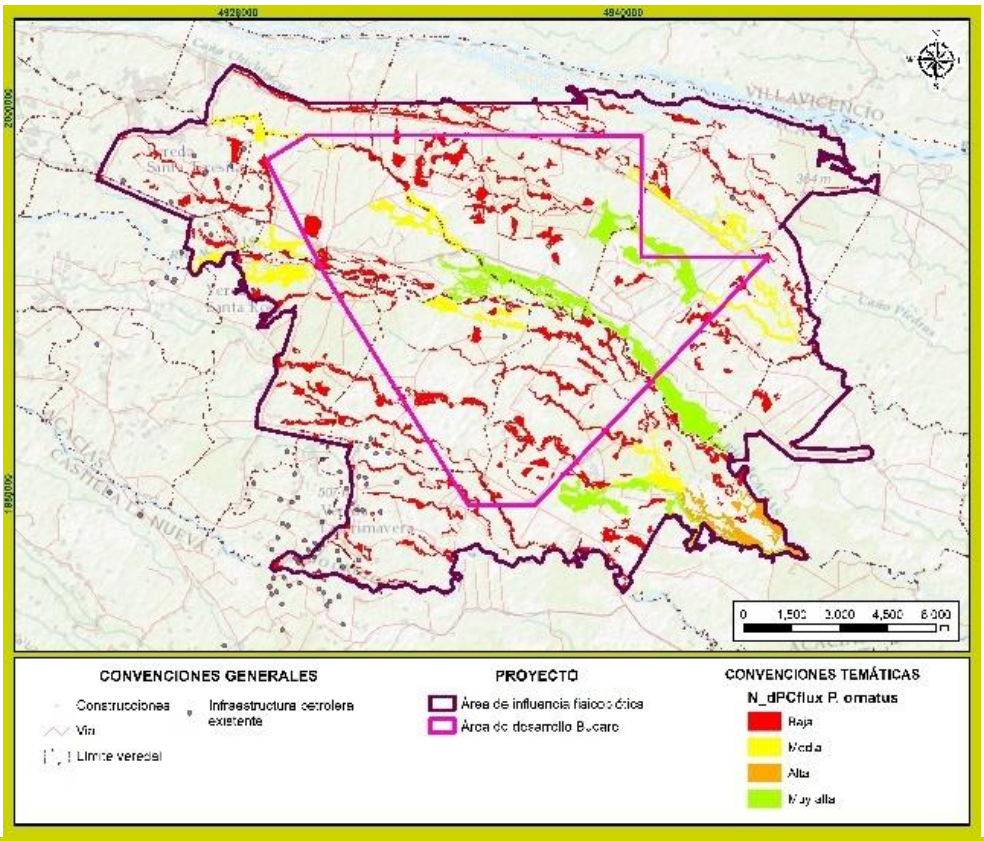


Figura 3-21 Métricas de dPC flux para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario multitemporal
Fuente. SGI S.A.S., 2025

En el escenario sin proyecto, el número total de parches aumenta a 331 (ver **Figura 3-22**), de los cuales 322 mantienen un nivel muy bajo de flux, distribuidos en todo el AIFB. No obstante, se observa un cambio notable en los patrones espaciales: ocho parches alcanzan conectividad media (Id_Ph 172, 313, 301, 180, 203, 228, 206 y 244), dispersos entre sectores sur, central y nororiental, lo que refleja una expansión de los nodos intermedios de flujo. El mayor cambio, sin embargo, se presenta en la categoría de conectividad muy alta, donde ahora se identifican seis parches (Id_Ph 61, 239, 94, 53, 216 y 177). Estos parches se concentran principalmente en la franja oriental y en el sector sur, y representan los fragmentos que sostienen los mayores niveles de flujo en el paisaje. Esta reorganización se explica en gran medida por procesos de sucesión vegetal que incrementaron la continuidad espacial y funcional entre parches que anteriormente estaban más separados, lo que mejora su accesibilidad y los convierte en nodos más eficientes para el movimiento de la especie.

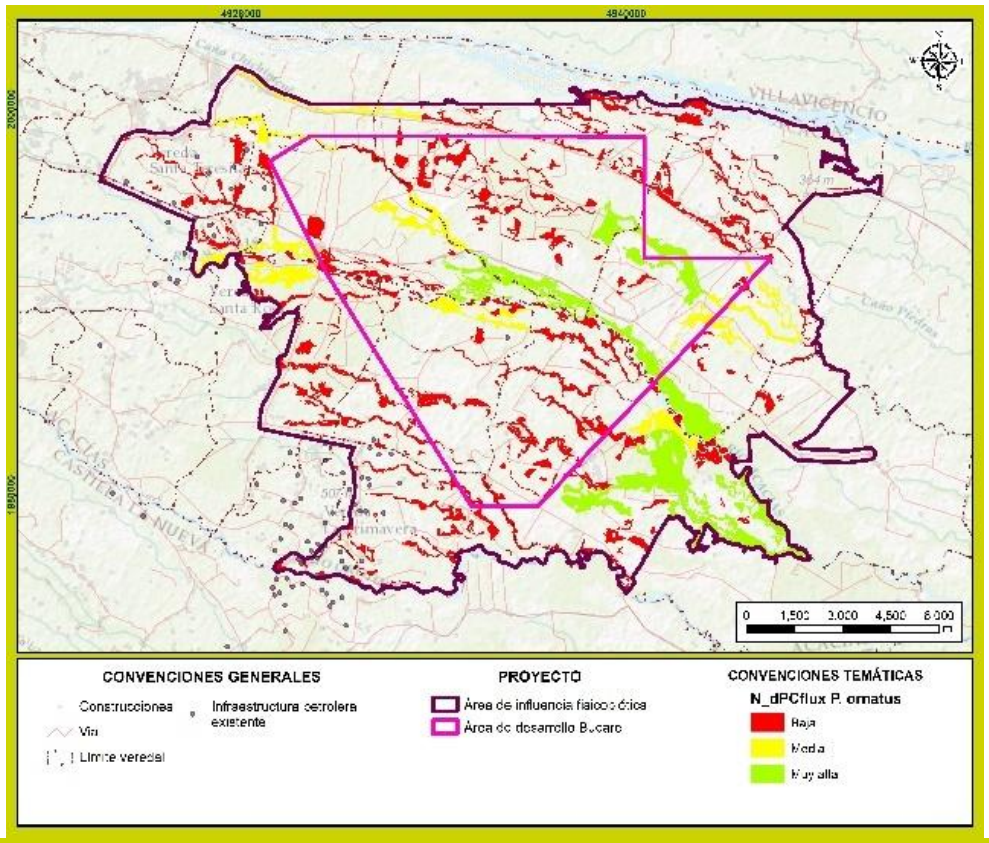


Figura 3-22 Métricas de dPC flux para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario sin proyecto
Fuente. SGI S.A.S., 2025

La comparación entre los escenarios multitemporal y sin proyecto muestra una reconfiguración estructural clara, especialmente en el sector sur, donde parches que anteriormente tenían conectividad baja o alta ahora alcanzan valores muy altos. Esto sugiere que la sucesión vegetal redujo la fragmentación en ciertas áreas, permitiendo la formación de parches más grandes y mejor posicionados, con mayor accesibilidad y capacidad para sostener flujos. Asimismo, la presencia de un mayor número de parches intermedios en esta zona favorece la funcionalidad del paisaje, aumentando tanto la densidad como la calidad de conexiones disponibles para el zocay.

En el escenario con proyecto (ver **Figura 3-23**), las 341 teselas analizadas revelan un marcado aumento de parches con conectividad muy baja (324 unidades), esparcidos por todo el paisaje. Este incremento se relaciona directamente con la fragmentación inducida por obras lineales, las cuales subdividen parches grandes sin eliminar el hábitat, pero reduciendo su accesibilidad relativa. En contraste, se identifican nueve parches con conectividad media (Id_Ph 297, 325, 183, 193, 49, 117, 218, 246 y 221), localizados principalmente en los extremos occidental y oriental. Estos fragmentos adquieren una mayor relevancia funcional debido a su posición estratégica respecto al resto del paisaje. Además, se registran tres parches con conectividad alta (Id_Ph 263, 56 y 254) y cuatro con conectividad muy alta (Id_Ph 225, 161, 64 y 98), los cuales constituyen los nodos más críticos para mantener los flujos de movimiento en esta configuración.

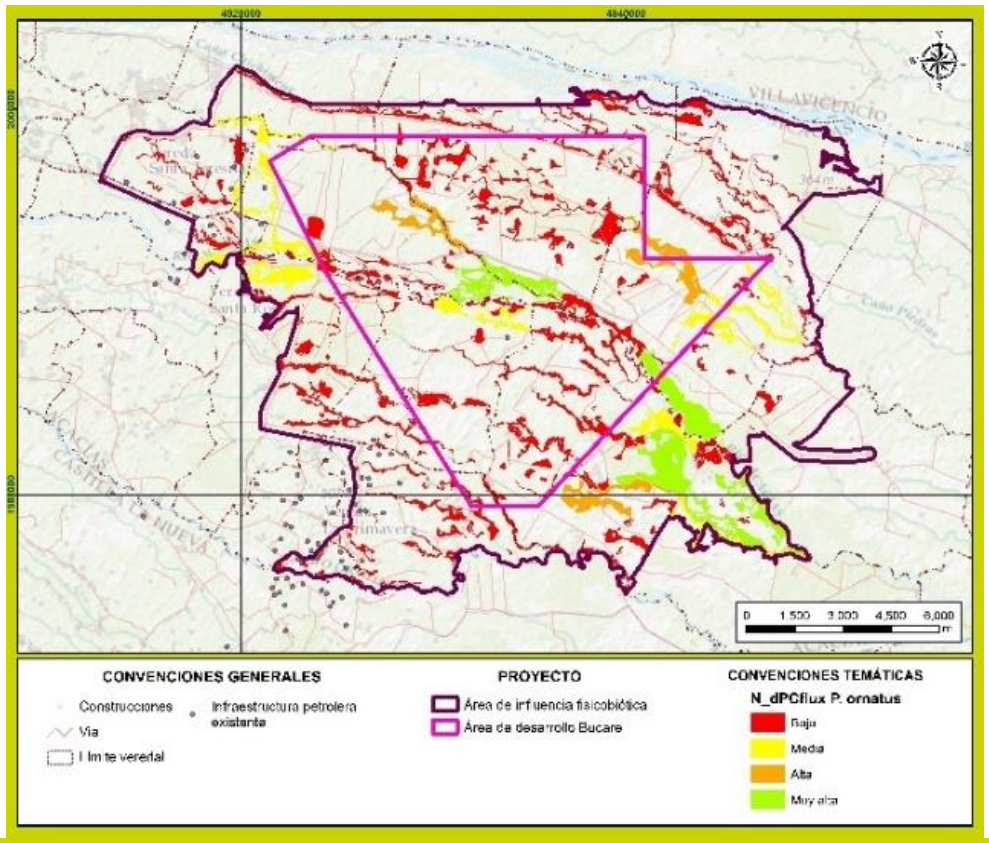


Figura 3-23 Métricas de dPC flux para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario con proyecto
Fuente. SGI S.A.S., 2025

Al comparar los escenarios sin proyecto y con proyecto, se evidencian cambios importantes asociados a la fragmentación inducida. Por ejemplo, el parche Id_Ph 244 clasificado con conectividad media en el escenario sin proyecto pasa a conectividad alta en su equivalente del escenario con proyecto (Id_Ph 263), posiblemente por ajustes espaciales en su posición relativa dentro de la red. El parche Id_Ph 239, originalmente de conectividad muy alta, se fragmenta dando origen a dos unidades con niveles muy alto y bajo (Id_Ph 254 y 259), lo que muestra cómo la división modifica la contribución funcional de cada fragmento. De manera similar, el parche Id_Ph 216 se divide por una línea de flujo, manteniendo su nivel de conectividad, pero originando subunidades menores con valores reducidos (Id_Ph 226, 233 y 196).

El parche Id_Ph 177 también se fragmenta: el fragmento principal conserva la conectividad muy alta, mientras que la unidad menor obtiene un valor bajo (Id_Ph 190). Por último, el parche Id_Ph 53 de conectividad muy alta se divide en dos fragmentos con conectividad alta y media (Id_Ph 56 y 49), respectivamente.

En términos generales, las variaciones observadas en la fracción dPC_flux bajo el escenario con proyecto no corresponden a una pérdida severa de hábitat, sino principalmente a procesos de subdivisión de parches previamente continuos, derivados de la presencia de obras lineales. Este tipo de configuración genera unidades algo más pequeñas, lo que modifica su eficiencia para sostener flujos de movimiento en comparación con los parches originales. No obstante, es importante señalar que estos cambios no eliminan la funcionalidad del paisaje, sino que redistribuyen la contribución de cada unidad dentro de la red, haciendo que algunos fragmentos reduzcan su importancia relativa y que otros adquieran un papel más destacado. En conjunto, los resultados indican que la

funcionalidad general del flujo se mantiene, aunque con una estructura más compartimentada, lo que subraya la importancia de orientar medidas de manejo ambiental que favorezcan la continuidad del movimiento, especialmente en aquellos parches que siguen funcionando como nodos estratégicos para la especie.

- ✓ Análisis de la métrica dPCconnect

La fracción dPC_connector evalúa la importancia de cada parche como elemento de enlace dentro de la red paisajística, midiendo su contribución a la conectividad estructural al actuar como stepping stones o nodos intermedios que mantienen el flujo funcional entre fragmentos. A diferencia de las fracciones intra (dependiente del área) y flux (dependiente del número y peso de conexiones), el componente connector se centra en identificar aquellos parches cuya eliminación incrementaría la distancia funcional entre otros fragmentos, o incluso podría generar desconexiones parciales en la red. En este sentido, valores altos reflejan parches cuya posición estratégica dentro de la red les otorga un rol clave en la cohesión del paisaje, mientras que valores nulos indican parches cuya presencia o ausencia no modifica la estructura global de la conectividad (Saura & Rubio, 2010).

En el escenario multitemporal (ver **Figura 3-24**), la conectividad estructural se encuentra concentrada en un número reducido de fragmentos. De las 270 teselas analizadas, 261 se clasifican con conectividad baja, lo que indica que la mayor parte del paisaje estaba conformado por parches cuya contribución como stepping stones era limitada.

Solo un parche (Id_Ph 187) alcanzó un nivel medio, reflejando un papel intermedio en la articulación del movimiento. Asimismo, tres parches (Id_Ph 247, 162 y 207) mostraron niveles altos, funcionando como conectores regionales capaces de evitar incrementos en la distancia funcional entre fragmentos del sector. Finalmente, cinco parches (Id_Ph 239, 248, 217, 221 y 195) se identificaron como nodos estratégicos, ya que su pérdida habría afectado significativamente la cohesión estructural del paisaje.

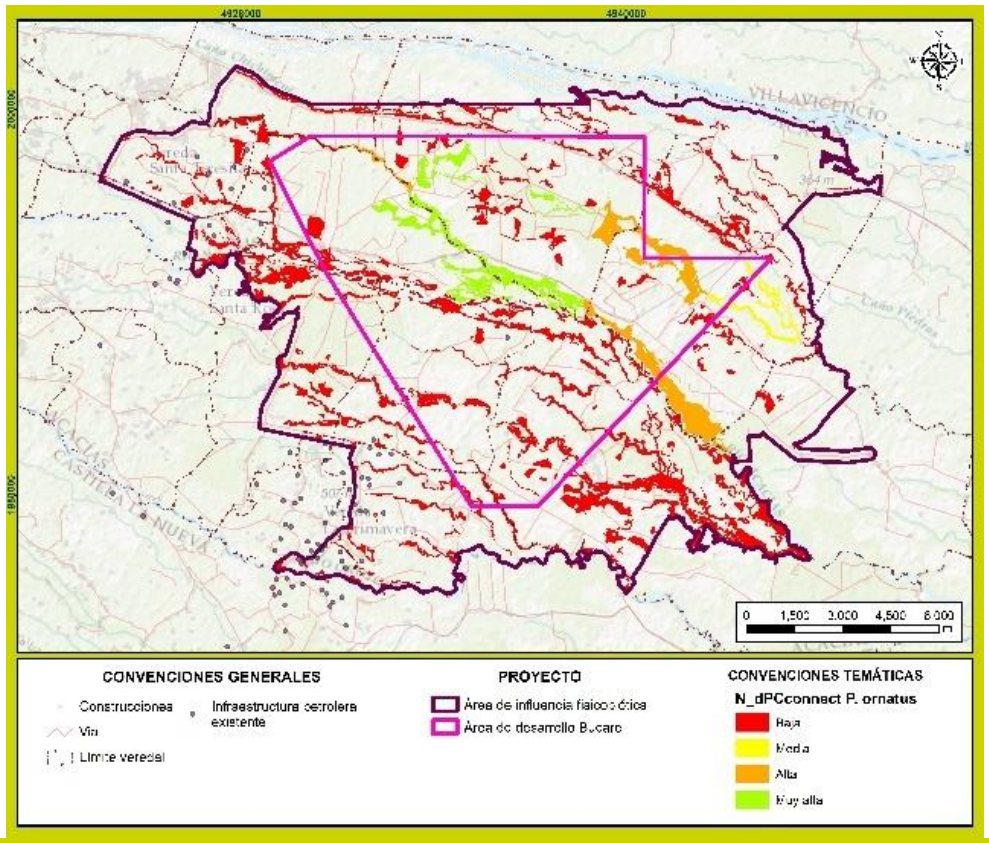


Figura 3-24 Métricas de dPC connect para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario multitemporal
Fuente. SGI S.A.S., 2025

Para el escenario sin proyecto, se analizaron 331 parches (ver **Figura 3-25**), de los cuales la gran mayoría mantiene niveles bajos de conectividad estructural. Sin embargo, emergen ocho parches con conectividad media (Id_Ph 94, 248, 206, 111, 279, 244, 271 y 216), distribuidos principalmente en la zona central, desde los sectores más nororientales hasta el extremo sur. Estos fragmentos comienzan a desempeñar un papel relevante como elementos articuladores entre múltiples parches vecinos. Asimismo, se identificó un parche con conectividad alta (Id_Ph 299) y uno con conectividad muy alta (Id_Ph 1277), ubicados hacia el sur y el centro-oriente del área de estudio, consolidándose como los principales conectores estructurales del escenario sin proyecto.

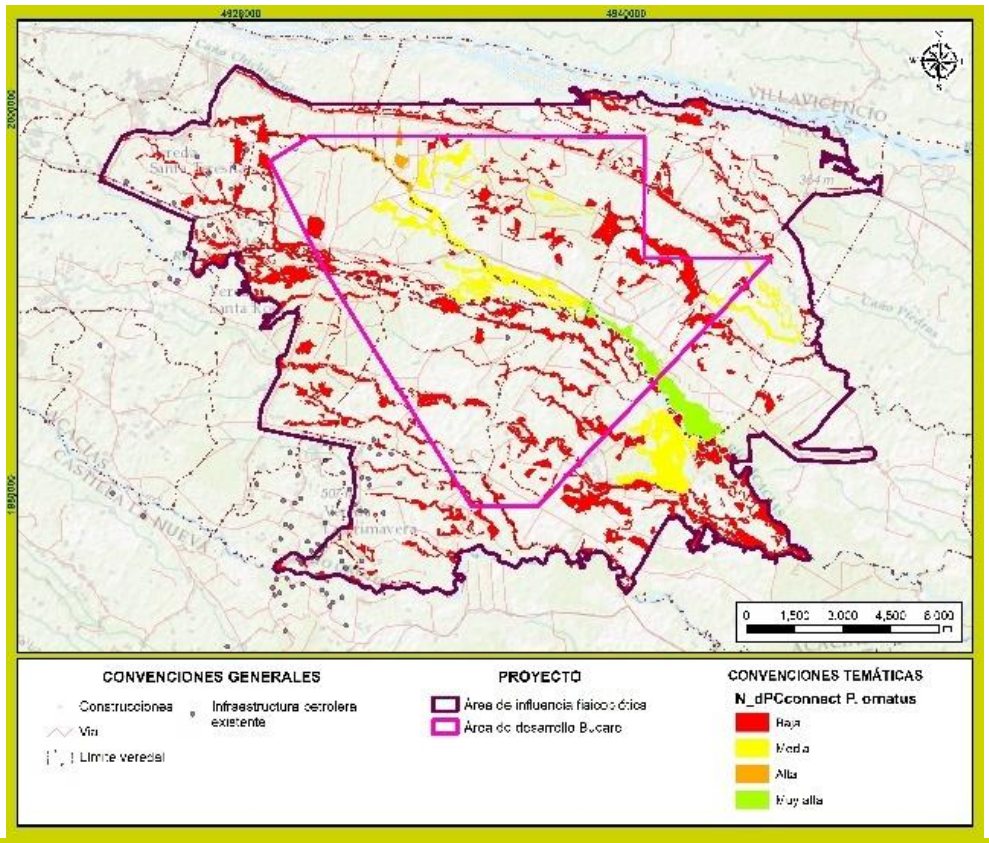


Figura 3-25 Métricas de dPC connect para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario sin proyecto
Fuente. SGI S.A.S., 2025

La comparación entre los escenarios multitemporal y sin proyecto evidencia cambios importantes en la jerarquía estructural de los parches. Fragmentos que eran altamente conectores en el escenario multitemporal (Id_Ph 239, 248, 217, 221 y 195) pasan a categorías medias en el escenario reciente, lo cual está asociado a cambios en la configuración de las teselas y a la aparición de nuevos hábitats sucesionales que redistribuyen la probabilidad de conexión dentro del paisaje. De forma similar, el parche Id_Ph 212, previamente clasificado con conectividad alta, desciende a una categoría baja (Id_Ph 211), mientras que Id_Ph 162 experimenta la transición opuesta y adquiere un rol de conectividad muy alta en el escenario actual (Id_Ph 177). Además, la aparición de nuevas teselas con conectividad media responde a procesos de sucesión que generan fragmentos más grandes y mejor posicionados espacialmente.

En el escenario con proyecto, las 341 teselas analizadas (ver **Figura 3-26**) muestran un patrón dominado por niveles bajos de conectividad estructural, lo que indica que la mayoría de los parches no funcionan como elementos articuladores del flujo. Sin embargo, emergen cuatro fragmentos con conectividad media (Id_Ph 98, 221, 190 y 117), distribuidos entre los sectores occidental y oriental, los cuales comienzan a desempeñar un papel relevante dentro de la red. Finalmente, un único parche (Id_Ph 161) alcanza un nivel de conectividad muy alto, consolidándose como el conector clave bajo el escenario prospectivo debido a su posición dentro del paisaje y su capacidad para enlazar múltiples unidades vecinas.

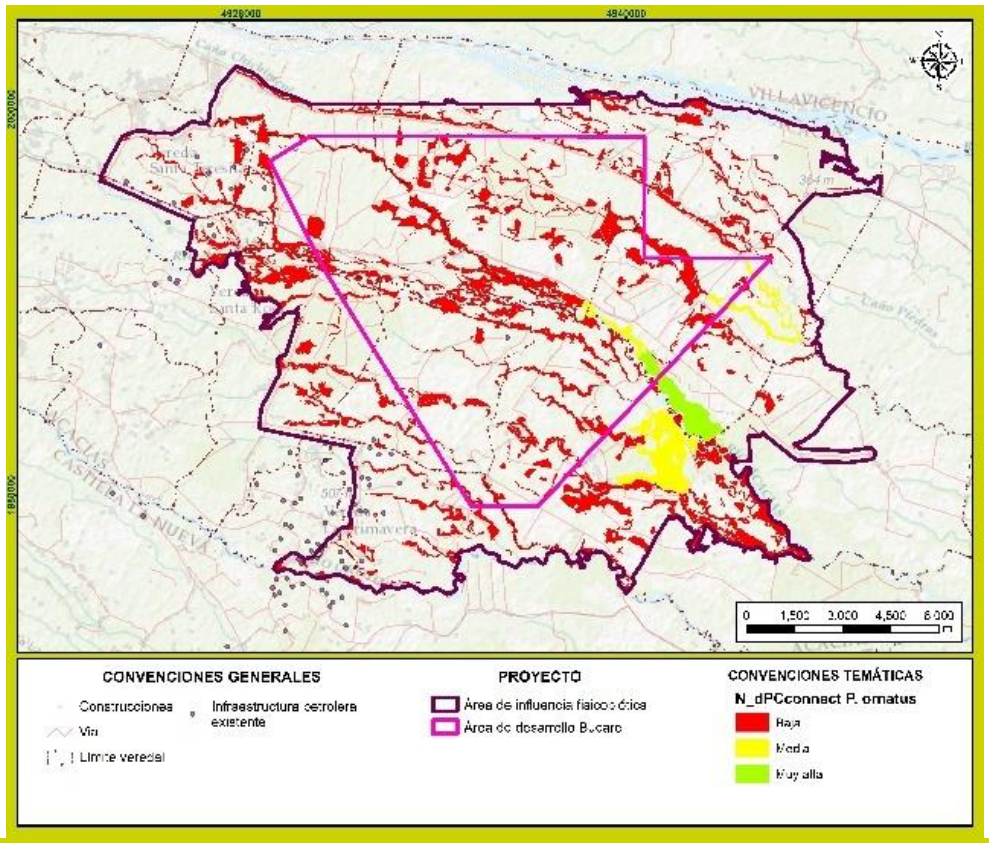


Figura 3-26 Métricas de dPC connect para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario con proyecto
Fuente. SGI S.A.S., 2025

Al comparar los escenarios sin proyecto y con proyecto, los cambios más relevantes se concentran en fragmentos previamente identificados como conectores medios Id_Ph 248, 279, 244, 271, 216 y 299, que en el escenario con proyecto descienden a categorías bajas. Esto se explica principalmente por la modificación interna de la forma y tamaño de los parches, más que por una pérdida de hábitat. En el caso del parche Id_Ph 177, su subdivisión generó dos nuevas unidades: una con conectividad media (Id_Ph 190) y otra con conectividad muy alta (Id_Ph 161), lo que evidencia que la funcionalidad estructural no se elimina, sino que se redistribuye entre unidades de menor tamaño. En conjunto, las variaciones observadas responden en mayor medida a la reorganización espacial de los parches derivada de obras lineales, sin que ello implique la desaparición de hábitats, sino cambios en cómo estos participan dentro de la red de conectividad.

- ✓ Análisis de la métrica dPC

La métrica dPC (Probability of Connectivity) representa la integración de las tres fracciones previamente evaluadas intra, flux y connector, permitiendo identificar los parches más relevantes para la conectividad ecológica funcional del paisaje. Mientras que dPC_intra refleja la contribución del área interna disponible, dPC_flux captura el flujo potencial de movimiento entre parches, y dPC_connector identifica aquellos nodos estratégicos cuya posición dentro de la red permite mantener la cohesión estructural del sistema. La suma ponderada de estas fracciones otorga una medida sintética que reconoce los parches que funcionan simultáneamente como áreas núcleo, zonas de alto flujo o elementos conectores críticos, lo que permite priorizarlos dentro de los análisis de conectividad funcional para *Plecturocebus ornatus.*

En el escenario multitemporal, se evaluaron 270 teselas (ver **Figura 3-27**), de las cuales 259 presentaron valores bajos de conectividad, indicando que, si bien funcionan como hábitats potenciales, no cumplen un rol determinante dentro de la red funcional debido a su posición marginal o a su disponibilidad de hábitat relativamente limitada. En contraste, cinco parches (Id_Ph 187, 40, 247, 43 y 239) alcanzaron un nivel medio, lo que refleja una mayor relevancia funcional tanto como áreas de flujo como por su capacidad de actuar como conectores locales. Dos parches adicionales (Id_Ph 248 y 221) fueron clasificados con conectividad alta, destacándose como elementos clave en la articulación del paisaje al funcionar como stepping stones. Finalmente, cuatro parches (Id_Ph 217, 211, 162 y 195) presentaron valores muy altos, configurándose como las áreas más determinantes del sistema por su papel simultáneo como nodos conectores, zonas con alto flujo y unidades de hábitat relevantes.

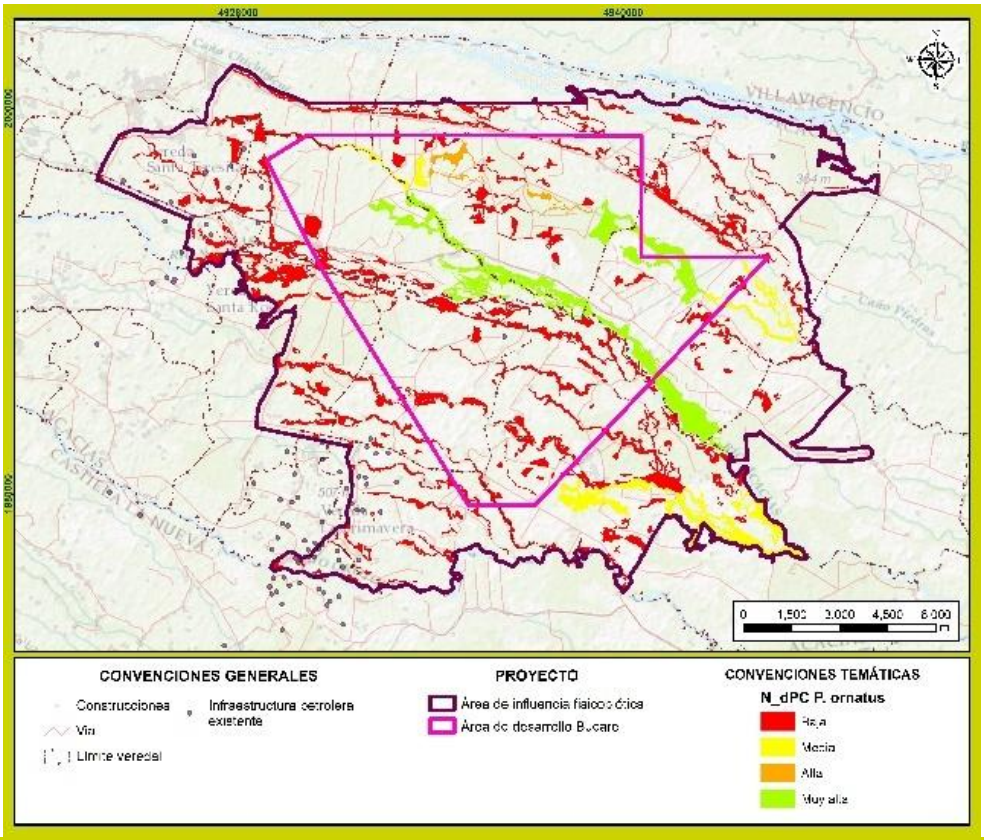


Figura 3-27 Métricas de dPC para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario multitemporal
Fuente. SGI S.A.S., 2025

Para el escenario sin proyecto, se identificaron 301 teselas (ver **Figura 3-28**) con conectividad baja, lo que ratifica la fuerte fragmentación del paisaje y la dominancia de elementos con funcionalidad limitada. Sin embargo, se registró un conjunto de nueve parches con conectividad media (Id_Ph 271, 279, 111, 206, 61, 299, 244, 53 y 239), los cuales comienzan a asumir un rol más relevante por su aporte tanto al flujo como a la estructura de conexión entre unidades vecinas. Para la categoría alta, se identificaron dos parches (Id_Ph 96 y 216), caracterizados principalmente por su buen nivel de enlaces funcionales hacia otros fragmentos. Finalmente, un único parche (Id_Ph 177) alcanzó un nivel muy alto, consolidándose como el elemento más relevante del escenario, al integrar funciones de área núcleo, zona de alto flujo y corredor prioritario.

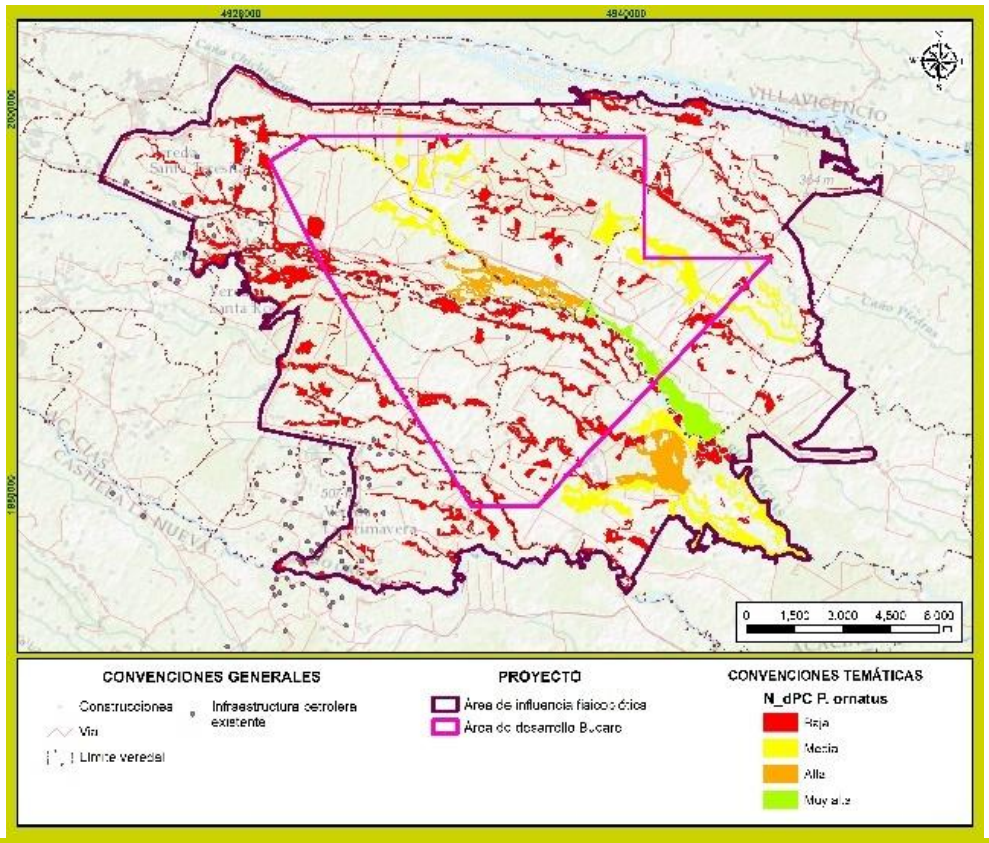


Figura 3-28 Métricas de dPC para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario sin proyecto
Fuente. SGI S.A.S., 2025

La comparación entre el escenario multitemporal y el sin proyecto muestra cambios significativos en la jerarquía de importancia de los parches. Algunos fragmentos que anteriormente poseían conectividad muy alta (Id_Ph 217, 211 y 195) disminuyen a valores medios o bajos en el escenario reciente, lo cual está asociado a procesos de regeneración vegetal que han favorecido la aparición de nuevas áreas de hábitat, redistribuyendo la conectividad y modificando la estructura de enlaces. También se observan procesos de consolidación de fragmentos: parches previamente dispersos (Id_Ph 261, 242 y 247) se integran en una única unidad (Id_Ph 299) con una categoría media, reflejando la reducción de aislamiento y el aumento del área disponible. De forma similar, el parche Id_Ph 82 que originalmente presentaba conectividad baja evoluciona hacia una unidad con conectividad alta (Id_Ph 94) gracias a la expansión sucesional observada en el sector sur.

En el escenario con proyecto, de los 341 parches analizados (ver **Figura 3-29**), 331 presentan conectividad baja, lo cual corresponde a unidades pequeñas, aisladas o de baja articulación funcional. No obstante, aparecen siete parches con conectividad media (Id_Ph 263, 190, 56, 254, 117, 221 y 64), cuya relevancia está asociada principalmente a su rol en la fracción flux, es decir, a su capacidad de sostener conexiones funcionales con otros fragmentos. Para la conectividad alta se identificaron únicamente dos parches (Id_Ph 225 y 98), que actúan como áreas núcleo y zonas de enlace de alta importancia. Finalmente, solo un parche (Id_Ph 161) alcanza la categoría muy alta, funcionando como el principal corredor del sistema prospectivo, debido a su capacidad de mantener el flujo funcional entre múltiples unidades.

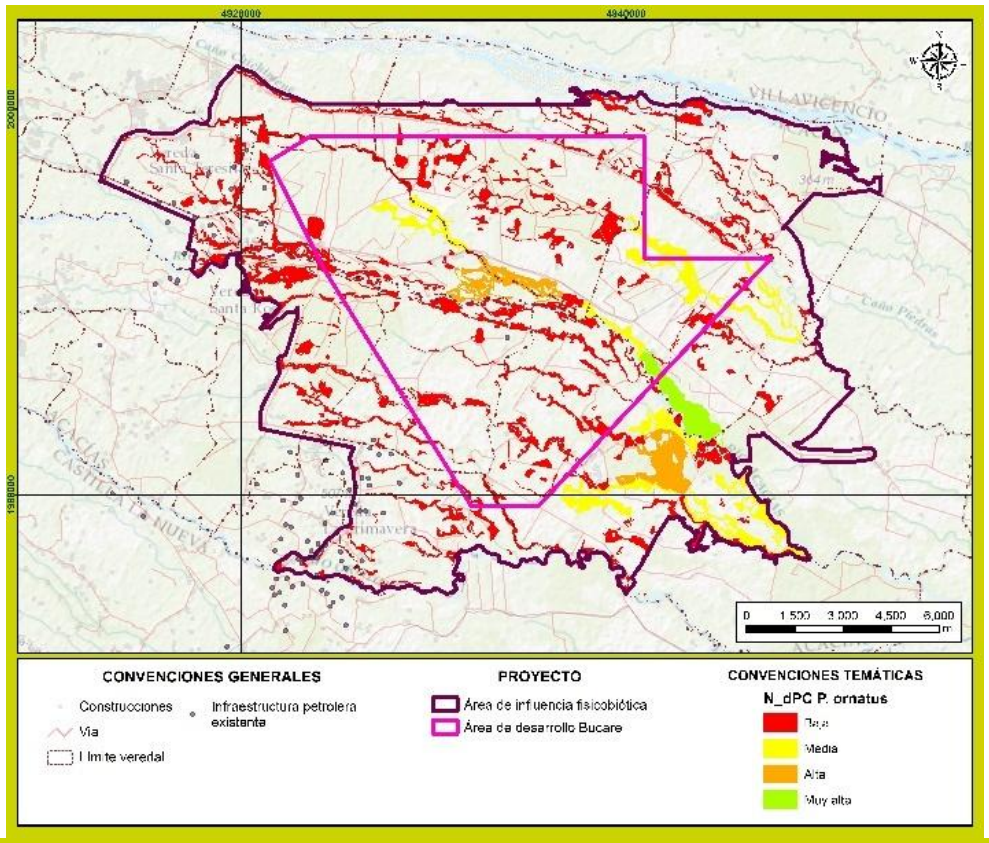


Figura 3-29 Métricas de dPC para la especie *Plecturocebus ornatus* en el escenario con proyecto
Fuente. SGI S.A.S., 2025

La comparación entre el escenario sin proyecto y con proyecto evidencia que algunos parches experimentan subdivisiones que alteran su conectividad relativa. Por ejemplo, el Id_Ph 239 conectividad media en el escenario actual se fragmenta dando origen a dos parches con categorías baja (Id_Ph 259) y media (Id_Ph 254). Similarmente, Id_Ph 216 se divide en unidades de categoría media (Id_Ph 225) y baja (Id_Ph 196). No obstante, el caso más relevante corresponde al parche Id_Ph 177: tras su fragmentación, se originan dos unidades, una con conectividad media (Id_Ph 190) y otra con conectividad muy alta (Id_Ph 161), manteniendo así parte de su rol funcional previo. En todos los casos, los cambios responden principalmente a procesos de subdivisión generados por obras lineales, más que a una pérdida severa de hábitat, lo cual explica por qué algunas teselas mantienen, e incluso refuerzan, la categoría previa.

En términos generales, la conectividad funcional del paisaje para *Plecturocebus ornatus* se encuentra determinada principalmente por la fracción flux, seguida en menor medida por la fracción connector. Esto indica que el territorio presenta un nivel medio a alto de fragmentación estructural, donde la movilidad de la especie depende de la presencia de stepping stones y de parches que actúan como elementos articuladores del flujo más que de grandes bloques continuos de hábitat. La estructura resultante refleja un paisaje funcionalmente dependiente de nodos clave.

- ✓ Análisis ECA

El índice Equivalent Connected Area (ECA) (ver **Tabla 3-4**)representa el tamaño que tendría un único parche de hábitat totalmente conectado capaz de proporcionar la misma conectividad que la red real de fragmentos presentes en el paisaje. Este indicador integra simultáneamente la cantidad de hábitat

disponible y la forma en que dicho hábitat se organiza espacialmente, permitiendo evaluar de manera comparativa la conectividad ecológica entre diferentes escenarios. Su valor es especialmente relevante para *Plecturocebus ornatus*, especie de movilidad restringida y dependiente de parches continuos y relativamente cercanos para sostener desplazamientos, dispersión y mantenimiento de metapoblaciones.

En el escenario multitemporal, el área equivalente conectada fue de 3092.19 ha, reflejando el nivel de conectividad funcional que el paisaje proporcionaba en el año 2016. Este valor representa las condiciones de conectividad previas a los procesos de cambio recientes y se ve influenciado por la distribución histórica de coberturas boscosas y áreas sucesionales que actuaban como nodos clave en el movimiento del Zocay.

En el escenario sin proyecto, el ECA aumenta a 3601.84 ha, evidenciando un incremento funcional de 509.65 ha en conectividad equivalente respecto al multitemporal. Este aumento no se explica únicamente por mayor cantidad de hábitat, sino por la configuración espacial resultante de procesos de sucesión vegetal, especialmente en vegetación secundaria alta y baja, que permitió la consolidación de parches de mayor tamaño y una reducción en ciertas distancias funcionales entre fragmentos. En otras palabras, aunque el paisaje sigue siendo fragmentado, se observa una mejora relativa en su capacidad para mantener continuidad funcional entre parches, lo que potencialmente favorece el movimiento local del Zocay y la estabilidad de sus poblaciones.

Para el escenario con proyecto, el ECA se reduce a 3384.50 ha, lo que representa una disminución de 217.34 ha respecto al escenario sin proyecto. Este descenso se asocia a la incorporación de infraestructuras lineales y puntuales (p. ej., plataformas, vías y líneas de flujo) que generan división de parches existentes, disminuyendo su tamaño funcional y aumentando la distancia efectiva entre algunos fragmentos. No obstante, esta reducción del ECA no implica una pérdida completa de la conectividad: el valor sigue siendo mayor que el observado en el multitemporal (3384.50 ha frente a 3092.19 ha), indicando que una parte importante de la estructura sucesional que mejoró la conectividad entre 2016 y 2024 permanece vigente aun con la presencia del proyecto.

Tabla 3-4 Índice ECA para el escenario multitemporal (2016) sin proyecto (2024) y con proyecto para la especie *Plecturocebus ornatus*

Especie	ECA ha Multitemporal (2016)	ECA ha Sin proyecto (2024)	ECA ha Con proyecto
Plecturocebus ornatus	3092.19	3601.84	3384.50

Fuente. SGI S.A.S., 2025

En conjunto, la tendencia evidencia que la conectividad para *Plecturocebus ornatus* es sensible principalmente a cambios configuracionales más que a pérdidas netas de hábitat. En el escenario con proyecto, las reducciones de ECA se originan principalmente por la subdivisión de parches causada por líneas de flujo, las cuales constituyen elementos lineales y puntuales inseridos en el paisaje. Estas estructuras generan interrupciones iniciales en la continuidad del hábitat, pero su efecto puede disminuir con el tiempo, especialmente en sistemas tropicales con altas tasas de regeneración. Esto sucede porque las líneas de flujo suelen tener ancho reducido y borde estrecho, lo que permite que la vegetación circundante avance rápidamente, favoreciendo procesos de sucesión secundaria, cierre de dosel y atenuación del contraste entre fragmentos. A medida que estos procesos se consolidan, la permeabilidad del paisaje puede aumentar y la funcionalidad de los parches fragmentados tendería a recuperarse parcial o totalmente, dependiendo de la intensidad del mantenimiento de estas estructuras y de la capacidad de recolonización de la vegetación local.

- ***Leopardus pardalis***

Al comparar el escenario multitemporal con el sin proyecto, se registra un aumento de nodos, pasando de 297 a 331 parches de hábitat con un ligero aumento del área total de hábitat, que pasa

de 4125.09 ha a 4688.07 ha, lo que representa una diferencia de 562,98 ha, (ver Tabla 3-5). El comportamiento del aumento de área estrechamente relacionado con nuevas áreas de vegetación secundaria que surgen como resultado de un proceso regeneración identificado para el escenario sin proyecto; sin embargo, el número de nodos aumentó el cual muestra un proceso de fragmentación (ver Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1. Conectividad/ B_Conefor/ Lp/ Mult/ dPC, Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1. Conectividad/ B_Conefor/ Lp/ Sp/ dPC y Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1. Conectividad/ B_Conefor/ Lp/ Cp/ dPC) ...

Tabla 3-5 Números de nodos y área total (ha) de los parches de hábitat analizados para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario multitemporal (2016), escenario sin proyecto y en el escenario con proyecto

Leopardus pardalis			
Variable	**Multitemporal (2016)**	**Sin proyecto**	**Con proyecto**
Nodos	297	331	360
Área (ha)	4125.09	4688.07	4652.75

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ Análisis de la métrica dPCintra

En el escenario multitemporal el patron del dPC intra confirma que la contribución está dominada casi exclusivamente por los parches más grandes. El valor máximo corresponde al Id_Ph 167 (dPCintra = 0,48), seguido por 206 (0,39), 226 (0,31), 44 (0,31) y 41 (0,19), todos ellos con áreas superiores a ~110 ha. Aun así, cuando se compara con el dPCtotal, el componente intraparche representa una fracción muy pequeña (del orden de <1 de la conectividad total de la red), lo que indica que, incluso en los parches más extensos, el peso de la conectividad no se explica solo por la cantidad interna de hábitat, sino por su posición y su capacidad de intercambio con el resto de la red. En el resto de los parches, los valores de dPCintra son prácticamente residuales (≤ 0,05), confirmando que, en este escenario, la conectividad no está determinada por pequeños fragmentos “de área” sino por unos pocos núcleos grandes que concentran prácticamente toda la contribución intraparche (**Figura 3-30**).

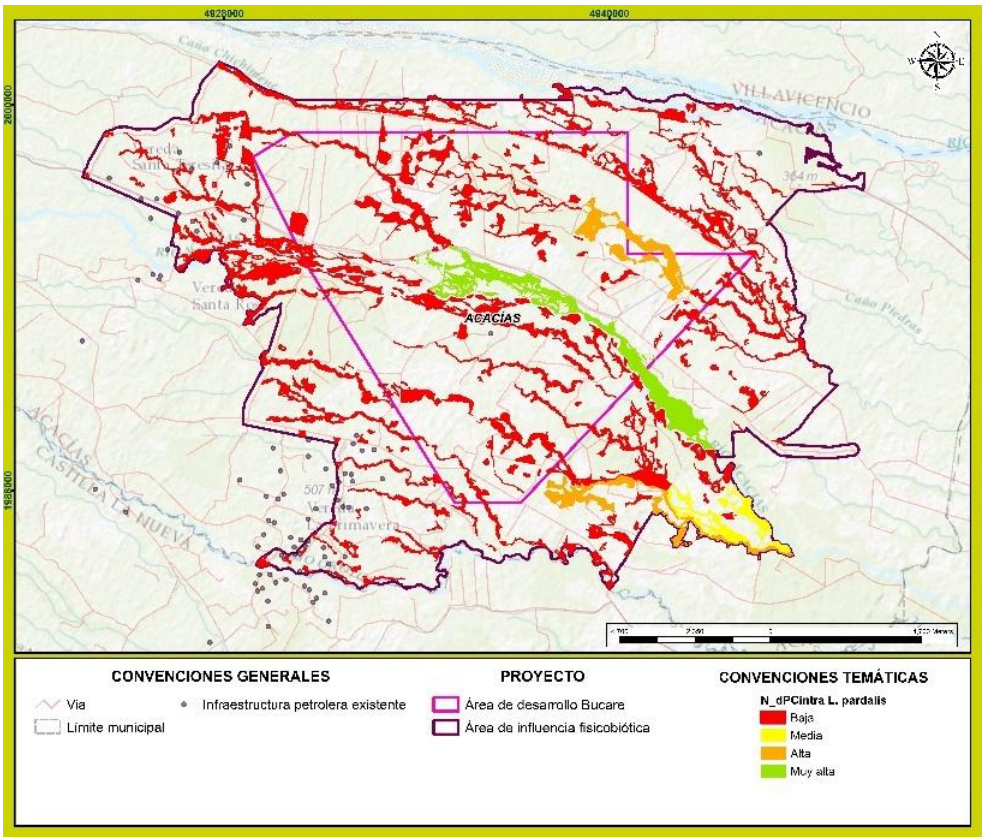


Figura 3-30 Métricas de dPC intra para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario multitemporal
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En el escenario sin proyecto se evidencia que también se encuentra dominado por los parches de mayor tamaño. Los valores más altos corresponden a Id_Ph 177 (dPCintra = 0,311), 220 (0,293), 91 (0,250), 245 (0,238) y 51 (0,236), todos asociados a áreas superiores a 200 ha. En comparación con dPCtotal, estas cifras son bajas en magnitud, lo que confirma que, aun en ausencia del proyecto, la conectividad no se explica solo por la cantidad interna de hábitat, sino por la posición de estos parches dentro de la red. En la mayoría de los fragmentos dPCintra es ≤ 0,01, reforzando la idea de que sólo unos pocos núcleos de hábitat aportan de manera relevante a la conectividad desde la dimensión “intra-parche” (**Figura 3-31**).

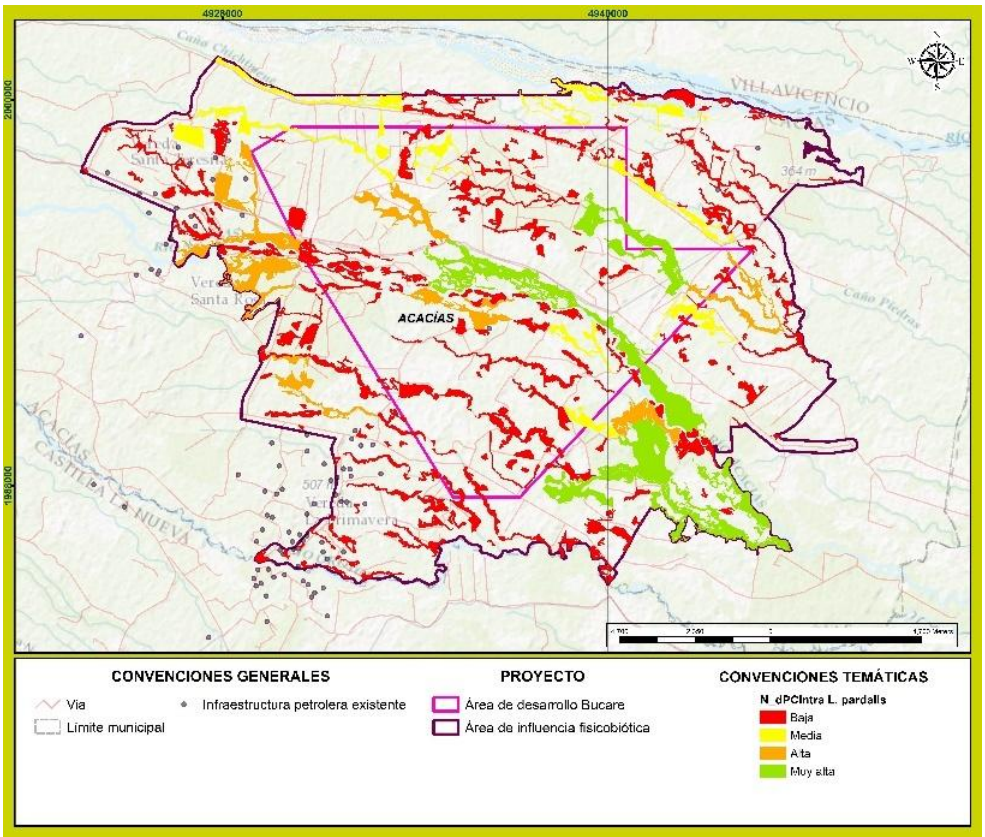


Figura 3-31 Métricas de dPC intra para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario sin proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Esta fracción de dPC para el escenario con proyecto está controlado principalmente por los parches más extensos. Los mayores aportes corresponden a Id_Ph 95 (dPCintra ≈ 0,27) y 62 (≈ 0,23), seguidos de los parches asociados a los grandes núcleos: 157 y 229 (≈ 0,20 cada uno), 221 (0,14), 260 (≈ 0,13) y 54 (≈ 0,09). Otros fragmentos relevantes, como 252, 269–270, 172 y 191, muestran valores entre 0,06 y 0,09, asociados a superficies de hábitat intermedias. En contraste, la mayoría de parches mantiene dPCintra ≤ 0,01. Esto confirma que, con el proyecto, la provisión de hábitat interno relevante sigue concentrada en pocos parches grandes, mientras que la mayoría aporta escasamente desde el punto de vista intraparche y su importancia se explica más por su posición en la red que por su tamaño (**Figura 3-32)**.

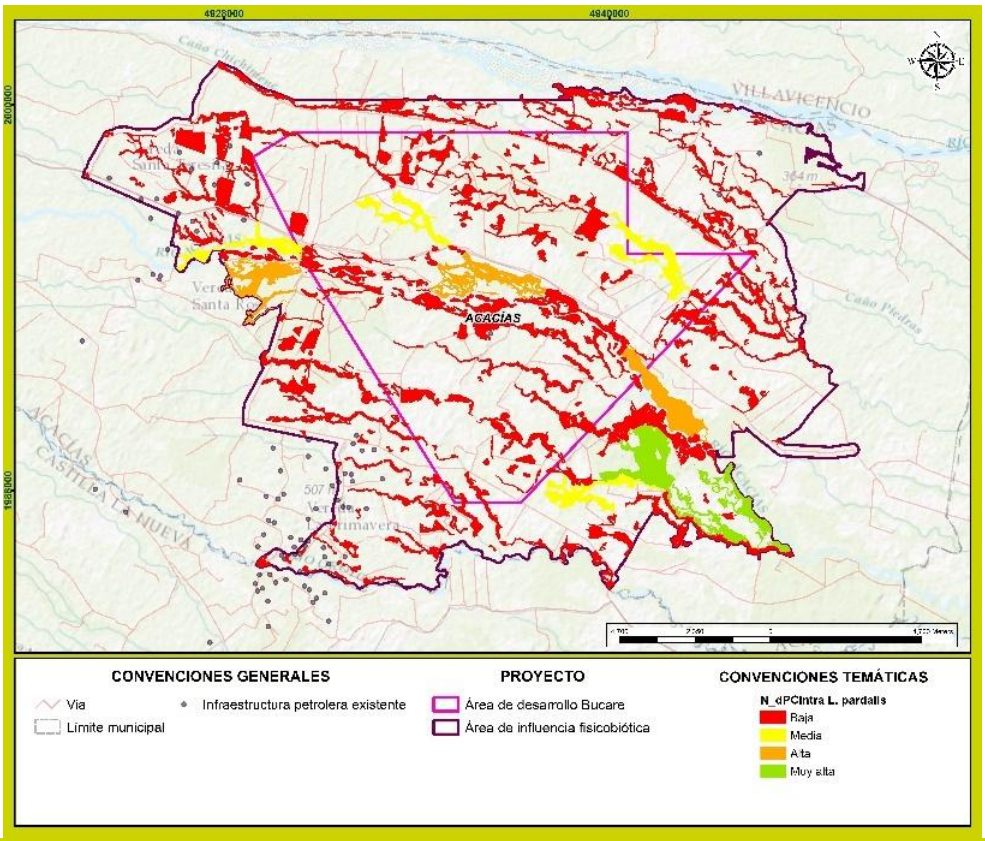


Figura 3-32 Métricas de dPC intra para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario con proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

✓ Análisis de la métrica dPCflux

El componente dPCflux es el que más pesa dentro del dPCtotal y refleja el rol de los parches como nodos de intercambio de flujo entre el resto de fragmentos. En el escenario multitemporal el máximo dPCflux se presenta en el Id_Ph 167 (12,66), seguido muy de cerca por 206 (11,49) y 226 (10,34). Estos tres parches canalizan una porción muy importante del flujo potencial de *Leopardus pardalis* en el paisaje. Otros parches que también cumplen un papel relevante como “estaciones de paso” son 44 (9,88 %), 41 (7,82 %), todos ellos con dPCflux > 7 %. En conjunto, estos parches con mayor dPCflux explican aproximadamente un tercio del total de este componente en la red, lo que indica un paisaje fuertemente jerarquizado: si se pierde alguno de estos nodos, el flujo de conectividad se vería afectado de manera desproporcionada frente a la pérdida de parches con dPCflux < 1, cuyo aporte evidencia principalmente ser secundario (**Figura 3-33**).

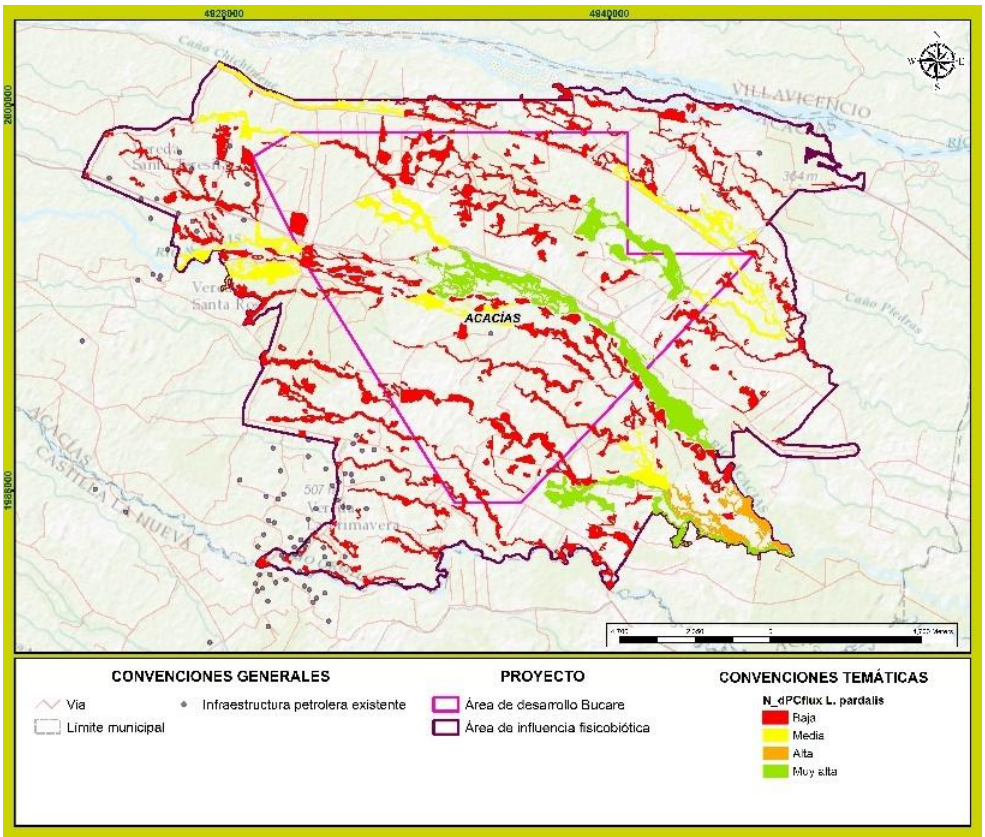


Figura 3-33 Métricas de dPC flux para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario multitemporal
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En el escenario sin proyecto el valor máximo de dPCflux se encuentra de nuevo en Id_Ph 177 (dPCflux = 10,41), muy cercano a Id_Ph 220 (10,12) y seguido por Id_Ph 91 (9,33), 51 (9,07), 245 (9,06) y 59 (8,57). Estos parches funcionan como hubs de flujo, articulando gran parte de los movimientos potenciales entre el resto de fragmentos. Otros parches como 250 (5,02), 205 (6,47), refuerzan este núcleo de alta importancia funcional. La gran mayoría de parches presenta dPCflux muy bajo (frecuentemente < 0,3), lo cual indica que la pérdida de estos nodos principales tendría un efecto desproporcionado en el flujo de conectividad, mientras que la pérdida de muchos parches pequeños tendría un impacto reducido (**Figura 3-34**).

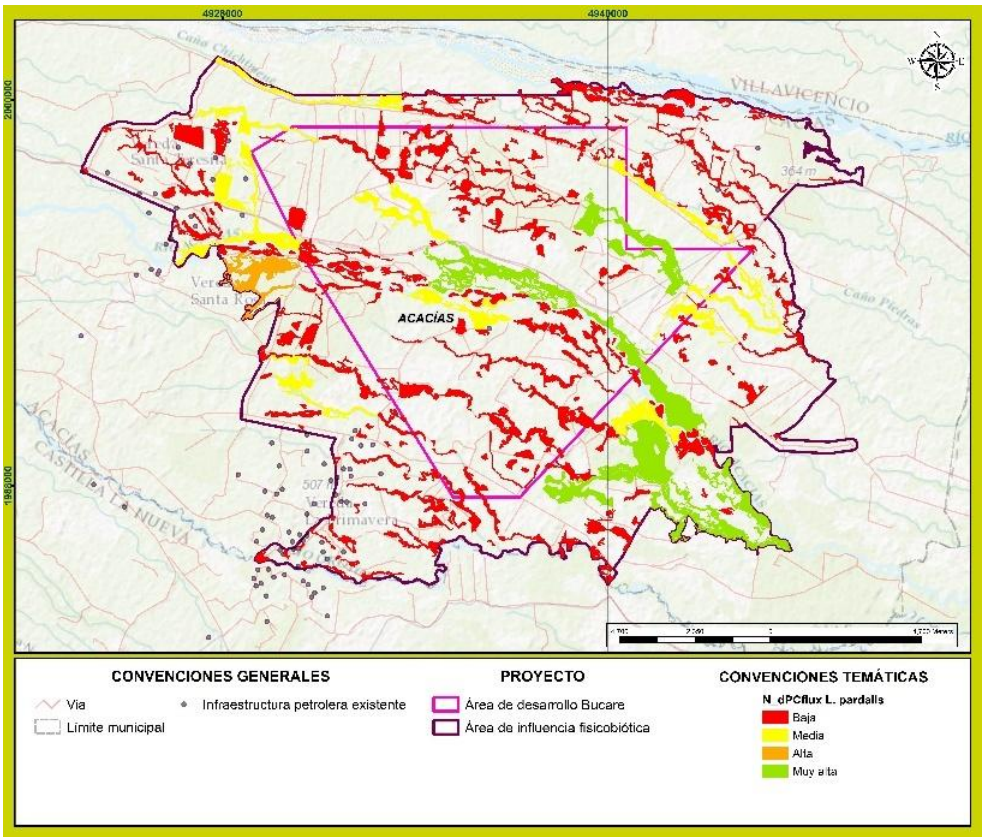


Figura 3-34 Métricas de dPC flux para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario sin proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Para el escenario con proyecto el dPCflux refleja el intercambio potencial de individuos entre parches, muestra un patrón de fuerte concentración en unos pocos nodos. El mayor aporte se registra en Id_Ph 95 (dPCflux ≈ 9,43) y 62 (≈ 8,62),157 (≈ 8,21) y a 229 (≈ 8,18). A este núcleo se suman 221 (≈ 6,49), 260 (≈ 6,47), 54 (≈ 5,66). La mayoría de los fragmentos presenta dPCflux muy bajo (frecuentemente < 0,3), evidenciando que, bajo el escenario con proyecto, el flujo de conectividad depende en gran medida de unos pocos parches que funcionan como verdaderos hubs de movimiento, de manera que su pérdida o degradación tendría un efecto desproporcionado sobre el intercambio funcional (**Figura 3-35**).

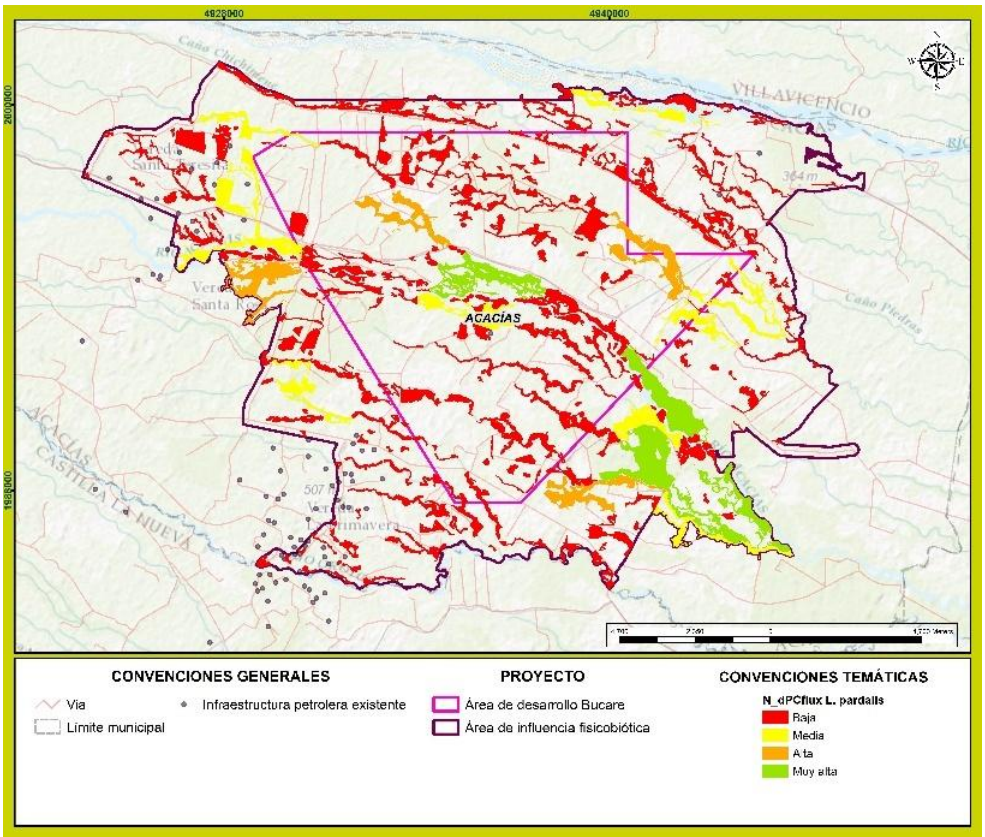


Figura 3-35 Métricas de dPC flux para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario con proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ Análisis de la métrica dPCconnect

Finalmente, el componente dPCconnect, asociado al rol de los parches como conectores o "puentes" entre otras áreas, también está muy concentrado en pocos nodos. El valor máximo del escenario multitemporal corresponde al Id_Ph 206 (dPCconnect = 10,33), seguido por 231 (9,75), 286 (9,16), 236 (8,64), 268 (8,50). Estos cinco parches por sí solos explican cerca de la mitad del dPCconnect total de la red, lo que evidencia ser potenciales cuellos de botella para la conectividad. En contraste, la gran mayoría de los fragmentos presenta valores de dPCconnect muy bajos (frecuentemente < 0,1), lo que implica que su eliminación tendría un efecto mínimo en la redundancia de rutas (**Figura 3-36**).

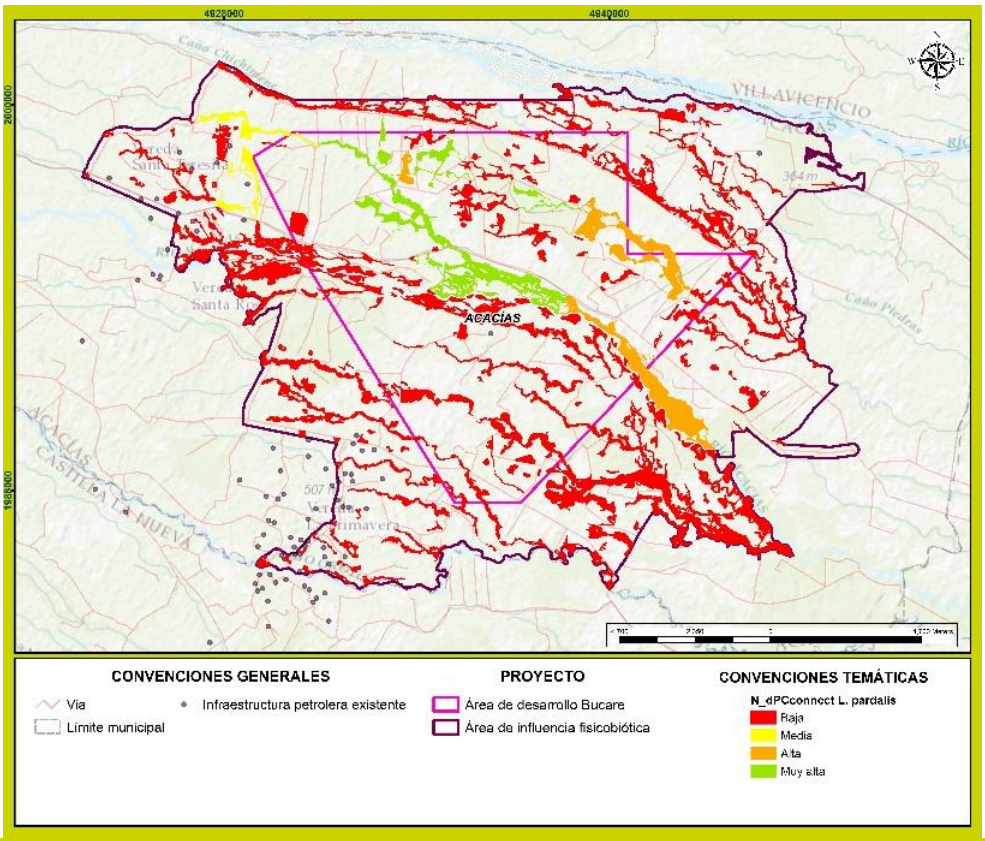


Figura 3-36 Métricas de dPC connect para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario multitemporal
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Para el escenario sin proyecto el valor máximo corresponde a Id_Ph 177 (dPCconnect = 9,94), seguido por Id_Ph 308 (54,75 ha; 7,58), 220 (229,03 ha; 5,07), 250 (110,22 ha; 4,62), 277 (25,16 ha; 3,75), 286 (46,40 ha; 3,55). De acuerdo al valor máximos reportada respecto al escenario multitemporal, se reduce en esta métrica alrededor de 0,39. Lo anterior probablemente como consecuencia del aumento de la fragmentación del paisaje (**Figura 3-37**).

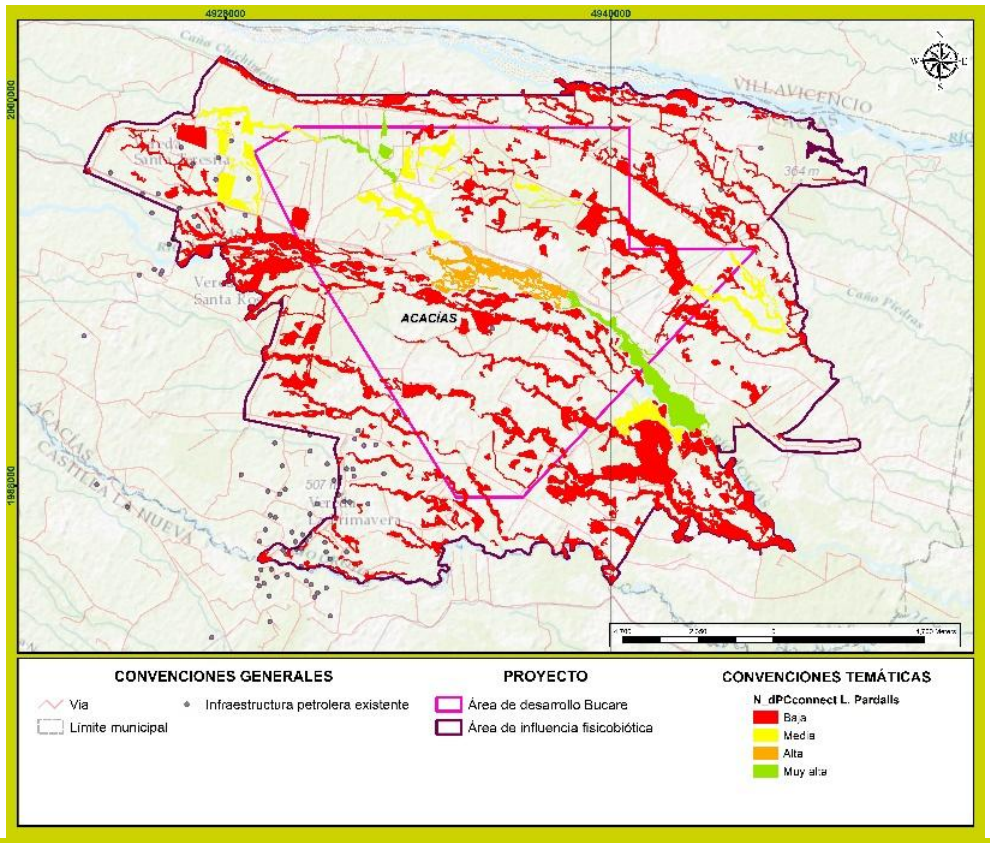


Figura 3-37 Métricas de dPC connect para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario sin proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Para el escenario con proyecto el dPCconnect destaca claramente Id_Ph 157 (dPCconnect ≈ 9,53) como principal cuello de botella del sistema. Le siguen Id_Ph 334 (≈ 3,11), 224 (≈ 2,97), 283 (≈ 2,85), 114 (≈ 2,81) y 191 (≈ 2,65), junto con 304 (≈ 2,41), 337 (≈ 2,37), 95 (≈ 2,31), 301 (≈ 2,15), 311 (≈ 2,15) y 229 (≈ 2,09). Otros parches como 275, 252, 266, 256, 198, 185, 260 o 326 muestran valores entre 1 y 2, conformando una segunda línea de puentes relevantes (**Figura 3-38**). El resto de fragmentos presenta dPCconnect cercano a cero, de forma que su eliminación no alteraría significativamente las rutas alternativas. En síntesis, con el proyecto la complejidad de la red descansa cada vez más en un conjunto reducido de parches puente, especialmente el Id_Ph 157 el cual para las tres fracciones evidencio ser uno de los más importantes.

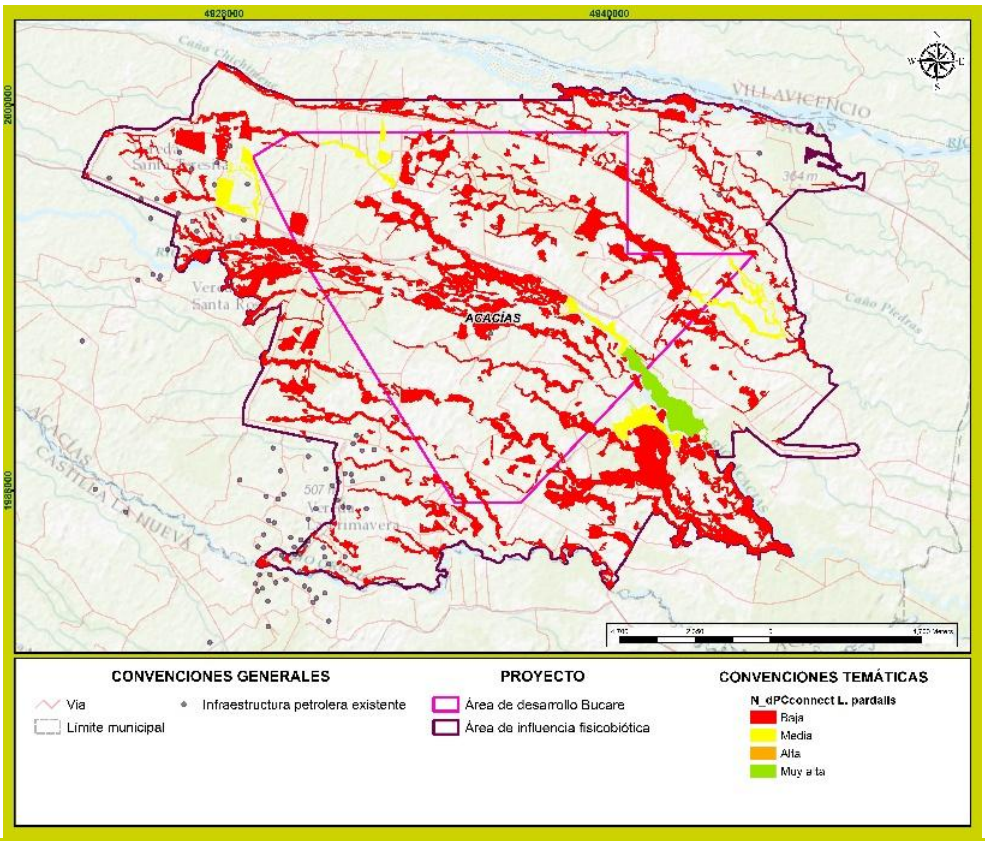


Figura 3-38 Métricas de dPC connect para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario con proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ Análisis dPC

En el escenario multitemporal, la conectividad total del paisaje (dPCtotal) está fuertemente concentrada en un grupo muy reducido de parches. El valor máximo de dPCtotal es 22,22 en el parche Id_Ph 206 (228,78 ha), seguido por 20,63 en el Id_Ph 167 (254,06 ha) y 16,63 en el Id_Ph 226 (207,08 ha). Junto con los parches Id_Ph 231 (15,59), 286 (12,10) y 44 (11,66 %) estos nodos explican una proporción muy alta de la conectividad, de modo que los cinco parches con mayores valores concentran cerca de un tercio del dPCtotal de la red y los diez primeros cerca de la mitad. El resto de parches presenta valores de dPCtotal muy bajos (la mayoría por debajo de 2), lo que indica que, aunque aportan algo de superficie de hábitat, su papel en el mantenimiento de la conectividad estructural y funcional del paisaje es marginal frente a este núcleo de grandes fragmentos persistentes en el tiempo (**Figura 3-39**).

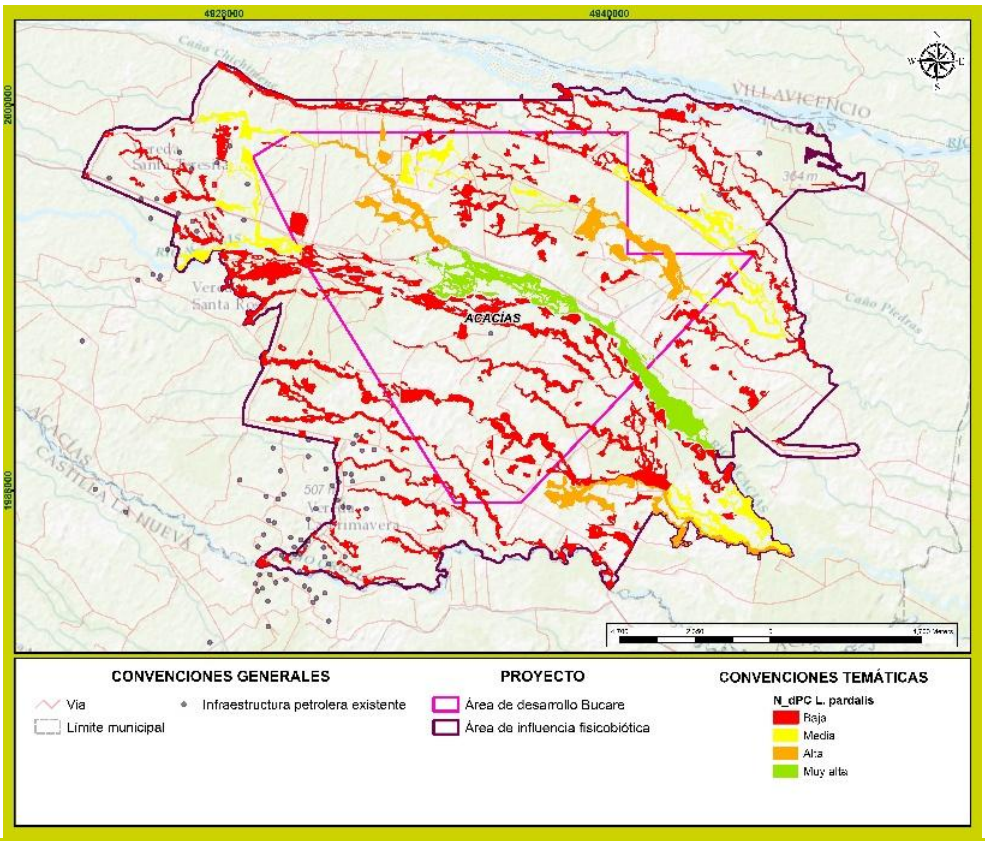


Figura 3-39 Métricas de dPC para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario multitemporal
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En el escenario sin proyecto la conectividad total del paisaje (dPCtotal) está fuertemente concentrada en pocos parches grandes. El valor máximo se registra en el Id_Ph 177 (236,06 ha) con dPC = 20,66, seguido por Id_Ph 220 (229,03 ha; dPC = 15,48), Id_Ph 91 (211,69 ha; dPC = 12,00), Id_Ph 245 (206,46 ha; dPC = 11,64) e Id_Ph 51 (205,63 ha; dPC = 10,62). A este núcleo se suma el parche Id_Ph 308 (54,75 ha; dPC = 10,12) y, en un segundo nivel, Id_Ph 250 (110,22 ha; dPC = 9,71) y Id_Ph 59 (193,86 ha; dPC = 8,85). La mayoría de los parches restantes presenta valores de dPCtotal menores a 5, lo que indica un paisaje jerarquizado donde unos pocos fragmentos grandes soportan la mayor parte de la conectividad global, mientras que el resto funciona como aporte marginal en términos de dPCtotal (**Figura 3-40**).

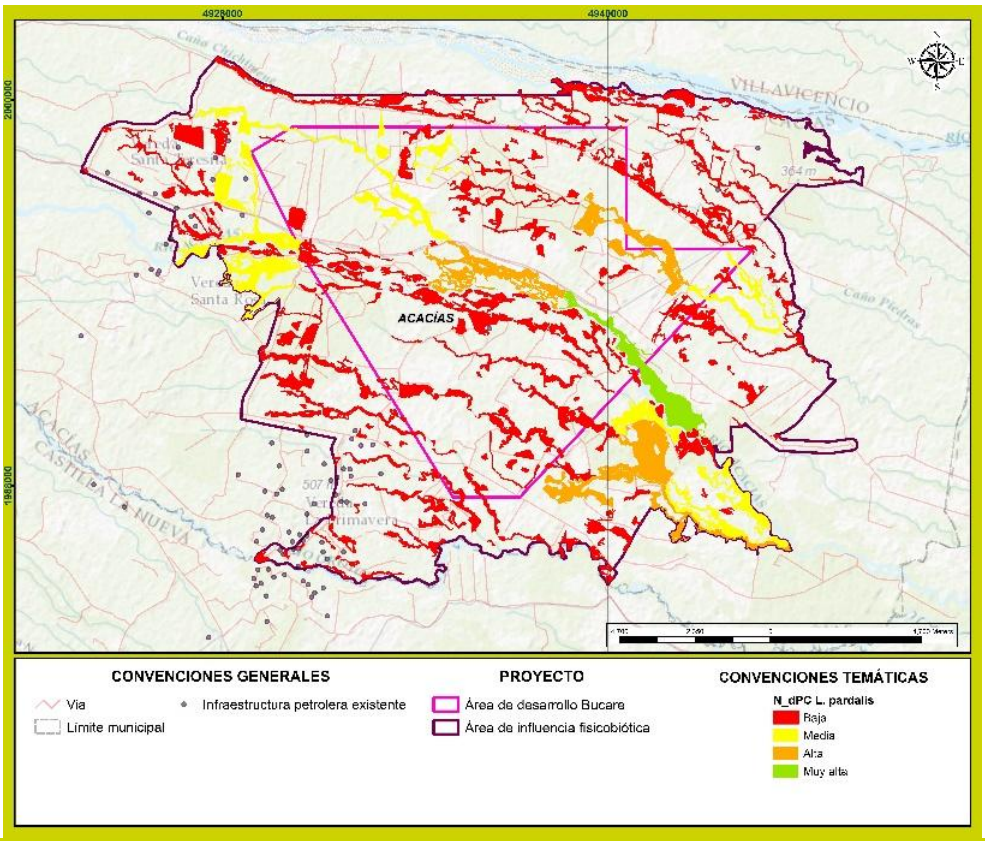


Figura 3-40 Métricas de dPC para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario sin proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En el escenario con proyecto la conectividad total (dPCtotal) sigue altamente concentrada en un grupo reducido de fragmentos. El parche Id_Ph 157 (181,69 ha) se convierte en el nodo dominante con dPC ≈ 17,94, seguido por Id_Ph 95 (211,65 ha; dPC ≈ 12,02) y Id_Ph 229 (181,54 ha; dPC ≈ 10,48). En un segundo nivel se ubican Id_Ph 62 (193,85 ha; dPC ≈ 8,93), 260 (146,34 ha; dPC ≈ 8,22). La mayoría de los demás fragmentos presenta valores de dPCtotal inferiores a 2, lo que indica que, con el proyecto, la estructura de conectividad permanece fuertemente jerarquizada, pero con un peso aún mayor en unos pocos núcleos de hábitat que concentran la conectividad global del paisaje (**Figura 3-41**).

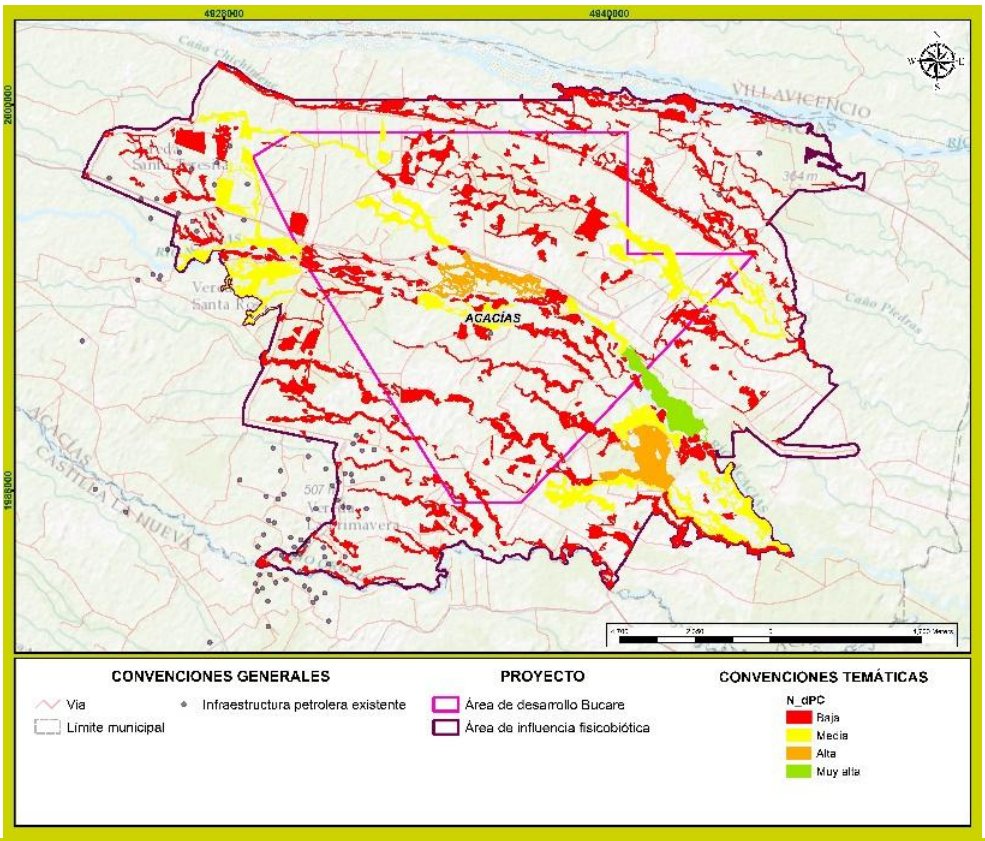


Figura 3-41 Métricas de dPC para la especie *Leopardus pardalis* en el escenario con proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

✓ Análisis ECA

En el escenario multitemporal, el Área Conectada Equivalente (ECA) (ver **Tabla 3-4**) para *Leopardus pardalis* fue de 3.661,07 ha, valor que representa el nivel de conectividad funcional que el paisaje ofrecía hacia el año 2016. Este resultado refleja una configuración histórica del territorio, caracterizada por una matriz heterogénea con presencia de coberturas boscosas, bosques riparios y mosaicos productivos que, pese a la fragmentación existente, permitían el desplazamiento funcional de una especie generalista y de alta movilidad como el ocelote.

En el escenario sin proyecto, el ECA aumenta a 4.227,59 ha, lo que representa un incremento funcional de 566,52 ha respecto al escenario multitemporal. Este aumento no se explica exclusivamente por una mayor cantidad de hábitat, sino por una mejor organización espacial de los parches, asociada a procesos de consolidación de coberturas vegetales, expansión de vegetación secundaria y reducción de distancias funcionales entre fragmentos. En este contexto, aunque el paisaje continúa presentando un patrón fragmentado, se evidencia una mejora relativa en su capacidad para sostener la conectividad funcional, coherente con la ecología de *Leopardus pardalis,* especie que tolera matrices intervenidas y aprovecha corredores lineales y bordes de vegetación.

Para el escenario con proyecto, el ECA disminuye a 4.038,72 ha, lo que corresponde a una reducción de 188,87 ha respecto al escenario sin proyecto. Esta disminución se asocia principalmente a cambios configuracionales del paisaje, derivados de la incorporación de infraestructuras lineales y puntuales que generan subdivisión de parches, reducción de su área funcional y aumento de la distancia efectiva entre algunos fragmentos. No obstante, esta reducción no implica una pérdida

estructural severa de la conectividad, dado que el valor de ECA permanece por encima del escenario multitemporal (4.038,72 ha frente a 3.661,07 ha), lo que indica que una proporción importante de la conectividad funcional ganada entre 2016 y 2024 se mantiene aun con la presencia del proyecto.

Tabla 3-6 Índice ECA para el escenario multitemporal (2016) sin proyecto (2024) y con proyecto para la especie *Leopardus pardalis*

Especie	ECA ha Multitemporal (2016)	ECA ha Sin proyecto (2024)	ECA ha Con proyecto
Leopardus pardalis	3661.07	4227.59	4038.72

Fuente. SGI S.A.S., 2025

En conjunto, la tendencia observada sugiere que la conectividad funcional para *Leopardus pardalis* es más sensible a modificaciones en la configuración espacial del hábitat que a pérdidas netas de cobertura, comportamiento esperado para una especie generalista con alta capacidad de desplazamiento. En el escenario con proyecto, la reducción del ECA se explica principalmente por la fragmentación inducida por elementos lineales, los cuales generan interrupciones iniciales en la continuidad del hábitat. Sin embargo, dado su ancho reducido y carácter puntual, estos elementos presentan un potencial de atenuación progresiva mediante procesos de regeneración vegetal, cierre de dosel y aumento de la permeabilidad del paisaje, especialmente en sistemas tropicales con altas tasas de sucesión secundaria. En la medida en que dichos procesos se consoliden, la funcionalidad de los parches fragmentados podría recuperarse parcial o totalmente, dependiendo del manejo operativo de estas infraestructuras y de la dinámica ecológica local.

- ***Myrmecophaga tridactyla***

La evaluación de la conectividad del paisaje para *Myrmecophaga tridactyla* en los tres escenarios (multitemporal 2016, sin proyecto y con proyecto) muestra una tendencia al aumento en el número de nodos. En el escenario multitemporal (2014), se identificaron 314 nodos y un área total de hábitat de 4231,67 ha mientras que, para el escenario sin proyecto, el número de nodos aumenta a 337 con un área total de 4729,75 ha. Por su parte, en el escenario con proyecto, estos valores continúan en aumento a 379 nodos, pero, con una disminución de área con 4805.42 ha. Este patrón evidencia un proceso continuo de pérdida de hábitat y fragmentación (ver Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1.Conectividad/ B_Conefor/ Mt/ Mult/ dPC, Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1.Conectividad/ B_Conefor/ Mt/ Sp/ dPC y Anexos/6. Anexo Biótico/ 6.2 Ecosistemas Terrestres/ 6.2.1.Conectividad/ B_Conefor/ Mt/ Cp/ dPC). Al comparar el escenario multitemporal con el sin proyecto, se registra un aumento de nodos, pasando de 314 a 337 parches de hábitat con un ligero aumento del área total de hábitat, que pasa de 4231,67 ha a 4729,75ha, lo que representa una diferencia de 498,08 ha, (**Tabla 3-7**). Este cambio está estrechamente relacionado con factores como la expansión agrícola y actividad pecuaria, la urbanización y otras transformaciones en el uso del suelo ocurridas en este período. La pérdida de área y nodos señala un aumento en la fragmentación del paisaje, lo cual podría impactar negativamente en la movilidad de la especie al reducir las conexiones funcionales entre los parches de hábitat.

Tabla 3-7 Números de nodos y área total (ha) de los parches de hábitat analizados para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario multitemporal (2016), escenario sin proyecto y en el escenario con proyecto

Myrmecophaga tridactyla			
Variable	**Multitemporal (2016)**	**Sin proyecto**	**Con proyecto**
Nodos	314	337	379
Área (ha)	4231,67	4729,75	4805.42

Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ Análisis de la métrica dPC Intra

El componente dPCintra, que expresa la contribución intrínseca de cada parche a la conectividad a partir de su propia área disponible, en el escenario multitemporal (2016) evidencia un patrón dominado por parches de gran tamaño que concentran los valores más altos. En este escenario, los parches núcleo particularmente los ID: 217, 176, 239 y 50 registran los valores máximos del índice, superando ampliamente al resto del sistema, lo que refleja la presencia de grandes unidades de hábitat continuo con alta estabilidad estructural. El valor máximo identificado para este periodo corresponde al parche ID 176 con 0,40, consolidándose como un nodo crítico dentro del paisaje (**Figura 3-42**).

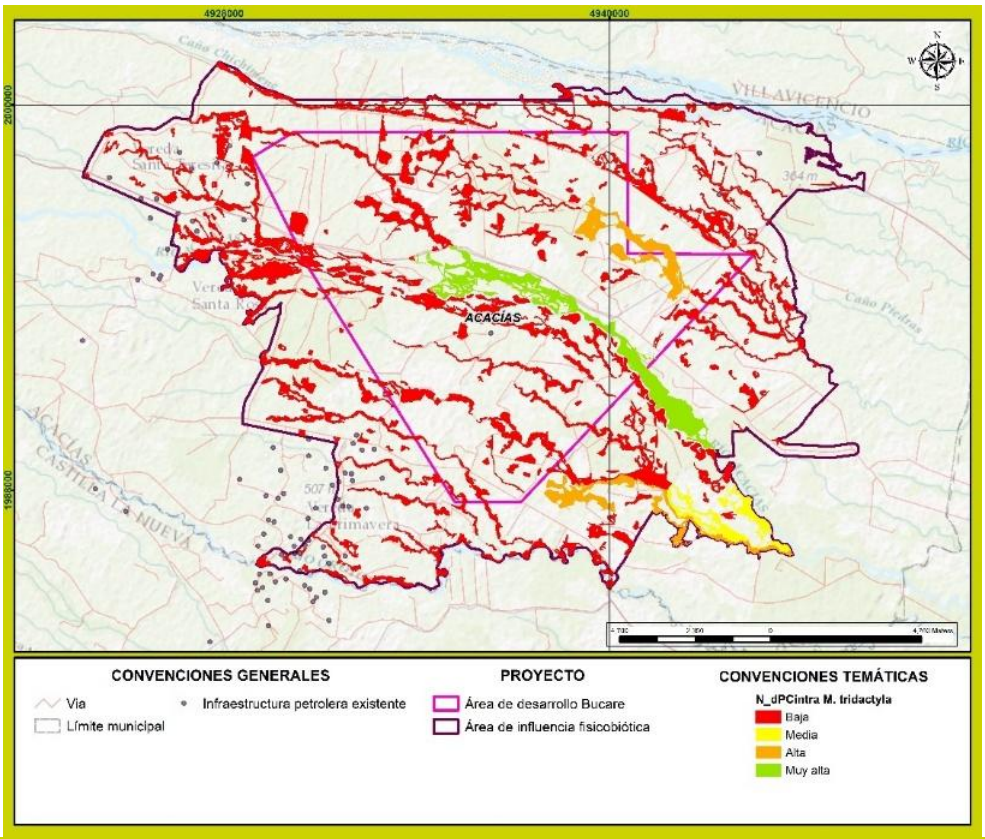


Figura 3-42 Métricas de dPC intra para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario multitemporal
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Para el escenario sin proyecto (2024), el dPCintra presenta una disminución moderada en los parches principales y en el valor máximo registrado. El parche de mayor contribución alcanza un valor de 0,27 (ID: 179), inferior al máximo observado en 2016. Aunque los parches más extensos mantienen su papel como proveedores de hábitat, la reducción en sus valores refleja la fragmentación acumulada entre 2016 y 2024. En contraste, surgen múltiples parches nuevos con dPCintra igual o cercano a cero; sin embargo, debido a su tamaño reducido, no compensan la funcionalidad perdida en los parches más grandes. Este patrón coincide con la tendencia general del paisaje hacia una mayor atomización sin aumento real en la calidad del hábitat (**Figura 3-43**).

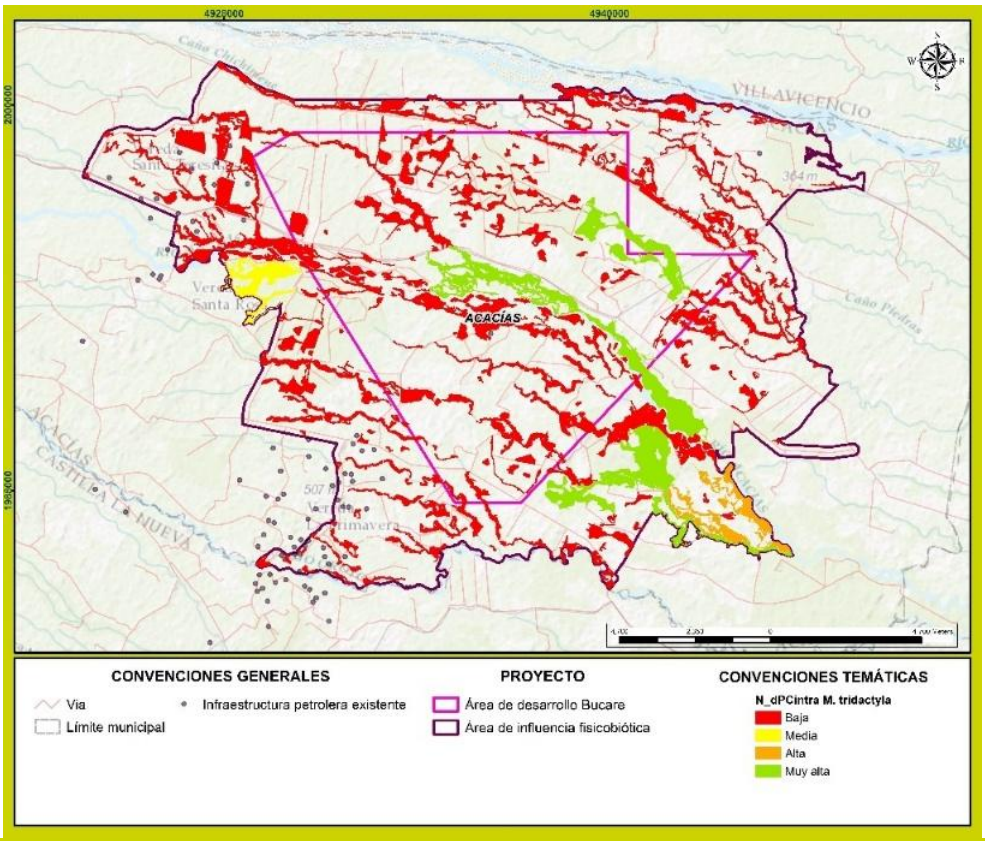


Figura 3-43 Métricas de dPC intra para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario sin proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Al comparar el escenario sin proyecto con el escenario con proyecto, los valores de dPCintra presentan una disminución leve, con variaciones pequeñas en los parches mayores y un comportamiento estable en los parches intermedios y pequeños. El valor máximo reportado en el escenario con proyecto fue de 0,21 el cual evidencia una ligera disminución (**Figura 3-44**).

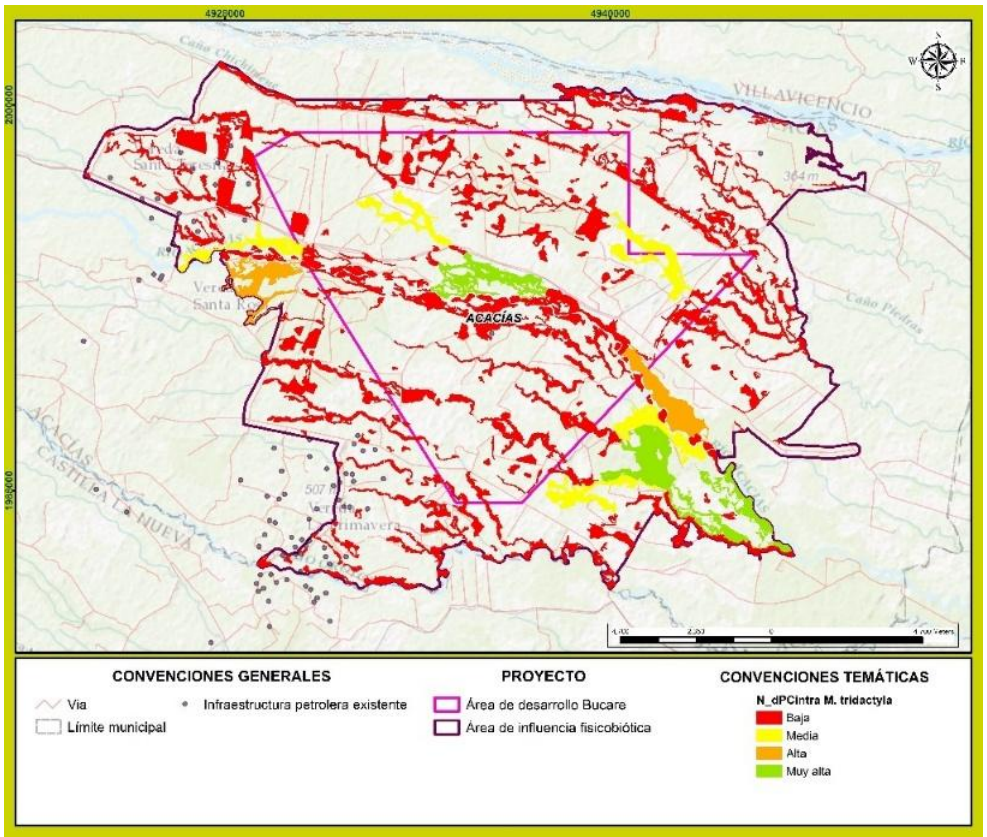


Figura 3-44 Métricas de dPC intra para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario con proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ Análisis de la métrica dPCFlux

El indicador dPCflux, que mide la capacidad de los parches para facilitar flujos de conectividad hacia otros nodos del paisaje, evidencia patrones funcionales coherentes con la estructura espacial del hábitat. Durante el escenario multitemporal (2016), los parches con mayor contribución corresponden a unidades extensas y estratégicamente posicionadas, destacándose nuevamente los IDs 217, 176, 239 y 50, que superan ampliamente el valor del resto de parches. El valor máximo registrado para este escenario pertenece al parche ID 217 con 10,68, confirmando su rol como nodo esencial para la movilidad ecológica (**Figura 3-45**).

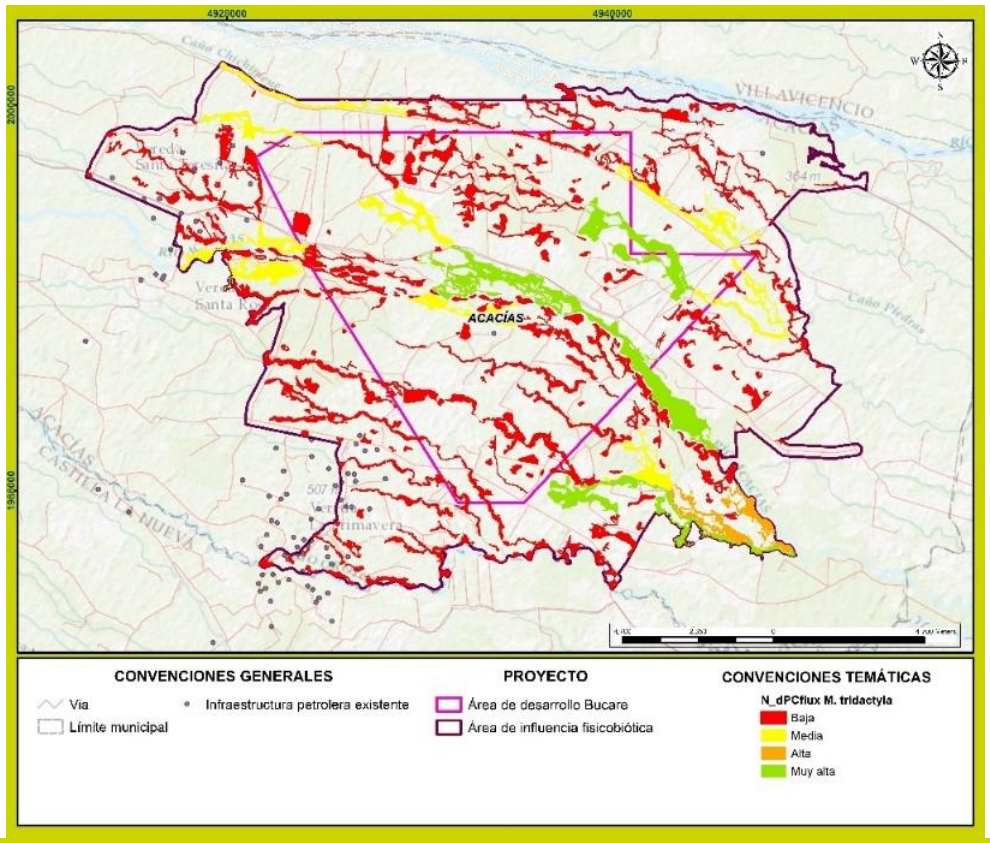


Figura 3-45 Métricas de dPC flux para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario multitemporal
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En el escenario sin proyecto (2024), se observa una reducción generalizada del dPCflux, incluyendo el valor máximo (9,84) que desciende respecto a 2016. Aunque los parches principales mantienen su papel funcional dentro de la red, su capacidad para irradiar conectividad disminuye ligeramente. El surgimiento de nuevos fragmentos de menor tamaño incrementa el número de parches con valores muy bajos de flux, pero estos no aportan flujos de movilidad relevantes debido a su ubicación periférica o su reducido tamaño (**Figura 3-46**).

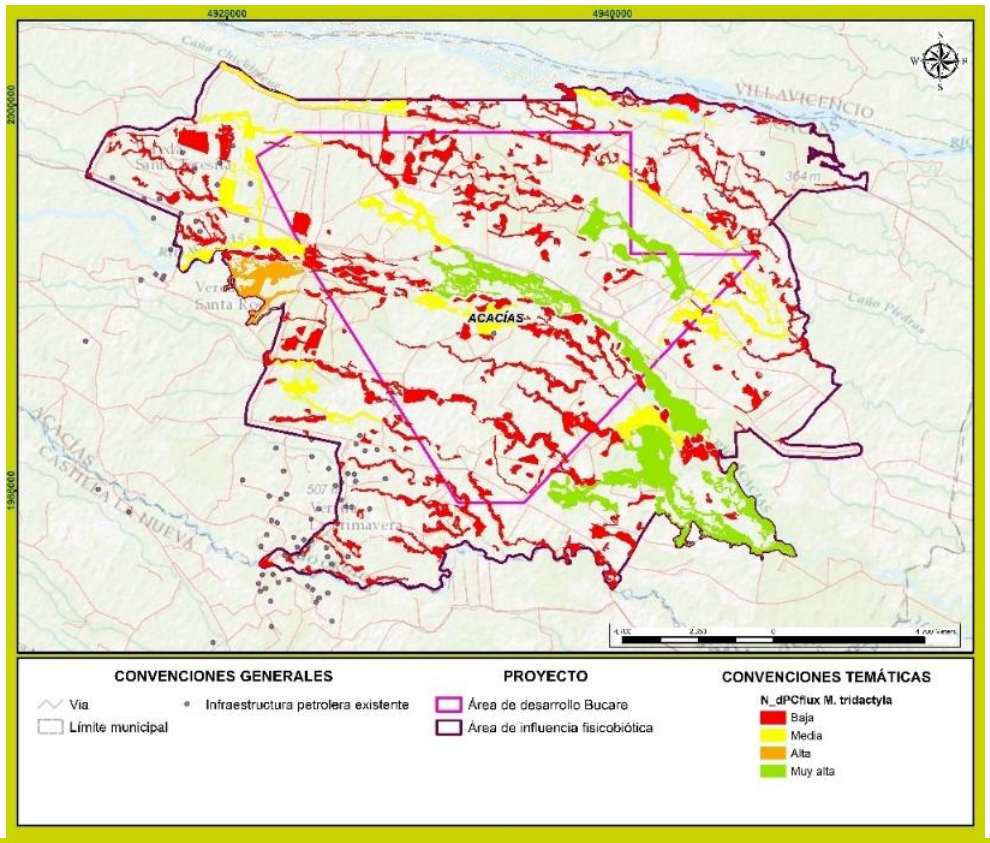


Figura 3-46 Métricas de dPC flux para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario sin proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Al comparar el escenario sin proyecto con el escenario con proyecto, los cambios en el dPCflux son leves. El valor máximo en el escenario con proyecto (8,74) continúa siendo inferior al observado en 2016 (10,68) y al escenario sin proyecto (9,84), lo que indica que la funcionalidad primaria de los parches mayores presenta una ligera reducción. En conjunto, el dPCflux refleja una dinámica de cambio moderada asociada principalmente a las transformaciones del paisaje (**Figura 3-47**).

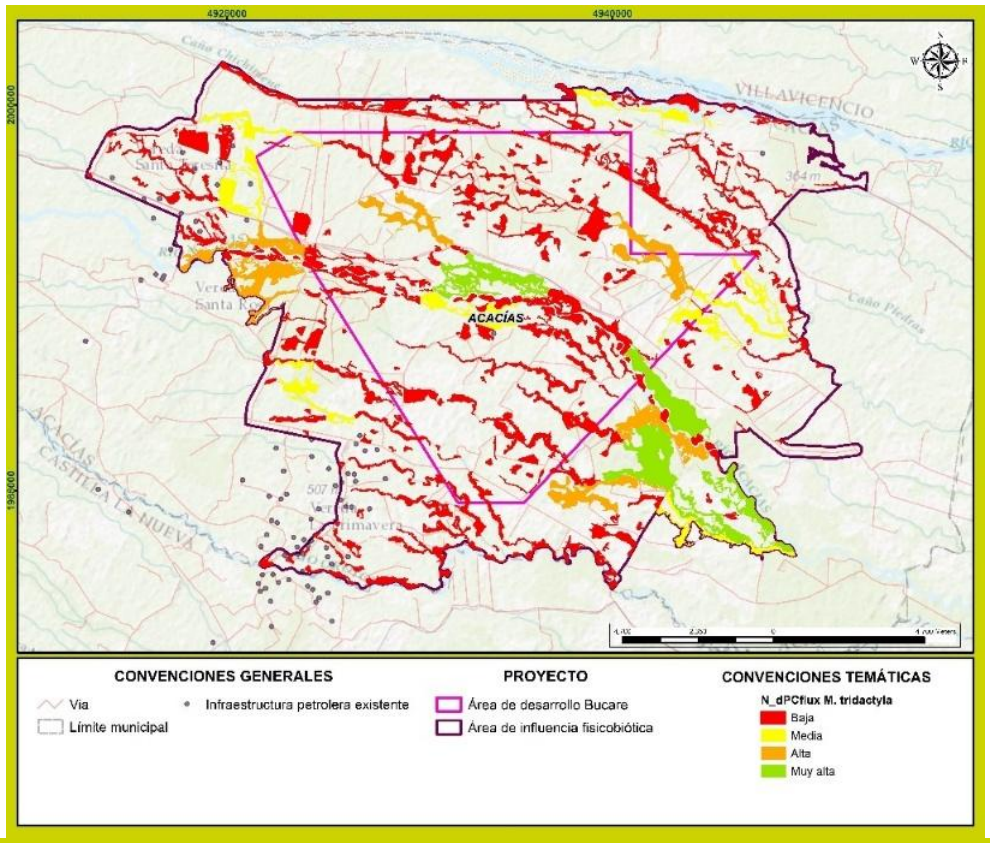


Figura 3-47 Métricas de dPC flux para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario con proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ Análisis de la métrica dPCConnect

El componente dPCconnect, asociado al rol de cada parche como conector o punto de enlace dentro de la red ecológica, muestra diferencias estructurales relevantes entre los tres escenarios evaluados. En el escenario multitemporal (2016), los valores máximos se presentan en un número reducido de parches localizados estratégicamente, destacándose los parches ID 217 y 244, que actúan como conectores clave y presentan valores de 4,60 y 4,37 respectivamente (**Figura 3-48**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

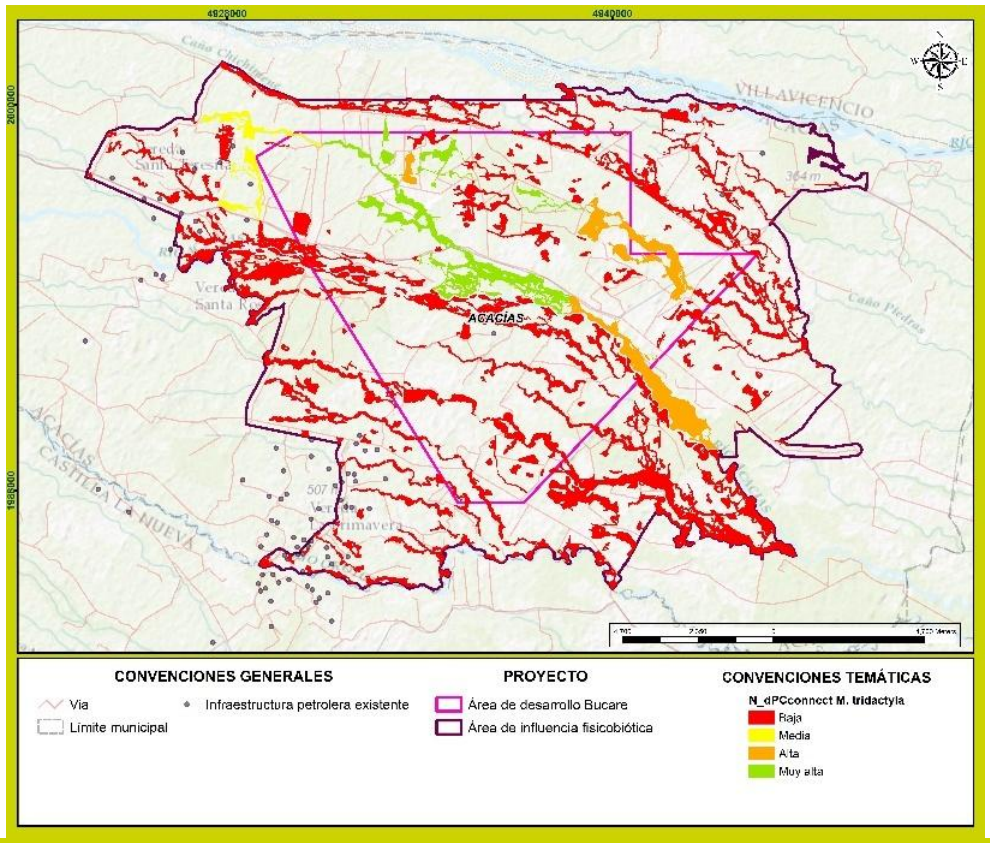


Figura 3-48 Métricas de dPC connect para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario multitemporal
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En el escenario sin proyecto (2024), se registra una disminución en el número de parches con valores altos de dPCconnect (4,27 y 2,07 en los parches ID 179 y 223) evidenciando que el valor máximo se redujo a 4.27, la disminución del número de parches con roles clave indica que la estructura de conectividad se ha vuelto más dependiente de nodos específicos, lo que puede reflejar una red más frágil ante cambios o interrupciones puntuales. Adicionalmente, aparecen numerosos parches con valores bajos (incluyendo valores cercanos a cero), producto del incremento multitemporal de la fragmentación (**Figura 3-49**).

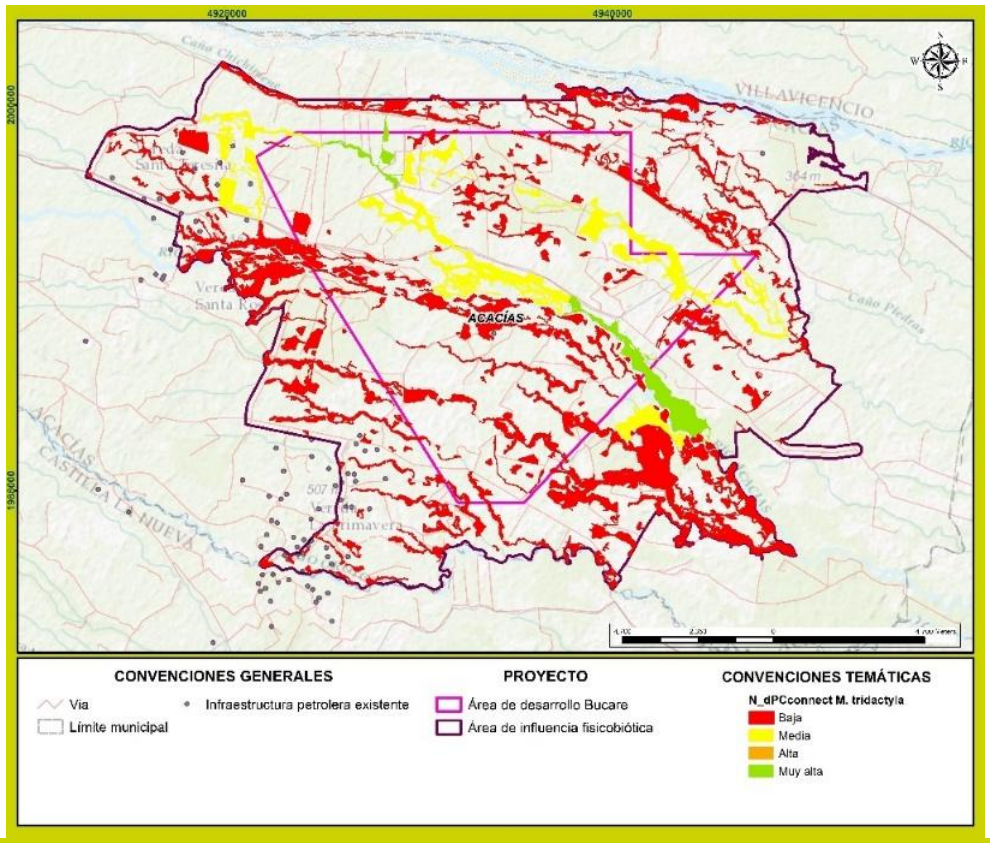


Figura 3-49 Métricas de dPC connect para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario sin proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Al evaluar el escenario con proyecto (2024), se observa un ajuste funcional: el número de parches con dPCconnect mayores a cero aumenta a 251 (Escenario sin proyecto: 210), y los valores máximos se reducen ligeramente, alcanzando 3,19 unidades. Los parches más relevantes en este escenario corresponden a los IDs 158, 353 y 298 todos con valores superiores a 1. Esto indica que, más que reducir la conectividad estructural, el escenario con proyecto genera una redistribución del rol conector dentro de la red. Los nodos claves no desaparecen, sino que se reorganizan espacialmente, ampliando la cantidad de parches que participan en el sostenimiento de enlaces funcionales. Este comportamiento sugiere que la estructura general de la red mantiene su coherencia ecológica, aun cuando la localización precisa de los parches con mayor importancia funcional se modifica ligeramente (**Figura 3-50**).

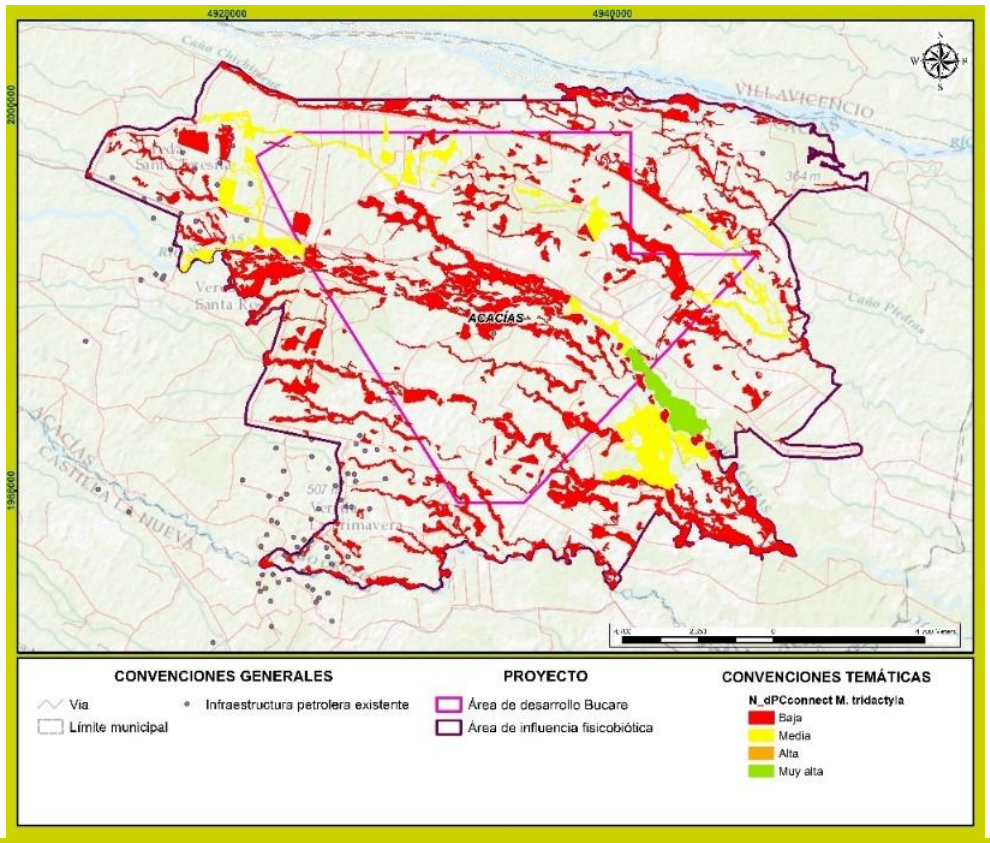


Figura 3-50 Métricas de dPC connect para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario con proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

- ✓ Análisis de la métrica dPC

El análisis comparativo del índice de conectividad dPC entre el escenario multitemporal (2016) (**Figura 3-51**) y el escenario sin proyecto (2024) evidencia cambios significativos en la estructura funcional del paisaje. En el escenario multitemporal se observa un sistema ecológico mejor articulado, caracterizado por la presencia de un número reducido de parches de gran tamaño que concentran los valores más altos de dPC (ID: 217, 176, 239, 50) superiores a un puntaje de 10. Estos parches funcionan como núcleos de conectividad esenciales y sostienen una proporción importante de la probabilidad total de conexión del hábitat. La distribución del dPC en 2016 muestra una jerarquización clara: los parches núcleo con un valor máximo de 15,60 unidades (ID: 217), mientras que los parches intermedios mantienen aportes moderados y los fragmentos pequeños conforman una matriz periférica que, aunque contribuye individualmente de forma marginal, refuerza la conectividad fina del paisaje.

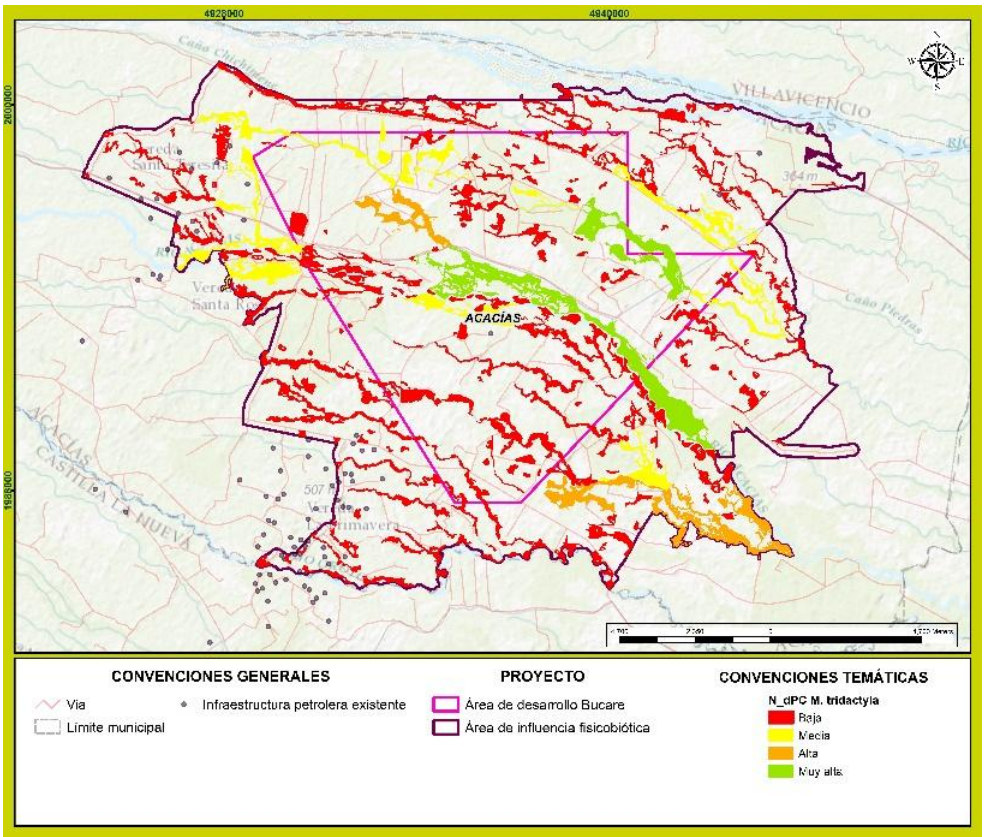


Figura 3-51 Métricas de dPC para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario multitemporal
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En contraste, el escenario sin proyecto de 2024 muestra una reducción generalizada del dPC total (234,96) respecto al escenario multitemporal (247,66), tanto en los parches principales como en los elementos secundarios del sistema. Los parches de mayor área que en el escenario multitemporal registraban los valores más altos de dPC muestran, en el escenario sin proyecto, una ligera disminución en su contribución relativa a la conectividad, alcanzando un valor máximo de 14,39 puntos. Este ajuste indica una variación moderada en la funcionalidad ecológica de los nodos estructuralmente más relevantes del paisaje. En consecuencia, la probabilidad de que se mantengan flujos de movimiento entre los parches más grandes disminuye, debilitando la integridad de la red ecológica.

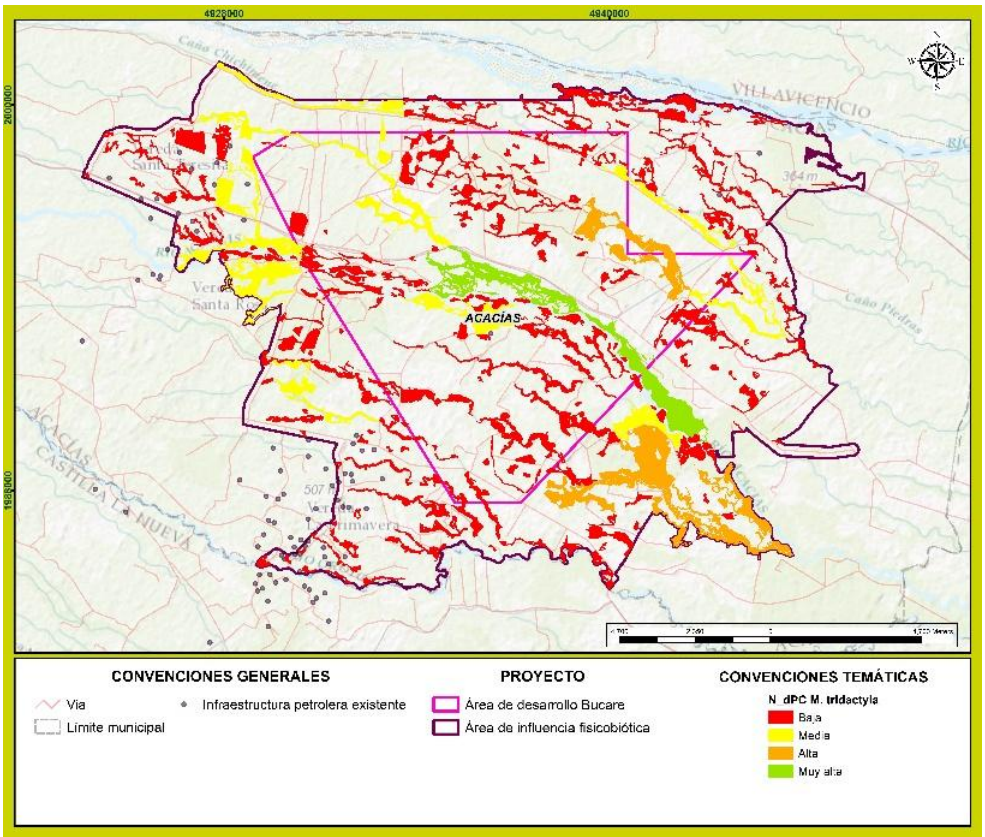


Figura 3-52 Métricas de dPC para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario sin proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Un aspecto relevante del escenario sin proyecto es la aparición de numerosos parches nuevos con valores de dPC extremadamente bajos (23). Estos fragmentos no compensan la pérdida funcional registrada en los parches mayores, ya que su tamaño reducido y su ubicación aislada limitan su capacidad para actuar como conectores o como elementos que faciliten el movimiento de la fauna. La mayor cantidad de fragmentos pequeños es una evidencia clara del incremento de la fragmentación del paisaje, pero no una mejora funcional: aunque aumenta el número de parches, su aporte al dPC total disminuye.

Al comparar el índice de conectividad dPC total entre el escenario sin proyecto y el escenario con proyecto, se observa una reducción leve en la conectividad funcional del paisaje. El escenario sin proyecto presenta un dPC total de 234,96**,** mientras que el escenario con proyecto desciende a 232,56, lo cual indica una disminución (**Figura 3-53**).

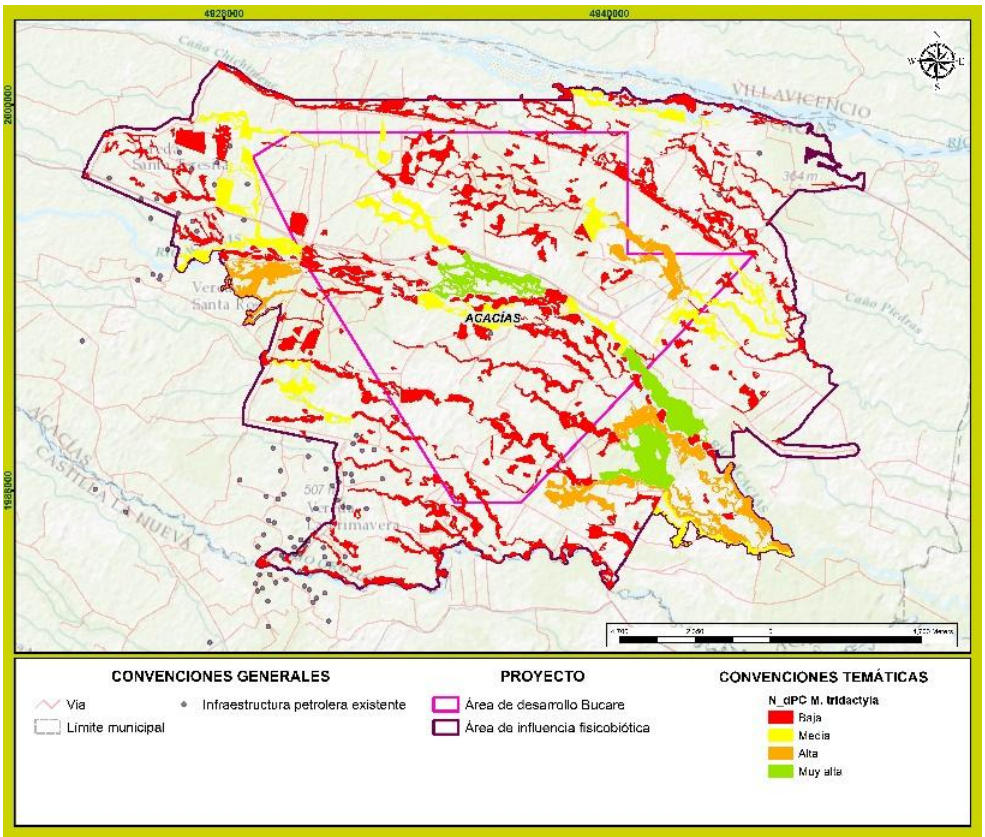


Figura 3-53 Métricas de dPC para la especie *Myrmecophaga tridactyla* en el escenario con proyecto
Fuente: SGI S.A.S, 2025

✓ Análisis ECA

En el escenario multitemporal, el Área Conectada Equivalente (ECA) para *Myrmecophaga tridactyla* fue de 3.661,07 ha, valor que representa el nivel de conectividad funcional disponible en el paisaje hacia el año 2016. Este resultado refleja una configuración histórica dominada por bosques, herbazales y coberturas abiertas intercaladas con parches de vegetación natural, las cuales, aun bajo condiciones de fragmentación, permitían la movilidad de una especie terrestre, de desplazamiento continuo y con amplios requerimientos espaciales, cuya conectividad depende más de la permeabilidad de la matriz que de la existencia de corredores estrictamente boscosos.

En el escenario sin proyecto, el ECA aumenta a 4.227,60 ha, evidenciando un incremento funcional de 566,53 ha respecto al multitemporal. Este aumento se explica principalmente por una mejora en la conectividad efectiva de la matriz, asociada a la expansión y maduración de coberturas de vegetación secundaria, estabilización de herbazales y mayor continuidad de sabanas, lo cual reduce barreras funcionales para el desplazamiento terrestre de la presente especie focal. En este escenario, la conectividad no depende tanto del tamaño de parches núcleo, sino de la continuidad espacial de áreas abiertas funcionales, coherente con la ecología de la especie.

Para el escenario con proyecto, el ECA desciende a 4.038,73 ha, lo que representa una reducción de 188,87 ha respecto al escenario sin proyecto. Esta disminución se asocia a la introducción de elementos lineales que generan segmentación local del espacio de movimiento, incrementando la longitud de los recorridos funcionales y reduciendo la eficiencia del desplazamiento terrestre. No

obstante, esta reducción no implica una pérdida sustancial de conectividad, dado que el valor de ECA permanece por encima del escenario multitemporal (4.038,73 ha frente a 3.661,07 ha), indicando que la conectividad funcional del paisaje sigue siendo favorable para la especie.

Tabla 3-8 Índice ECA para el escenario multitemporal (2016) sin proyecto (2024) y con proyecto para la especie *Myrmecophaga tridactyla*

Especie	ECA ha Multitemporal (2016)	ECA ha Sin proyecto (2024)	ECA ha Con proyecto
Myrmecophaga tridactyla	3661.07	4227.60	4038.73

Fuente. SGI S.A.S., 2025

En conjunto, la tendencia observada sugiere que la conectividad funcional de *Myrmecophaga tridactyla* responde principalmente a alteraciones en la continuidad de la matriz más que a la fragmentación de parches núcleo. En el escenario con proyecto, las reducciones del ECA se originan por la interrupción del espacio de desplazamiento terrestre generada por infraestructuras lineales, las cuales introducen barreras iniciales al movimiento. Sin embargo, debido a su ancho reducido y a la capacidad de la especie para utilizar coberturas abiertas y bordes, estos efectos pueden atenuarse progresivamente mediante procesos de revegetalización, estabilización de suelos y manejo del mantenimiento, favoreciendo la recuperación de la permeabilidad del paisaje y la funcionalidad del sistema a mediano plazo.

- **Ruta de menor costo**

La conectividad ecológica está intrínsecamente relacionada con el acceso de las especies a sus hábitats y recursos esenciales para completar sus ciclos de vida, así como con su capacidad de desplazamiento frente a cambios abruptos en factores ecológicos (Primack et al., 1998; Kappelle et al., 1999, citado en Arias, 2008). Este movimiento puede darse por razones diversas, como actividades locales diarias, procesos de dispersión asociados a la reproducción o migraciones más amplias (Forman, 1995).

El costo de viaje hace referencia a las limitaciones que impone la matriz del paisaje al movimiento de los organismos (Zuluaga, Vásquez, & Mazo, 2017). Para identificar rutas de menor costo, se realizó una revisión de las especies registradas durante la fase de campo, seleccionando aquellas que cuentan con información suficiente sobre movilidad, hábitat y rangos de distribución, además de presentar algún grado de amenaza o vulnerabilidad.

El análisis de rutas de menor costo fue llevado a cabo en dos momentos con el objetivo de establecer una comparación entre un escenario Sin proyecto y un escenario Con proyecto para de esta manera, evaluar los potenciales cambios en la movilidad de las especies focales.

- ✓ *Plecturocebus ornatus*

De acuerdo con la matriz de resistencia construida para el zocay (ver **Figura 3-54** y **Figura 3-55**), se observa que el paisaje, en términos generales, se comporta como una matriz hostil, dominada por áreas abiertas o altamente antropizadas que reducen de manera significativa la permeabilidad para el desplazamiento de la especie. Las zonas representadas en tonalidades rojas corresponden a sectores donde el movimiento se ve más restringido, asociados principalmente a coberturas como pastos, herbazales abiertos, zonas agrícolas extensivas, infraestructura vial y áreas industriales, entre otras. Estos espacios carecen de continuidad arbórea y presentan altos niveles de perturbación, lo que dificulta el tránsito arbóreo y obliga a la especie a evitar estos entornos o a realizar desplazamientos subóptimos.

En contraste, las áreas en color naranja representan zonas con una resistencia intermedia, donde el movimiento es posible, pero con limitaciones.

Este patrón se observa principalmente en coberturas de palma de aceite, que, a pesar de poseer estratos arbóreos, presentan baja heterogeneidad estructural y se encuentran sometidas a actividades antrópicas constantes. Esto reduce su funcionalidad como corredores, ya que la especie depende de elementos verticales diversos y conectados que faciliten el tránsito sin exponerse a espacios abiertos.

Por su parte, las áreas en verde señalan los sectores más favorables para la movilidad del zocay, correspondientes a coberturas naturales o seminaturales que brindan soporte estructural para el desplazamiento arbóreo. Estas coberturas principalmente bosques de galería, bosques densos y vegetación secundaria en estados avanzados de sucesión ofrecen continuidad del dosel y mayor disponibilidad de refugio, lo que genera una menor impedancia al movimiento y permite que estos fragmentos funcionen como elementos articuladores del flujo dentro del paisaje.

Al comparar los escenarios sin proyecto y con proyecto, se evidencia que las intervenciones proyectadas se ubican, en su mayoría, sobre áreas que ya presentan por sí mismas una elevada resistencia al movimiento, es decir, sectores donde la movilidad del zocay es limitada incluso en ausencia del proyecto. En este sentido, el trazado de las nuevas estructuras se superpone principalmente con zonas de matriz abierta o transformada, reduciendo la probabilidad de generar incrementos significativos en el costo funcional del recorrido y evitando afectar directamente los sectores más favorables para la conectividad de la especie.

Esta disposición espacial sugiere que, aunque el proyecto introduce nuevos elementos lineales, su incidencia sobre los espacios más sensibles para el movimiento tendería a ser menor, ya que las intervenciones no se concentran sobre los corredores de mayor capacidad de tránsito identificados previamente.

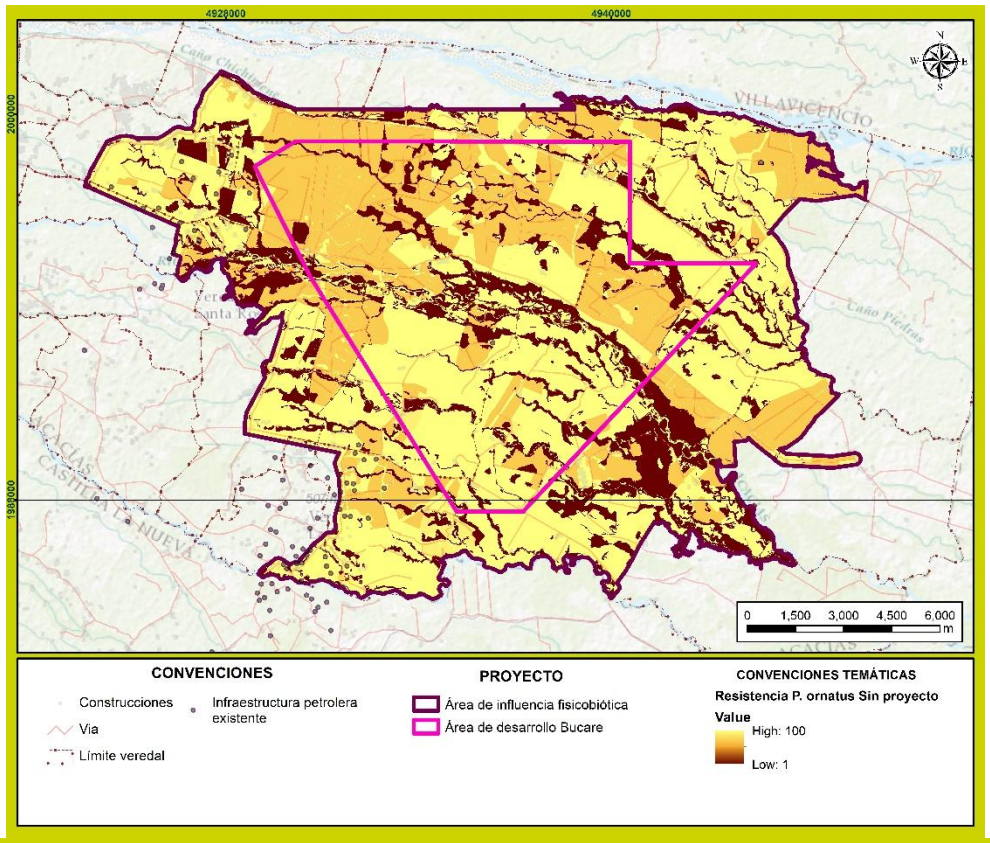


Figura 3-54 Matriz de resistencia para la especie *Plecturocebus ornatus* para el escenario sin proyecto (2016).
Fuente. SGI S.A.S., 2025

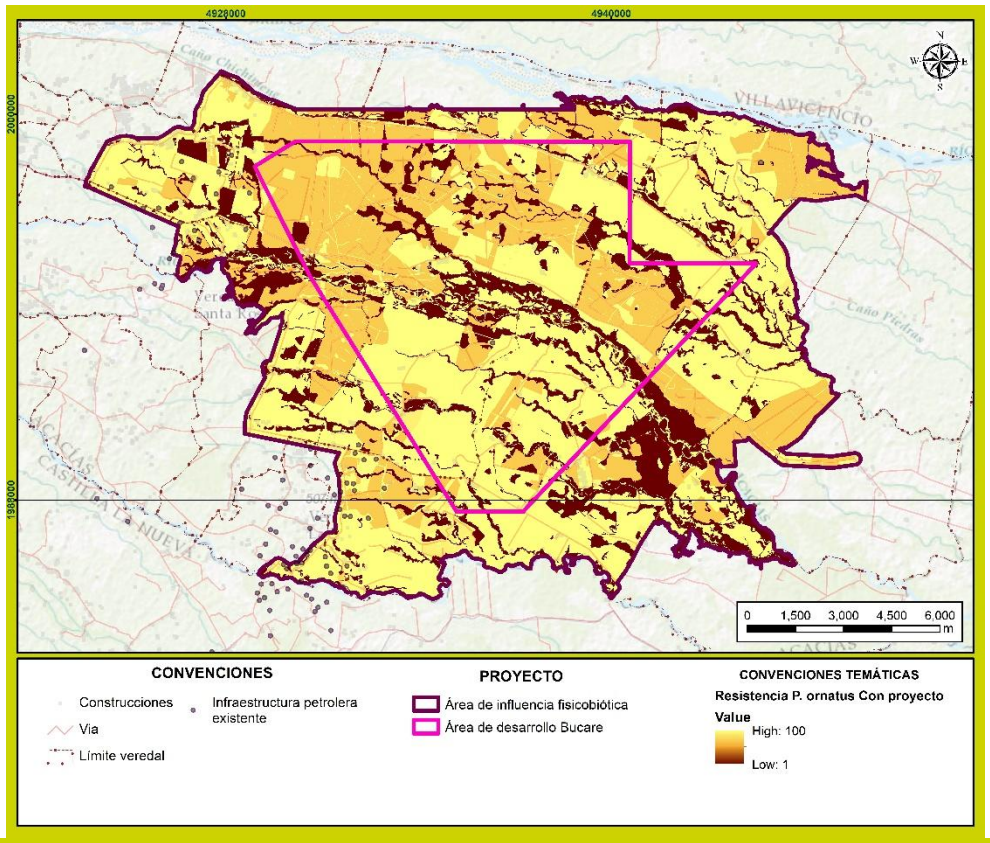


Figura 3-55 Matriz de resistencia para la especie *Plecturocebus ornatus* para el escenario con proyecto.
Fuente. SGI S.A.S., 2025

En el escenario sin proyecto se obtuvieron 441 rutas de menor costo asociadas a 331 parches de hábitat (ver **Figura 3-56**), con longitudes que van desde los 3 metros hasta los 1245 metros. Este rango refleja dos tipos de situaciones claramente diferenciadas. Por un lado, las rutas más cortas se asocian a cruces puntuales entre parches separados únicamente por elementos lineales como vías, canales o ríos. En estos casos, el hábitat óptimo se encuentra prácticamente “frente a frente” en ambos lados de la barrera y el modelo identifica como trayectoria más eficiente aquella que atraviesa el obstáculo en el punto donde el costo es mínimo. En términos ecológicos, estas rutas representan los puntos de cruce más probables dentro de un paisaje que ya se encuentra fuertemente transformado: si existen estructuras de conectividad vertical (árboles contiguos, puentes de copa, pasos de fauna), la especie podría mantener desplazamientos relativamente seguros entre fragmentos; si no existen, se convierten en cuellos de botella donde la movilidad depende de que el individuo se arriesgue a cruzar zonas abiertas o infraestructura lineal.

En el otro extremo, las rutas más largas del escenario sin proyecto corresponden a trayectorias que atraviesan matrices de cultivos de palma de aceite y áreas abiertas, donde el modelo se ve obligado a buscar caminos alternos dentro de una matriz hostil. Aunque estas rutas siguen siendo, por definición, el “camino menos costoso” entre dos parches dados, su longitud y el tipo de coberturas que atraviesan indican que se trata de movimientos de baja probabilidad, asociados a situaciones de presión o necesidad (búsqueda de alimento en periodos críticos, fuga ante perturbaciones locales, reacomodo de individuos cuando el hábitat se satura o se degrada). En otras palabras, el modelo muestra que, aun sin el proyecto, la especie ya se enfrenta a un paisaje donde para conectar algunos parches debe atravesar tramos relativamente largos en matrices poco favorables, especialmente en zonas dominadas por palma de aceite y pastizales.

En el escenario con proyecto se identificaron 523 rutas de menor costo asociadas a 360 parches, con distancias que oscilan entre 3 y 2505 metros (ver **Figura 3-57**). El aumento simultáneo del número de parches y del número de rutas refleja, por un lado, la fragmentación adicional introducida por las obras lineales del proyecto y, por otro, la reconfiguración de los caminos funcionales dentro de la matriz de resistencia. De forma similar al escenario sin proyecto, las rutas más cortas siguen vinculadas principalmente a cruces de barreras lineales como vías, canales y ríos; sin embargo, ahora estos cruces se multiplican porque algunos parches que antes eran unidades continuas pasan a estar subdivididos por la inserción de nuevas líneas de flujo o por el ensanchamiento de la infraestructura existente. En la práctica, esto significa que el modelo identifica más puntos donde, para pasar de un fragmento a otro, la especie tendría que cruzar tramos estrechos de infraestructura o de matriz abierta. Desde el punto de vista de manejo, estos sitios se convierten en localizaciones prioritarias para la implementación de medidas de mitigación, como pasos de fauna o conservación de franjas boscosas de borde, asociadas a los planes de manejo del presente estudio.

Las rutas más extensas del escenario con proyecto se asocian mayoritariamente a tránsitos a través de amplias matrices de palma de aceite y otros usos agropecuarios, muchas de ellas vinculadas a nuevas combinaciones de parches que surgen tras la subdivisión del hábitat. En estos casos, el modelo encuentra conexiones posibles, pero a costa de recorrer distancias mayores sobre coberturas de baja calidad, lo que sugiere desplazamientos de carácter excepcional. El hecho de que la longitud máxima aumente hasta 2505 metros indica que, para algunos pares de parches, el paisaje proyectado obliga a trayectorias más largas y sinuosas que en el escenario sin proyecto, reforzando la idea de que la matriz productiva sigue siendo un factor limitante para la movilidad del zocay.

Al comparar ambos escenarios, se observa que el patrón general de rutas se mantiene: los corredores más importantes siguen ligados a la presencia de remantes boscosos y vegetación secundaria de buena calidad, mientras que las matrices de pastos y cultivos continúan actuando como fondo hostil donde solo se configuran rutas de baja probabilidad. Sin embargo, el escenario con proyecto introduce dos modificaciones relevantes. En primer lugar, aumenta el número total de rutas porque la fragmentación de algunos parches grandes genera unidades más pequeñas que, al quedar próximas entre sí, originan nuevas rutas de menor costo hacia parches vecinos. Se trata de conexiones a escala muy local que, aunque pueden mantener cierto grado de cohesión estructural, lo hacen sobre fragmentos de menor tamaño y, por tanto, con menor capacidad de ofrecer hábitat interior. En segundo lugar, una parte de las rutas que antes eran relativamente directas se vuelven más larga, al tener que rodear infraestructuras o bordes donde el costo de tránsito aumenta, lo que podría traducirse en menor frecuencia de uso o en una mayor dependencia de pocos pasos críticos.

Pese a la introducción del proyecto, no se elimina por completo el entramado de rutas identificadas en el escenario sin proyecto. La mayoría de los caminos de menor costo que conectan los principales remanentes boscosos se mantiene, aunque en algunos casos se desdoblan en rutas paralelas o se desplazan ligeramente para esquivar nuevas obras lineales. Esto se explica porque muchas de las infraestructuras proyectadas se sitúan en sectores que ya funcionaban como matriz de difícil tránsito, por lo que el modelo continúa favoreciendo trayectorias apoyadas en los mismos ejes de vegetación ribereña, bosques de galería y manchas de vegetación secundaria que ya operaban como soporte de conectividad. En este sentido, el paisaje con proyecto podría describirse como más subdividido y con rutas en parte reconfiguradas, pero no como un sistema completamente hostil derivado de la intervención.

En términos ecológicos, el aumento de rutas y la generación de nuevos segmentos de menor costo no implican necesariamente una mejora en la conectividad, sino más bien una redistribución de los caminos potenciales bajo un contexto de mayor fragmentación. La especie sigue dependiendo de alginos ejes estructurales asociados a coberturas de buena calidad, mientras que las matrices abiertas y las infraestructuras lineales continúan representando los principales factores limitantes.

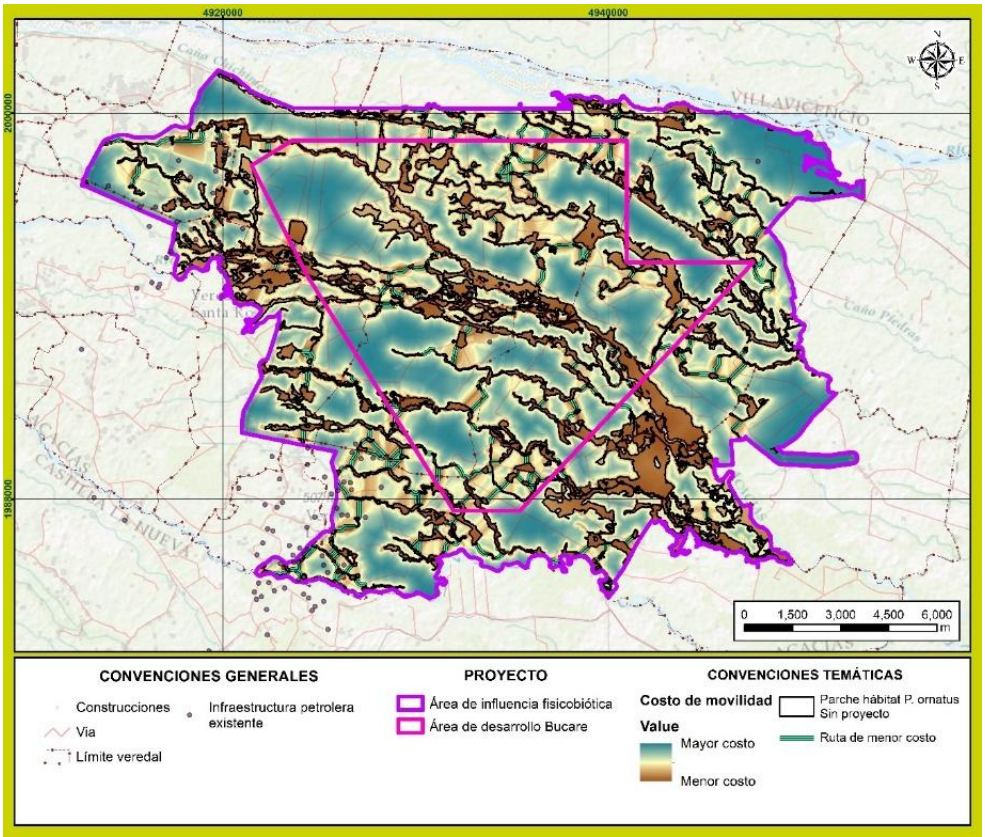


Figura 3-56 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el escenario sin proyecto (2024) para *Plecturocebus ornatus*
Fuente. SGI S.A.S., 2025

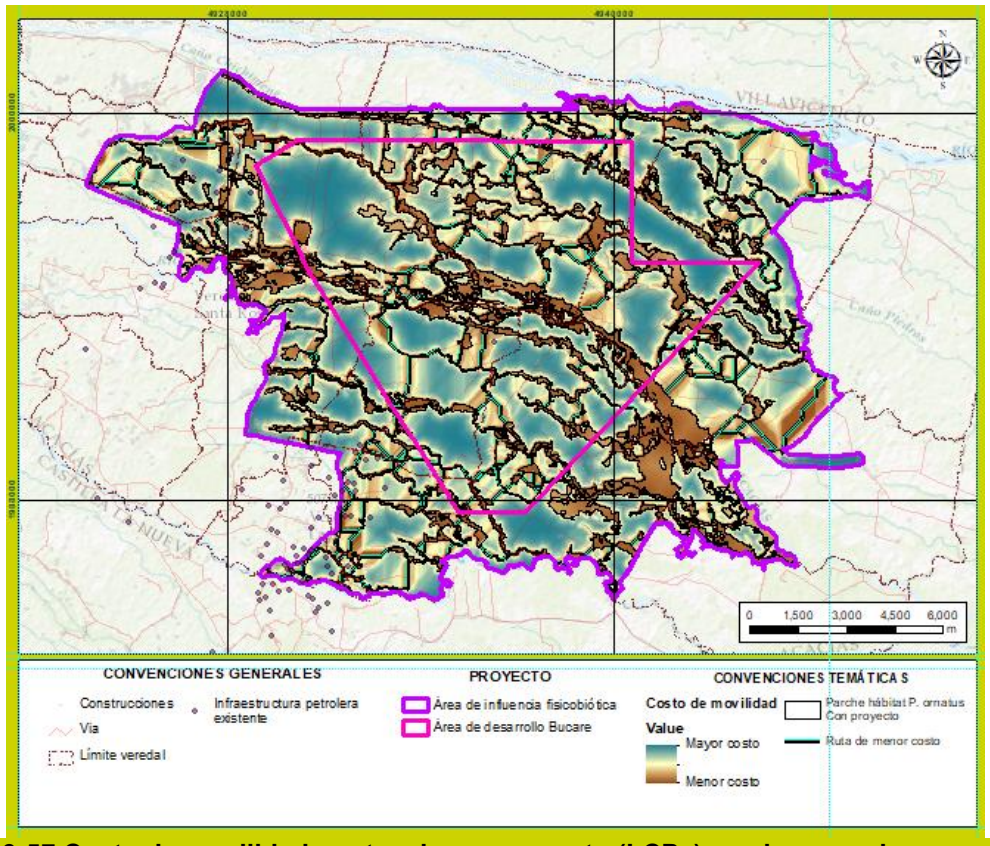


Figura 3-57 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el escenario con proyecto para *Plecturocebus ornatus*
Fuente. SGI S.A.S., 2025

- ✓ *Leopardus pardalis*

Como parte de la evaluación de conectividad funcional para la especie *Leopardus pardalis*, se generaron rutas de menor costo (LCPs) bajo los escenarios con proyecto y sin proyecto con sus respectivas matrices de resistencia (**Figura 3-58**, **Figura 3-59**). Los resultados iniciales indican la presencia de 484 rutas en el escenario sin proyecto y 544 rutas en el escenario con proyecto, lo que representa un incremento neto de 60 rutas. Sin embargo, este aumento no debe interpretarse como una mejora de la conectividad; por el contrario, puede reflejar una mayor fragmentación del paisaje, que obliga al modelo a generar rutas alternativas más largas o menos eficientes para mantener la conexión entre núcleos o parches de hábitat.

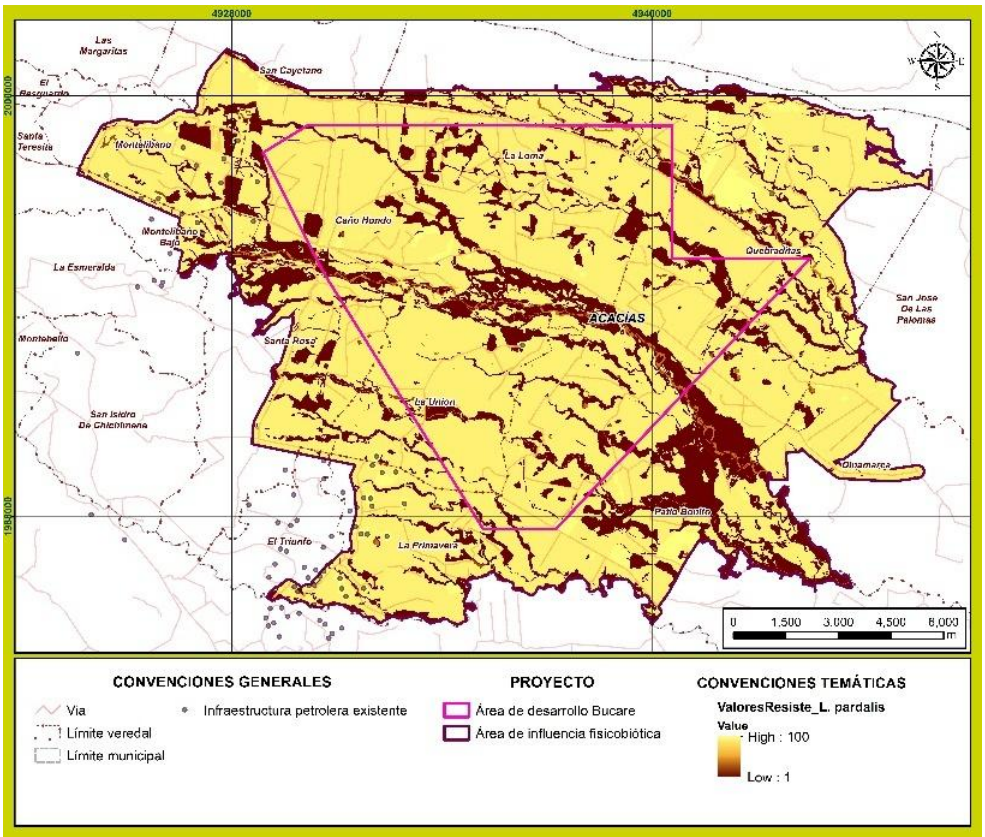


Figura 3-58 Matriz de resistencia para la especie *Leopardus pardalis* para el escenario sin proyecto (2016).
Fuente: SGI S.A.S, 2025

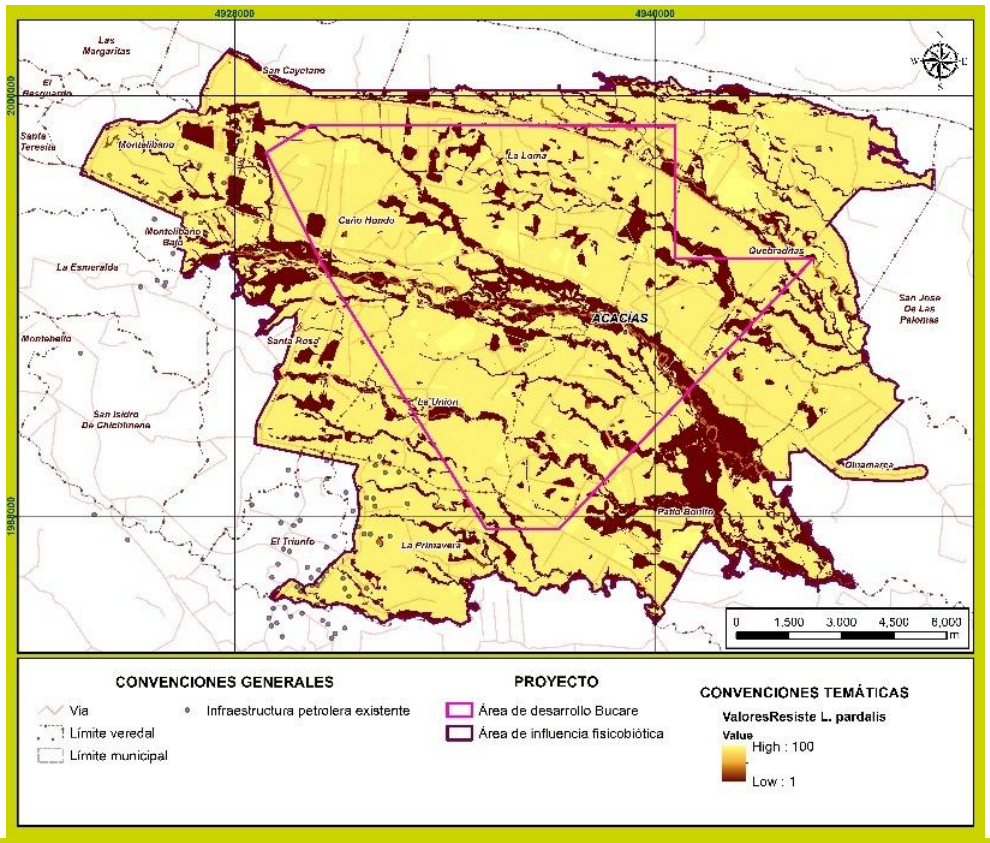


Figura 3-59 Matriz de resistencia para la especie *Leopardus pardalis* para el escenario con proyecto.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

En el escenario sin proyecto se identificaron rutas que conectan distintos núcleos o parches de hábitat definidos para *L. pardalis.* El análisis incluyó métricas clave como la distancia acumulada ponderada por resistencia (CW_Dist), indicador directo de la dificultad del desplazamiento, y el índice cw_to_Euc_Dist_Ratio, que permite estimar el grado relativo de fragmentación del entorno. Se observaron rutas con valores de CW_Dist tan bajos como 3 unidades, asociados a trayectos cortos y altamente favorables, hasta valores superiores a 77,000 unidades (**Figura 3-60**), que reflejan elevados niveles de resistencia acumulada atribuibles a la fragmentación existente en el área de influencia, presencia de infraestructuras y coberturas poco permeables para la especie. De manera complementaria, el índice cw_to_Euc_Dist_Ratio osciló entre 1.5 y más de 100, evidenciando que algunas rutas requieren más de cien veces el esfuerzo que supondría recorrer la distancia equivalente en condiciones ideales, lo que se interpreta como obstáculos funcionales significativos dentro del paisaje.

Con el fin de identificar los corredores más viables ecológicamente, se analizaron las rutas activas del escenario sin proyecto y se seleccionaron aquellas con valores del índice cwd_to_Path_Length_Ratio entre 1 y 10, rango que representa condiciones de eficiencia funcional para el desplazamiento. Este indicador expresa la relación entre la resistencia acumulada y la longitud real del trayecto, permitiendo identificar rutas que ofrecen un movimiento eficiente en términos de permeabilidad del paisaje y esfuerzo energético requerido por la especie. Bajo este criterio se identificaron 52 rutas funcionales en el escenario sin proyecto. Este subconjunto representa las conexiones más eficientes disponibles en el paisaje actual para *Leopardus pardalis*. Los valores obtenidos muestran una distancia euclidiana promedio de 59.1 unidades, con un rango entre 0 y 307 unidades, y una distancia ponderada por resistencia promedio de 431.2, lo cual sugiere

que la mayoría de estas rutas atraviesan paisajes de baja a moderada resistencia, acordes con los requerimientos ecológicos del ocelote, una especie que depende de coberturas densas y baja exposición a áreas abiertas o antropizadas. La longitud de las rutas (LCP_Length) osciló entre 3 y 417 unidades, con un promedio de 99.6, indicando la presencia de corredores funcionales tanto cortos como de extensión media. Asimismo, el índice cwd_to_Path_Length_Ratio presentó un valor promedio de 4.76, reflejando un desempeño eficiente en la mayoría de los casos. Aproximadamente el 42% de las rutas presentó valores ≤ 3, lo que corresponde a condiciones ideales o altamente favorables para el movimiento de la especie.

Estas 52 rutas constituyen la línea base funcional para evaluar los efectos del proyecto sobre la conectividad del paisaje. En el análisis subsecuente se contrastará su permanencia, degradación o pérdida en el escenario con proyecto, permitiendo cuantificar con precisión el impacto del desarrollo propuesto sobre la conectividad ecológica regional.

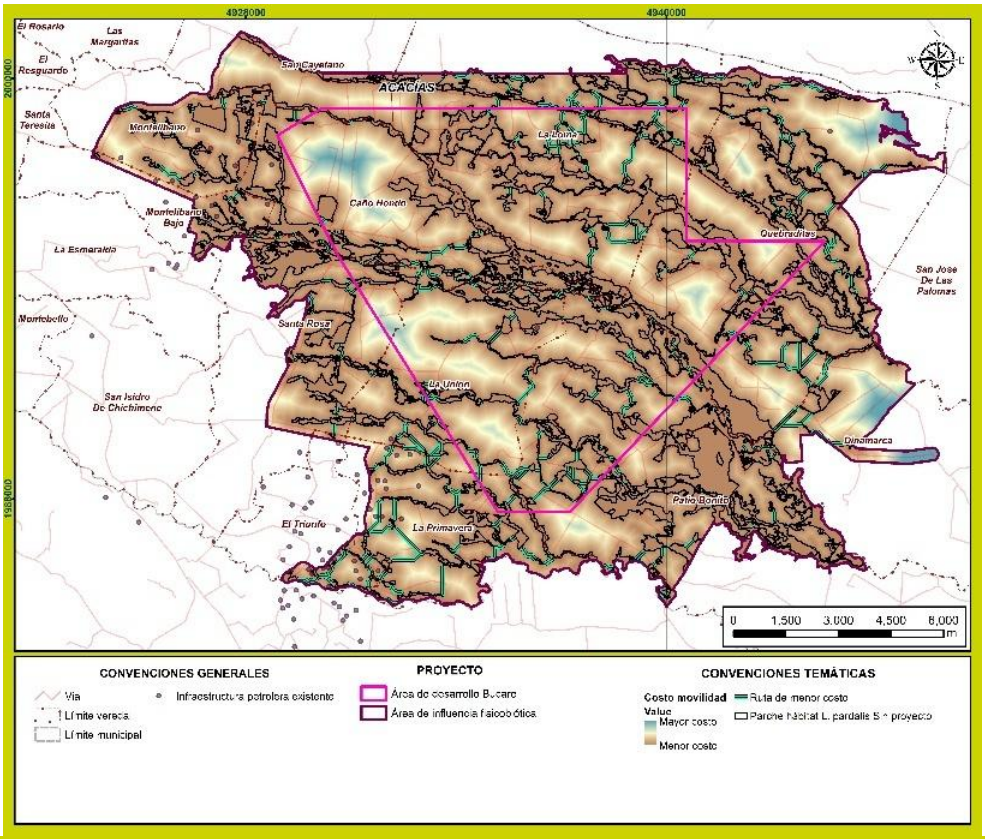


Figura 3-60 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el escenario sin proyecto (2024) para *Leopardus pardalis*
Fuente: SGI S.A.S, 2025

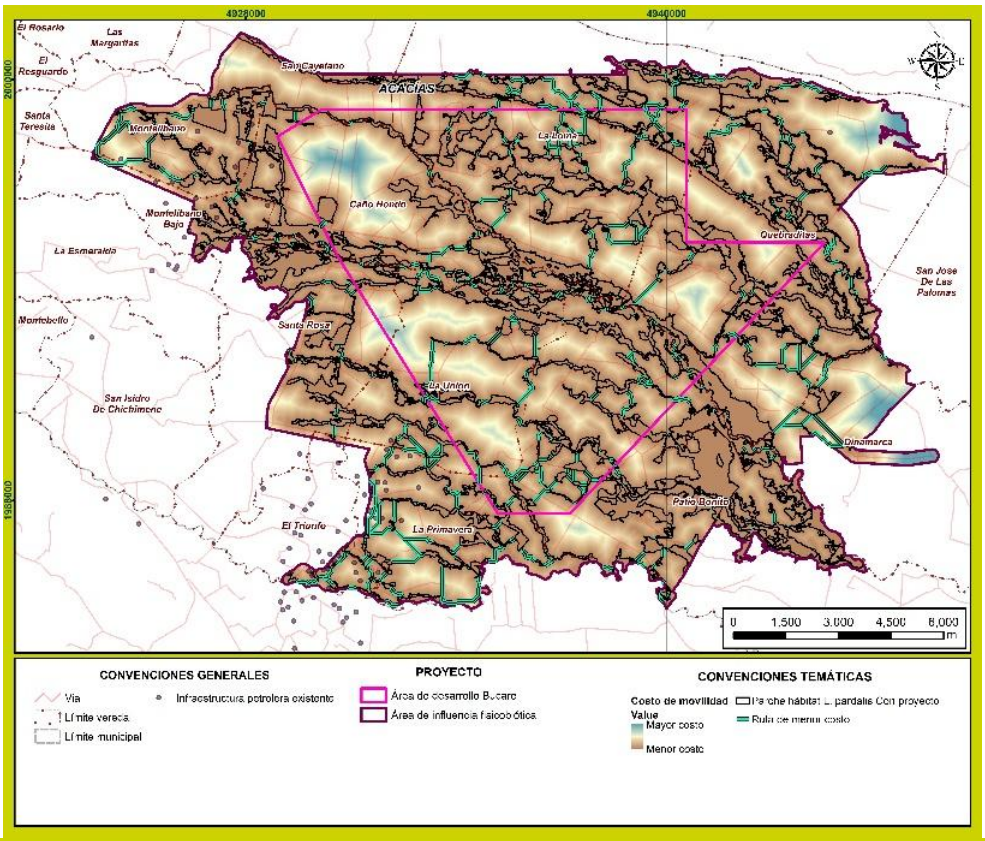


Figura 3-61 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el escenario con proyecto para *Leopardus pardalis*
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Por otra parte, en el escenario con proyecto se generaron numerosas rutas de menor costo, las cuales fueron analizadas en función del índice cwd_to_Path_Length_Ratio, con el fin de evaluar su viabilidad funcional para el desplazamiento de *Leopardus pardalis* (**Figura 3-61**). A pesar de observarse un incremento neto en el número total de rutas generadas, este aumento se asocia principalmente a trayectorias de baja o muy baja eficiencia, resultado de la fragmentación inducida por la intervención propuesta. De las rutas analizadas, solo una proporción limitada (estimada en un 10% del total) presenta valores del índice ≤10, considerados funcionalmente viables. El resto de las rutas se caracteriza por valores superiores a 30, y en muchos casos mayores a 100, lo que representa trayectorias de alto costo relativo que difícilmente serían utilizadas por la especie. En consecuencia, se evidencia una degradación sustancial de la red de conectividad funcional, aun cuando el modelo genera rutas alternativas. Esto refuerza la necesidad de considerar medidas de mitigación o compensación ecológica orientadas a conservar las rutas funcionales más eficientes y restaurar conectividad en los tramos más afectados.

A nivel comparativo entre los dos escenarios, 52 rutas funcionales identificadas en el escenario sin proyecto y las rutas generadas en el escenario con proyecto 47 rutas funcionales, utilizando como criterio de cruce los pares From_Core – To_Core y evaluando el índice cwd_to_Path_Length_Ratio entre rangos de 1 a 10. Los resultados muestran que el 80.8% de las rutas se mantienen funcionales tras la intervención propuesta, conservando valores del índice menores o iguales a 10. Sin embargo, un 7.7% de las rutas presentan una degradación funcional, al superar el umbral de eficiencia (ratio > 10), lo cual implica un mayor esfuerzo de desplazamiento para la especie. Este resultado evidencia que, aunque la red de conectividad se mantiene en su mayoría, existen ciertes incidencias bajo el escenario con proyecto que podrían cambian la funcionalidad ecológica del paisaje para *Leopardus*

pardalis, los cuales serán consideradas como elementos criterios al momento de la implementación de las medidas de manejo para este impacto (Ficha CGO_PM_09 Manejo de la conectividad ecológico).

Como parte del análisis de conectividad funcional para *Leopardus pardalis*, se calculó un índice de conectividad funcional (ICF) que permite sintetizar, en una sola métrica, la eficiencia promedio del desplazamiento a través de las rutas de menor costo (LCPs) generadas en el modelo. Este índice es especialmente útil para comparar escenarios y valorar impactos potenciales sobre el movimiento funcional de la especie. El ICF se calculó a partir del campo cwd_to_Path_Length_Ratio, que representa la relación entre la distancia acumulada ponderada por resistencia (CWD) y la longitud efectiva de la ruta (Path Length). Esta relación cuantifica el esfuerzo relativo que debe realizar la especie para desplazarse, teniendo en cuenta la permeabilidad del paisaje.
Para cada ruta, se aplicó la siguiente fórmula:

Donde:

n: número total de rutas evaluadas
Rutas con valores de cwd_to_Path_Length_Ratio cercanos a 1 son altamente eficientes
Rutas con valores altos (e.g., >10) indican baja eficiencia funcional

Para el escenario sin proyecto se obtuvieron dos valores relevantes de este índice. En primer lugar, considerando la totalidad de las rutas generadas por el modelo (n = 484), el ICF resultante fue de 0.074, lo que sugiere una conectividad funcional general muy limitada, incluso sin la presencia de una intervención antrópica adicional. Este valor bajo indica que, en su mayoría, las rutas atraviesan zonas con alta resistencia o baja permeabilidad para *Leopardus pardalis*, posiblemente asociadas a usos del suelo conflictivos, fragmentación del hábitat o presencia de infraestructura.

Por otra parte, al filtrar únicamente aquellas rutas consideradas funcionales (con valores de cwd_to_Path_Length_Ratio entre 1 y 10), se identificaron 52 rutas activas con un ICF promedio de 0.483. Este valor evidencia que existe un subconjunto importante de rutas que mantienen condiciones ecológicas favorables para el desplazamiento eficiente de la especie. De hecho, este índice es más de seis veces mayor que el valor promedio general, lo cual destaca la existencia de corredores clave que funcionan como ejes de conectividad dentro del paisaje analizado.

En cuanto al escenario con proyecto, el valor total del ICF fue de 0.0611, calculado sobre la totalidad de rutas generadas. Este valor representa una disminución en la eficiencia funcional global del paisaje, indicando que las rutas promedio en este escenario requieren mayor esfuerzo para ser recorridas por la especie, debido a la introducción de nuevos elementos de resistencia o fragmentación (como infraestructura lineal, pérdida de cobertura permeable, o cambios de uso del suelo). Al aplicar un filtro para identificar únicamente las rutas funcionales, correspondiente a aquellas con valores de cwd_to_Path_Length_Ratio entre 1 y 10, se obtuvo un subconjunto de rutas con un ICF promedio de 0.4527, lo cual representa una conectividad moderada dentro de las rutas aún viables. Aunque este valor sigue siendo aceptable, es inferior al observado en el escenario sin proyecto, lo cual indica una pérdida relativa en la eficiencia de los corredores más favorables.

- ✓ *Myrmecophaga tridactyla*

Como parte del análisis de conectividad funcional para la especie *Myrmecophaga tridactyla,* se generaron rutas de menor costo (LCPs) bajo los escenarios sin proyecto y con proyecto con sus respectivas matrices de resistencia (**Figura 3-62**, **Figura 3-63**), obteniéndose un total de 600 rutas en el primer caso y 692 rutas en el segundo escenario respectivamente. Este aumento de 92 rutas en el escenario con proyecto no debe interpretarse de forma directa como una mejora en la conectividad, sino como un indicio de posible fragmentación o alteración de los parches de hábitat.

La aparición de más rutas puede reflejar que el modelo debió calcular trayectos alternativos ante nuevas barreras o cambios en la matriz de resistencia del entorno (**Figura 3-62**, **Figura 3-63**).

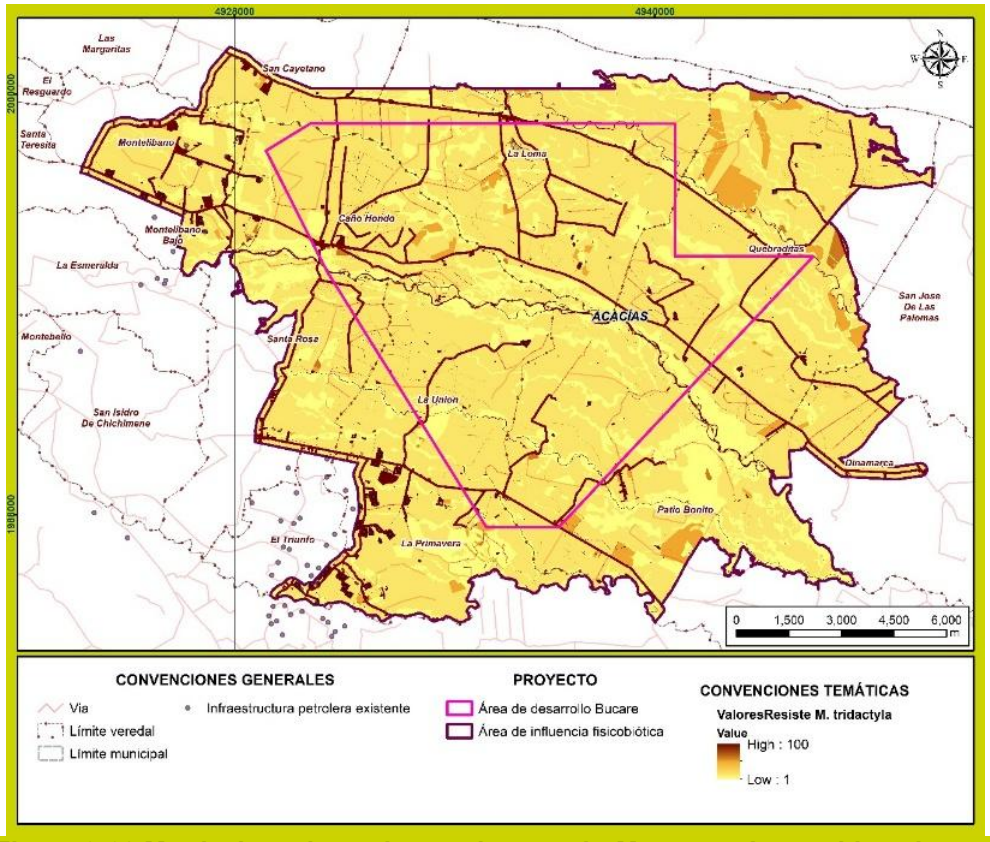


Figura 3-62 Matriz de resistencia para la especie *Myrmecophaga tridactyla* para el escenario sin proyecto (2016).
Fuente: SGI S.A.S, 2025

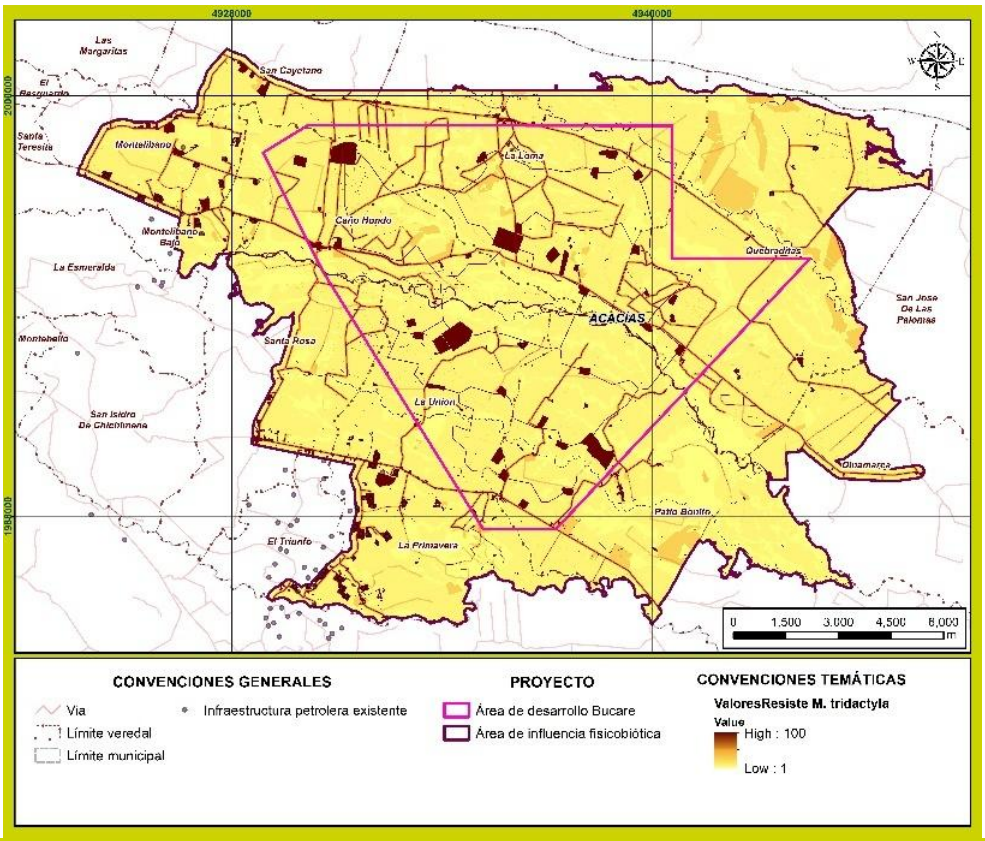


Figura 3-63 Matriz de resistencia para la especie *Myrmecophaga tridactyla* para el escenario con proyecto.
Fuente: SGI S.A.S, 2025

Como parte del estudio de conectividad funcional para *Myrmecophaga tridactyla*, se analizaron 600 rutas generadas bajo el modelo de menor costo (LCPs) en el escenario sin proyecto (**Figura 3-64**). La evaluación se enfocó en el índice cwd_to_Path_Length_Ratio, el cual mide la eficiencia del desplazamiento en términos de resistencia acumulada frente a la longitud efectiva de cada ruta. Valores bajos (cercanos a 1) indican trayectos eficientes, mientras que valores elevados sugieren mayor dificultad o fragmentación del paisaje.

Para cuantificar el nivel general de funcionalidad del paisaje, se calculó el Índice de Conectividad Funcional (ICF) como el promedio de los recíprocos de esta ratio para todas las rutas, obteniéndose un valor de 0,108. Este valor bajo indica que, en promedio, las rutas requieren un esfuerzo energético significativamente mayor que el trayecto en condiciones ideales, lo que sugiere una matriz paisajística fragmentada o con elementos poco permeables para la especie.

Sin embargo, se identificó un subconjunto de rutas funcionales (aquellas con un cwd_to_Path_Length_Ratio entre 1 y 10), en las que el índice de conectividad fue más alto, alcanzando un valor de 0,3878. Estas rutas representan los corredores más viables para el desplazamiento del oso palmero, probablemente asociadas a zonas con coberturas vegetales continuas, baja intervención antrópica o menor densidad de infraestructuras lineales.

En cuanto al escenario con proyecto se generaron un total de 692 rutas de menor costo (LCPs) para *Myrmecophaga tridactyla*, lo que representa un incremento respecto al escenario sin proyecto (600 rutas) (**Figura 3-65**). Se calculó el Índice de Conectividad Funcional (ICF) mediante el promedio de los valores recíprocos del índice cwd_to_Path_Length_Ratio para todas las rutas. Este índice

representa la eficiencia del desplazamiento considerando la resistencia del paisaje y la longitud real del trayecto. En este escenario, el valor de ICF fue 0,0824, lo cual indica una eficiencia funcional ligeramente inferior al escenario sin proyecto (0,108). Este valor bajo sugiere que, en promedio, las rutas siguen presentando obstáculos considerables al movimiento del oso palmero.

Sin embargo, al considerar únicamente las rutas con cwd_to_Path_Length_Ratio entre 1 y 10 —valorado como el rango funcional óptimo—, el ICF se elevó a 0,3352. Aunque este valor también es inferior al del escenario sin proyecto para el mismo subconjunto (0,3878), sigue reflejando una proporción importante de rutas que permiten un desplazamiento eficiente.

En términos generales, el escenario con proyecto generó más rutas (692 frente a 600), pero estas presentaron una ligera reducción en la eficiencia funcional promedio entre los parches de habitat, tanto en el total de rutas como en las consideradas funcionales. Este resultado sugiere que, si bien el proyecto puede haber abierto nuevas rutas de conectividad, estas no necesariamente mejoran la calidad del movimiento para *Myrmecophaga tridactyla*, y podrían estar asociadas a mayor longitud, mayor resistencia acumulada o trayectos alternativos menos óptimos.

En resumen, la conectividad funcional del paisaje se mantiene relativamente estable entre ambos escenarios, con una leve pérdida de eficiencia en el escenario con proyecto. Este hallazgo resalta la importancia de no solo evaluar la cantidad de rutas generadas, sino su calidad ecológica y funcional, especialmente para especies sensibles a la fragmentación como el oso palmero.

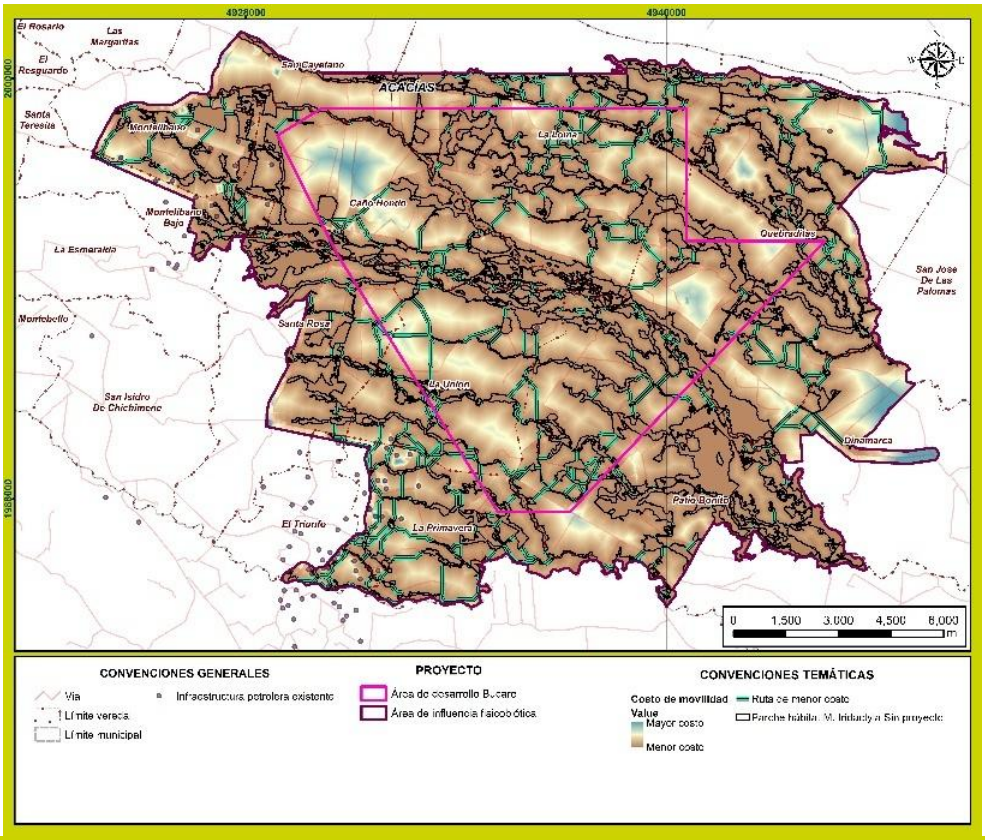


Figura 3-64 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el escenario sin proyecto (2024) para *Myrmecophaga tridactyla*
Fuente: SGI S.A.S, 2025

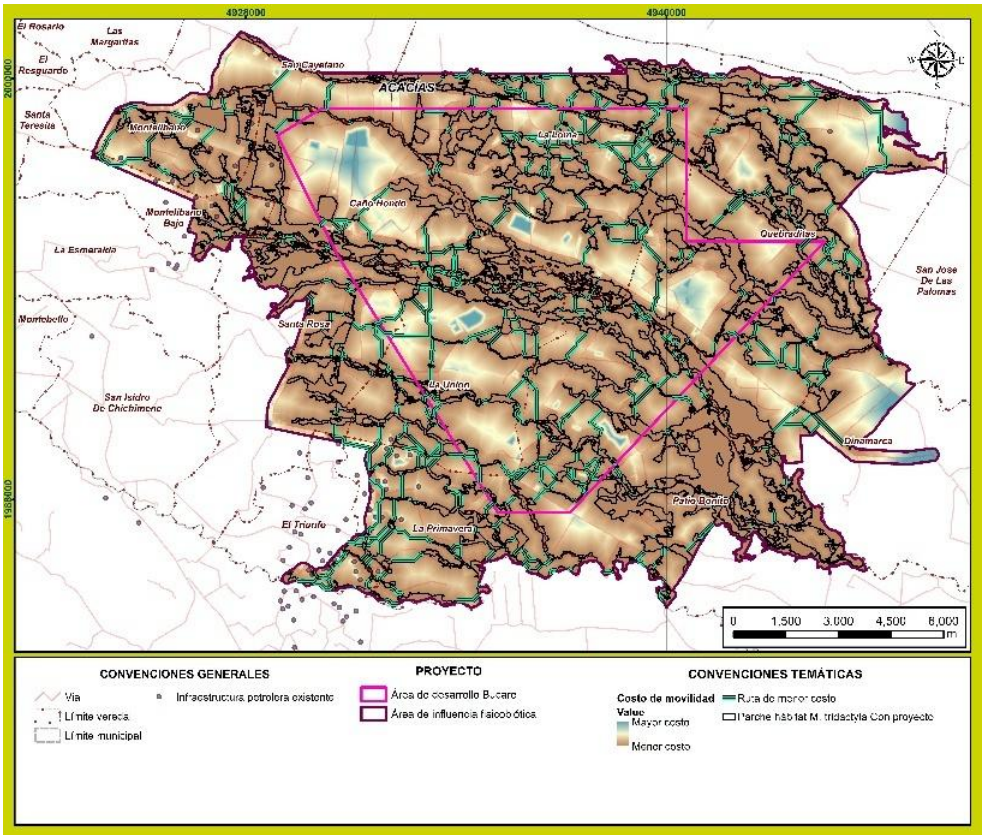


Figura 3-65 Costo de movilidad y rutas de menor costo (LCPs) en el con proyecto para *Myrmecophaga tridactyla*
Fuente: SGI S.A.S, 2025