



**TGI**  
Grupo Energía Bogotá

## AMBIENTAL

### 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO-MEDIO BIÓTICO – ECOSISTEMAS TERRESTRES

#### 3.3.1.4 ANÁLISIS DE FRAGMENTACIÓN Y CONECTIVIDAD

## TABLA DE CONTENIDO

3.	CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....	3
3.3	Medio Biótico .....	3
3.3.1	Ecosistemas Terrestres .....	3
3.3.1.4	Análisis de fragmentación y conectividad .....	3
3.3.1.4.1	Análisis de fragmentación .....	3
3.3.1.4.1.1	Análisis multitemporal de las coberturas de la tierra .....	3
3.3.1.4.1.2	Análisis de fragmentación .....	14
3.3.1.4.1.2.1	Métricas de fragmentación .....	16
3.3.1.4.1.2.2	Análisis de fragmentación a nivel espacial .....	30
3.3.1.4.1.3	Análisis de Conectividad .....	40
3.3.1.4.2	Análisis de conectividad funcional .....	47
3.3.1.4.2.1	Selección de las especies a modelar .....	47
3.3.1.4.2.2	Resultados del análisis de conectividad funcional .....	48
	• Tigrillo lanudo ( <i>Leopardus pardinoides</i> ) .....	48
	◇ Matriz de resistencias para <i>L. pardinoides</i> .....	50
	◇ Corredores de movilidad y áreas núcleo .....	57
	• Gurre ( <i>Dasybus novemcinctus</i> ) .....	61
	◇ Matriz de resistencias para <i>D. novemcinctus</i> .....	63
	◇ Corredores de movilidad - áreas núcleo .....	70
	BIBLIOGRAFÍA .....	73

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 3-1	Coberturas de la tierra año 2014 .....	6
Figura 3-2	Coberturas de la tierra año 2024 .....	7
Figura 3-3	Cambio de las coberturas de tierra en el área de influencia del Proyecto .....	13
Figura 3-4	Tipo de cambio sucedido en el análisis multitemporal .....	14
Figura 3-5	Interior de bosque y tipos de borde .....	31
Figura 3-6	Categorías de fragmentación .....	31
Figura 3-7	Fragmentación a nivel espacial año 2014 - Gradual .....	34
Figura 3-8	Fragmentación a nivel espacial año 2024 - Gradual .....	35
Figura 3-9	Fragmentación a nivel espacial con Proyecto - Gradual .....	36
Figura 3-10	Fragmentación a nivel espacial año 2014 – Pastos enmalezados .....	38
Figura 3-11	Fragmentación a nivel espacial año 2024 – Pastos enmalezados .....	39
Figura 3-12	Fragmentación a nivel espacial con Proyecto – Pastos enmalezados .....	40
Figura 3-13	dPCintra .....	43
Figura 3-14	dPCflux .....	44
Figura 3-15	dPCconnect .....	45
Figura 3-16	dPC .....	46
Figura 3-17	Mapa de resistencias para <i>Leopardus pardinoides</i> sin proyecto .....	55
Figura 3-18	Mapa de resistencias para <i>Leopardus pardinoides</i> con proyecto .....	56

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.3.1. Ecosistemas Terrestres Ver: 00	I
--------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	---

Figura 3-19 Corredores de movilidad y áreas núcleo para *Leopardus pardinoides* sin proyecto .... 58  
 Figura 3-20 Corredores de movilidad y áreas núcleo para *Leopardus pardinoides* con proyecto ... 60  
 Figura 3-21 Mapa de resistencias para *D. novemcinctus* sin proyecto ..... 68  
 Figura 3-22 Mapa de resistencias para *D. novemcinctus* con proyecto ..... 69  
 Figura 3-23 Corredores de movilidad y áreas núcleo para *D. novemcinctus* sin proyecto ..... 70  
 Figura 3-24 Corredores de movilidad y áreas núcleo para *D. novemcinctus* con proyecto ..... 71

### LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1 Criterios utilizados para el análisis multitemporal en el área de influencia del proyecto  
 Estación de Compresión de Gas Palestina..... 5  
 Tabla 3-2 Análisis multitemporal de coberturas para la Estación de Compresión de Gas Palestina. 8  
 Tabla 3-3 Cambios sucedidos en las coberturas de la tierra para el periodo 2014 – 2024 para el  
 área de influencia del proyecto. .... 11  
 Tabla 3-4 Resultados de métricas de clase de fragmentación para las coberturas naturales y  
 seminaturales del área de influencia del Proyecto..... 17  
 Tabla 3-5 Resultados de las métricas de paisaje comprendidas al interior del área de influencia. . 29  
 Tabla 3-6 Categorías de fragmentación espacial (SAGA)..... 32  
 Tabla 3-7 Áreas (ha) categorías de fragmentación para la cobertura Guaduales..... 33  
 Tabla 3-8 Áreas (ha) categorías de fragmentación para la cobertura de pastos enmalezados ..... 37  
 Tabla 3-9 Ficha ecológica de *Leopardus pardinoides* ..... 49  
 Tabla 3-10 Variables analizadas en la identificación de la variabilidad antrópica y ambiental de los  
 corredores ..... 50  
 Tabla 3-11 Valores de resistencia asignados para *L. tigrinus* ..... 52  
 Tabla 3-12 Valores de categorías de matrices de resistencia sin y con proyecto para *L. pardinoides*  
 ..... 54  
 Tabla 3-13 Ficha ecológica de *Dasytus novemcinctus*..... 61  
 Tabla 3-14 Variables analizadas en la identificación de la variabilidad antrópica y ambiental de los  
 corredores ..... 63  
 Tabla 3-15 Calificación de resistencias para *D. novemcinctus*..... 65  
 Tabla 3-16 Valores de categorías de matrices de resistencia sin y con proyecto para  
*D.novemcinctus*. .... 67

### LISTADO DE ANEXOS

#### ANEXO K. MODELACIONES

##### 4. fragmentación y conectividad

Elaboró: CONSGA S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A. ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-008	Cap. 3.3.1. Ecosistemas Terrestres Ver: 00	II
--------------------------	-------------------------	-------------------------	-----------------------------------	---	----

### 3. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

#### 3.3 Medio Biótico

##### 3.3.1 Ecosistemas Terrestres

##### 3.3.1.4 Análisis de fragmentación y conectividad

###### 3.3.1.4.1 Análisis de fragmentación

###### 3.3.1.4.1.1 Análisis multitemporal de las coberturas de la tierra

Las coberturas vegetales se constituyen en una de las mejores características descriptoras del paisaje. Sus dinámicas son indicadoras de los procesos subyacentes en los ecosistemas naturales que no son observables a simple vista, por este motivo, su análisis se ha convertido en una metodología ampliamente empleada cuando se pretende estudiar la dinámica vegetal en áreas extensas compuestas por paisajes heterogéneos (Lambin & Meyfroidt, 2010).

El presente documento busca determinar y analizar la dinámica de las coberturas vegetales presentes al interior del área de influencia del proyecto Estación Compresora de Gas Palestina (ECG), por medio de un análisis comparativo de los mapas de coberturas de la tierra generados a partir de imágenes satelitales. Para ello se utilizó una imagen satelital de 2014 con resolución espacial de 0,5 m y resolución radiométrica de 8 bits, y una imagen de alta resolución obtenida con un dron en 2024, con resolución espacial de 5 cm y resolución radiométrica de 8 bits. Lo anterior se basó en la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010) con el fin de establecer las transformaciones que se han dado en el transcurso del tiempo.

Este análisis se realizó por medio de un mapa de cambios, obtenido a partir de la superposición de los mapas de coberturas de los años 2014 y 2024, identificando de manera preliminar, la presencia o ausencia de cambios en cada polígono y el tipo de cambio sucedido, reconociendo las pérdidas y ganancias asociadas a factores antrópicos y naturales sucedidos como consecuencia de los procesos naturales de sucesión de

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	3
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---

coberturas naturales de menor a mayor complejidad estructural y florística para cada una de las coberturas analizadas (Ver Tabla 3-2).

De igual forma la superposición permitió la obtención de un mapa con las coberturas analizadas, en donde se establecieron tres nuevos atributos: “Cambio”, “Cambio por interpretación” y “Tipo de Cambio”, a partir de los cuales se clasificó para cada polígono, la presencia o ausencia de cambios en las coberturas de la tierra, y el cambio ocurrido (favorable o desfavorable) en función del avance o retroceso del estado sucesional de la cobertura de acuerdo con los criterios que se exponen en la Tabla 3-1.

Se aclara que el atributo de “cambio por interpretación” alude a cambios sucedidos en las coberturas de la tierra, como consecuencia del desfase entre la imagen satelital usada para el año 2014 y el ortomosaico de fotos del 2024, así como las diferencias de escalas de interpretación dadas por la resolución espacial empleadas entre los dos (2) mapas, donde al comparar espacialmente las capas de interés es posible observar cambios, pero producto de la diferencia en la exactitud de la delimitación no se considera un cambio “real”.

El criterio para definir el tipo de cambio se basa en las categorías de cobertura que aparecen o desaparecen entre los dos periodos analizados. Un cambio se considerará favorable si se observa una transición de una cobertura en un estado sucesional menos avanzado a otra en un estado sucesional más avanzado. Por otro lado, cualquier cambio de coberturas naturales a coberturas artificiales se considera desfavorable.

Adicionalmente, si una cobertura artificial se convierte en otra cobertura artificial, se evaluará su utilidad o el servicio que presta a la comunidad y al medio ambiente. En este contexto, se destaca la presencia de cuerpos de agua artificiales, que, a pesar de ser de origen antrópico, sirven como una fuente de recursos importante tanto para los procesos silvopastoriles como para las comunidades bióticas. Así mismo, un cambio de cobertura natural a una artificializada con algún grado de utilidad se considera de tipo desfavorable, lo anterior en función de la importancia de la sucesión natural de las coberturas naturales.

Por último, dado que la comparación para establecer el cambio de cobertura entre los dos periodos se realizó a partir de la intersección y superposición de imágenes con procedencia

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	4
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---

satelital diferente y resoluciones disimiles, que generaron niveles de detalle de interpretación dispares, es posible que el área de cambio y tipo de cambio presenten sobrestimaciones.

**Tabla 3-1 Criterios utilizados para el análisis multitemporal en el área de influencia del proyecto Estación de Compresión de Gas Palestina.**

CRITERIO		DESCRIPCIÓN
Con cambio	Favorable	Se refiere a los cambios sucedidos en una cobertura inicialmente en menor estado sucesional a otra de mayor estado sucesional.
	Desfavorable	Se refiere a los cambios sucedidos en una cobertura inicialmente en mayor estado sucesional a otra de menor estado sucesional.
	No aplica	Se refiere a los cambios sucedidos en la cobertura que son equivalentes desde el punto de vista del estado sucesional.
Con cambio por interpretación	No aplica	Se refiere a los cambios sucedidos en la cobertura que no son "reales" al considerarse como errores en el desfase de las capas o derivados de la interpretación por diferencias de escalas.
Sin cambio		Referido en los polígonos que no presentan cambio de coberturas de un periodo a otro.

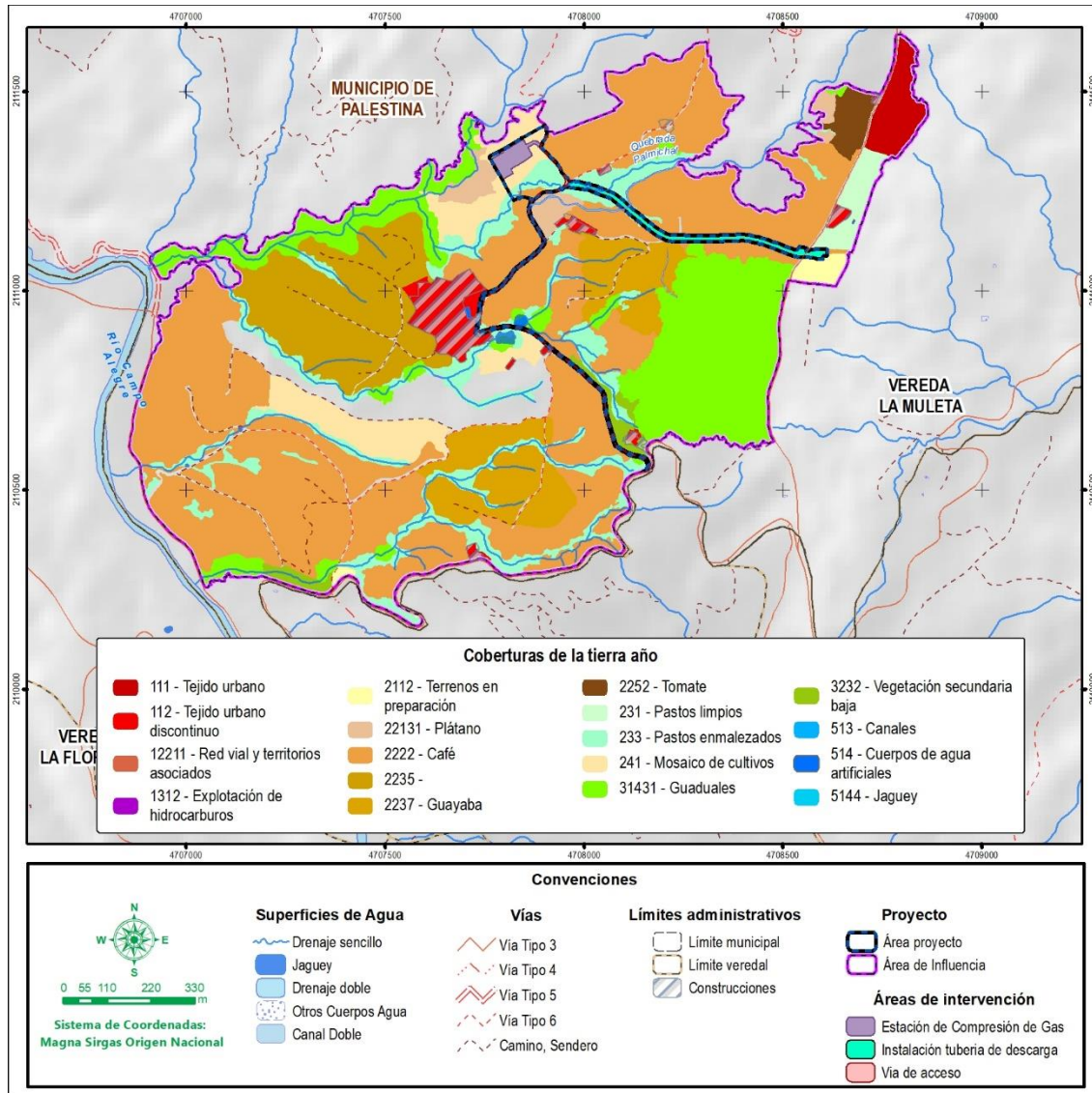
Fuente: CONSGA BIC SAS, 2024.

En la Figura 3-1 y Figura 3-2, se evidencian los resultados de la interpretación de coberturas realizadas para los años 2014 y 2024, respectivamente, las cuales se emplearon para el presente análisis multitemporal y el subsiguiente análisis de fragmentación.

Para el año 2014, se evidenciaron un total de 19 coberturas de la tierra, en su mayoría representadas por Territorios Agrícolas con el 77, 58% del área de influencia – AI (124,12 ha), seguido de bosques y áreas seminaturales con el 15,95 % (25,52 ha) y en menor porcentaje territorios artificializados y superficies de agua con el 6,30 % (10,9 ha) y 0,16 % (0,26 ha) respectivamente.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	5
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---

**Figura 3-1 Coberturas de la tierra año 2014**

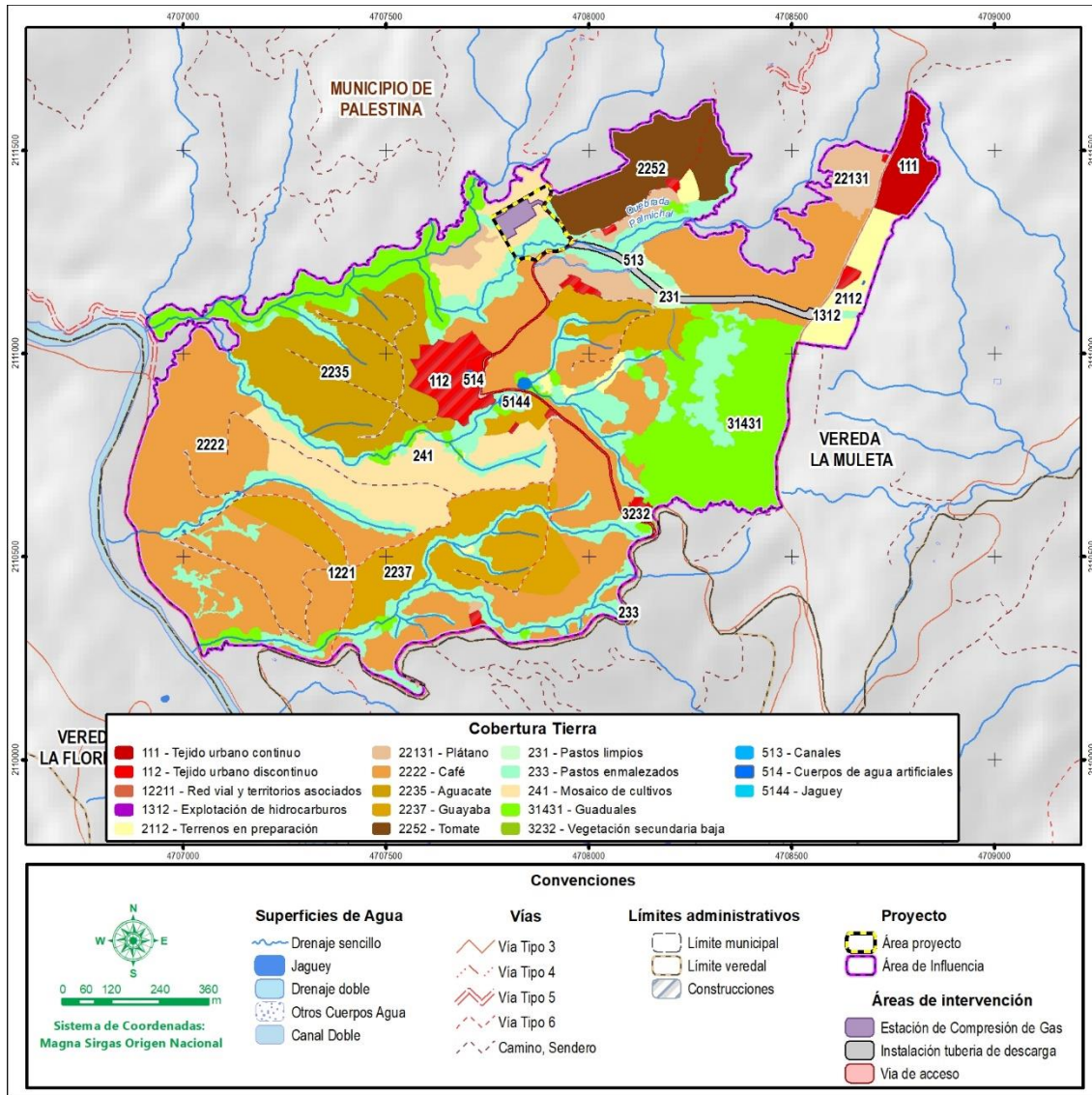


Fuente: CONSGA BIC SAS, 2024.

Por otra parte, para el periodo de 2024, las coberturas estuvieron representadas en 18 unidades, desapareciendo la unidad de Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales identificada en la anterior temporalidad. El resultado de esta interpretación mostró una mayor representación de los territorios agrícolas con el 80,77% del total del área de influencia del proyecto el cual corresponde a 129,22 ha, seguido de bosques y áreas seminaturales con el 13,24 % (21,18 ha) y en menor medida se encuentran territorios artificializados con 5,74 % (9,19 ha) y superficies de agua con el 0,25 % (0,41 ha)

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	6
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---

Figura 3-2 Coberturas de la tierra año 2024



Fuente: CONSGA BIC SAS, 2024.

Para analizar las unidades de cobertura identificadas en 2014 y 2024, se utilizaron los conceptos de disminución y aumento, los cuales reflejan los cambios en el área en hectáreas para cada unidad de cobertura a lo largo del tiempo. La disminución o aumento se determina como la diferencia entre la superficies de cobertura de un año con respecto al otro. Estos resultados se presentan en la Tabla 3-2, en la cual se evidencian los valores en área y porcentaje de área de cada unidad de cobertura en los años mencionados. Se muestra claramente la variación en hectáreas con respecto al valor inicial del año 2014,

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	7
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---

proporcionando una visión integral del aumento o disminución de cada unidad en el periodo de análisis.

**Tabla 3-2 Análisis multitemporal de coberturas para la Estación de Compresión de Gas Palestina.**

NOMENCLA CLC	COBERTURA	2014		2024		ÁREA (ha)		
		ha	%	ha	%	Disminución	Aumento	
<b>TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS</b>								
111	Tuc	Tejido urbano continuo	2,48	1,55	2,49	1,56		0,01
112	Tud	Tejido urbano discontinuo	3,98	2,49	3,69	2,31	-0,29	
1221	Rv	Red vial y territorios asociados	3,58	2,24	2,95	1,85	-0,62	
1312	Ehc	Explotación de hidrocarburos	0,05	0,03	0,05	0,03	0	
<b>TERRITORIOS AGRICOLAS</b>								
2112	Tep	Terrenos en preparación	1,05	0,66	3,52	2,20		2,47
22131	Plat	Plátano	2,30	1,44	5,46	3,42		3,16
2222	Cf	Café	64,17	40,11	48,69	30,43	-15,48	
2235	Ag	Aguacate	13,96	8,72	13,25	8,28	-0,71	
2237	Gya	Guayaba	11,21	7,00	15,04	9,40		3,83
2252	Tte	Tomate	1,40	0,88	7,05	4,41		5,65
231	Pl	Pastos limpios	1,81	1,13	0,96	0,60	-0,86	
233	Pe	Pastos enmalezados	14,36	8,98	22,78	14,24		8,42
241	Msc	Mosaico de cultivos	8,10	5,06	12,47	7,79		4,38
243	Mscpen	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5,76	3,60	0,00	0,00	-5,76	
<b>BOSQUES Y ÁREAS SEMINATURALES</b>								
31431	Gda	Guadales	23,91	14,95	21,03	13,14	-2,89	
3232	Vsb	Vegetación secundaria baja	1,60	1,00	0,15	0,09	-1,45	
<b>SUPERFICIES DE AGUA</b>								
513	Cn	Canales	0,16	0,10	0,20	0,12		0,03
514	Caa	Cuerpos de agua artificiales	0,04	0,02	0,04	0,02	0	
5144	Jg	Jaguey	0,06	0,04	0,17	0,11		0,11
		<b>Total</b>	<b>159,99</b>	<b>100,00</b>	<b>159,99</b>	<b>100,00</b>	<b>-28,06</b>	<b>28,07</b>

Nota: Color rojo referencia la disminución, verde el aumento y amarillo pálido las coberturas que no tuvieron cambio.

Fuente: CONSGA S.A.S., 2024.

De las 19 coberturas analizadas para la temporalidad 2014, se puede evidenciar la reducción del área de ocho (8) de ellas, destacándose la reducción de la cobertura de café con 15,48 ha, seguida de Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales con 5,76 ha y guadales con 2,89 ha. Se resalta que de las ocho (8) coberturas que presentaron disminución dos (2) se encuentran asociadas a bosques y áreas seminaturales. En contraste, para el 2024 se evidencia un aumento en nueve (9) coberturas de la tierra, siendo los pastos enmalezados los que presentaron mayor ganancia con 8,42 ha, resaltando de igual forma que para el 2024 desaparece la cobertura de Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	8
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---

Por otra parte, y con base en la Tabla 3-3, se hace un análisis detallado de los incrementos y pérdidas para cada una de las coberturas identificadas en los periodos 2014 y 2024, como consecuencia de la ganancia sucesional de algunas coberturas y pérdidas debido a las actividades desarrolladas en la región tales como: actividad agropecuaria, cultivos de pancoger entre otras ubicadas dentro del área de influencia del proyecto.

De esta manera, se tiene que las áreas clasificadas como bosques y áreas seminaturales que en 2014 sumaron 25,52 ha, disminuyeron para el año de 2024 a 21,18 ha, encontrándose que los guaduales se constituyen como la cobertura de este grupo que presentó mayor pérdida en el tiempo evaluado, con una diferencia de 2,89 ha respecto a su ocupación original. De acuerdo con el detalle de los cambios sucedidos (Tabla 3-3), se explican las pérdidas de esta cobertura por el cambio de 4,34 ha que se transformaron para el año 2024 en territorios transformados y artificiales.

Las actividades agrícolas tienen una importancia significativa dentro de la región, donde se distingue a Palestina como uno de los principales municipios cafeteros del país, con diversificación de sus cultivos con árboles frutales, caña de azúcar, cacao y plátano (Caldas, s.f.): que se confirma con las áreas que se encuentran en una mayor extensión con respecto a coberturas dedicadas a la actividad pecuaria. De acuerdo con el análisis multitemporal es posible observar que, si bien hubo pérdida de ciertas coberturas agrícolas, otras fueron compensadas, y en una extensión considerable se evidenció un aumento de pastos enmalezados sugiriendo la posible manifestación de procesos sucesionales y ecológicos.

En coherencia con el contexto económico y cultural de la zona, el café se considera como un cultivo preponderante dentro de la región, sin embargo, aunque se mantiene un total de 48,69 ha en el periodo de tiempo analizado, esta cobertura es la que presenta la mayor pérdida dentro de los territorios agrícolas, con un valor de 15,48 ha respecto a la ocupación en el 2014, que atribuyen su conversión a pastos limpios, pastos enmalezados, guaduales tejido urbano discontinuo, red vial y territorios asociados y otras coberturas agrícolas, como guayaba, tomate y plátano.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	9
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	---

Los territorios artificializados, constituidos en su totalidad por obras civiles y/o de infraestructura, se encuentran representados dentro de la zona de estudio por las coberturas de red vial y territorios asociados, tejido urbano continuo, tejido urbano discontinuo y explotación de hidrocarburos, para el periodo analizado (2014 – 2024), estos presentan una disminución de 0,64 ha dentro del periodo 2014 – 2024, pasando de 10,09 ha a 9,19 ha.

Por ultimo las áreas húmedas y las superficies de agua, que son de gran relevancia para la región debido a los intereses de conservación del recurso hídrico manifestados por las autoridades ambientales y la población local, han experimentado un incremento. Durante el mismo periodo, estas áreas aumentaron en 0,15 ha, pasando de una cobertura original de 0,26 ha a 0,41 ha. Este aumento se debe principalmente a la expansión de canales y jagueyes, (la categoría de cuerpos de agua artificiales no mostró cambios). El incremento en las áreas húmedas subraya la importancia creciente de estos ecosistemas en la región (*Anexos\K. MODELACIONES\4 Fragmentación y Conectividad\Análisis multitemporal*).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	10
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

**Tabla 3-3 Cambios sucedidos en las coberturas de la tierra para el periodo 2014 – 2024 para el área de influencia del  
proyecto.**

Coberturas 2014	Coberturas 2024																		
	Tuc	Tud	PI	Pe	Msc	Cn	Caa	Rv	Ehc	Tep	Cf	Ag	Gya	Tte	Vsb	Jg	Plat	Gda	Total
Tuc	2,48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,48
Tud	0,00	3,49	0,26	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,01	3,98
PI	0,01	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,78	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,81
Pe	0,00	0,01	0,00	12,62	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,76	0,00	0,22	0,00	0,00	0,04	0,30	0,31	14,36
Msc	0,00	0,00	0,00	6,61	6,56	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,70	0,00	0,00	0,00	0,13	0,08	8,10
Mscpen	0,00	0,00	0,00	0,43	4,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,42	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,76
Cn	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
Caa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
Rv	0,00	0,01	0,04	0,11	0,41	0,00	0,00	2,51	0,00	0,01	0,30	0,02	0,03	0,08	0,00	0,00	0,05	0,00	3,58
Ehc	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
Tep	0,00	0,00	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,39	0,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,05
Cf	0,00	0,09	0,51	4,45	0,22	0,00	0,00	0,20	0,00	0,39	44,66	0,00	5,02	6,97	0,00	0,00	1,50	0,16	64,17
Ag	0,00	0,00	0,00	0,59	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	13,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	13,96
Gya	0,00	0,00	0,12	0,58	0,00	0,03	0,00	0,04	0,00	0,03	1,21	0,00	9,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	11,21
Tte	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,39	0,00	1,40
Vsb	0,00	0,08	0,00	0,49	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,01	0,01	1,60
Jg	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00	0,01	0,06
Plat	0,00	0,00	0,00	0,09	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,89	0,03	2,30
Gda	0,00	0,00	0,00	2,71	0,09	0,01	0,00	0,00	0,00	0,39	0,28	0,04	0,02	0,00	0,00	0,08	0,17	20,14	23,91
<b>Totales</b>	<b>2,49</b>	<b>3,69</b>	<b>0,96</b>	<b>22,78</b>	<b>12,47</b>	<b>0,20</b>	<b>0,04</b>	<b>2,95</b>	<b>0,05</b>	<b>3,52</b>	<b>48,69</b>	<b>13,25</b>	<b>15,04</b>	<b>7,05</b>	<b>0,15</b>	<b>0,17</b>	<b>5,46</b>	<b>21,03</b>	<b>159,99</b>

\* Nomenclatura usada a partir de la "Tabla 3 2 Análisis multitemporal de coberturas para la Estación de Compresión de Gas Palestina"

\*\* Se resalta que por unidad mínima cartografiada hay polígonos de cambio favorable o desfavorable, que se espacializan como cambio por interpretación

■ Cambios favorables     
 ■ Cambios que no aplican por interpretación     
 ■ Cambios desfavorables

■ Cobertura mantenida en el año de estudio.

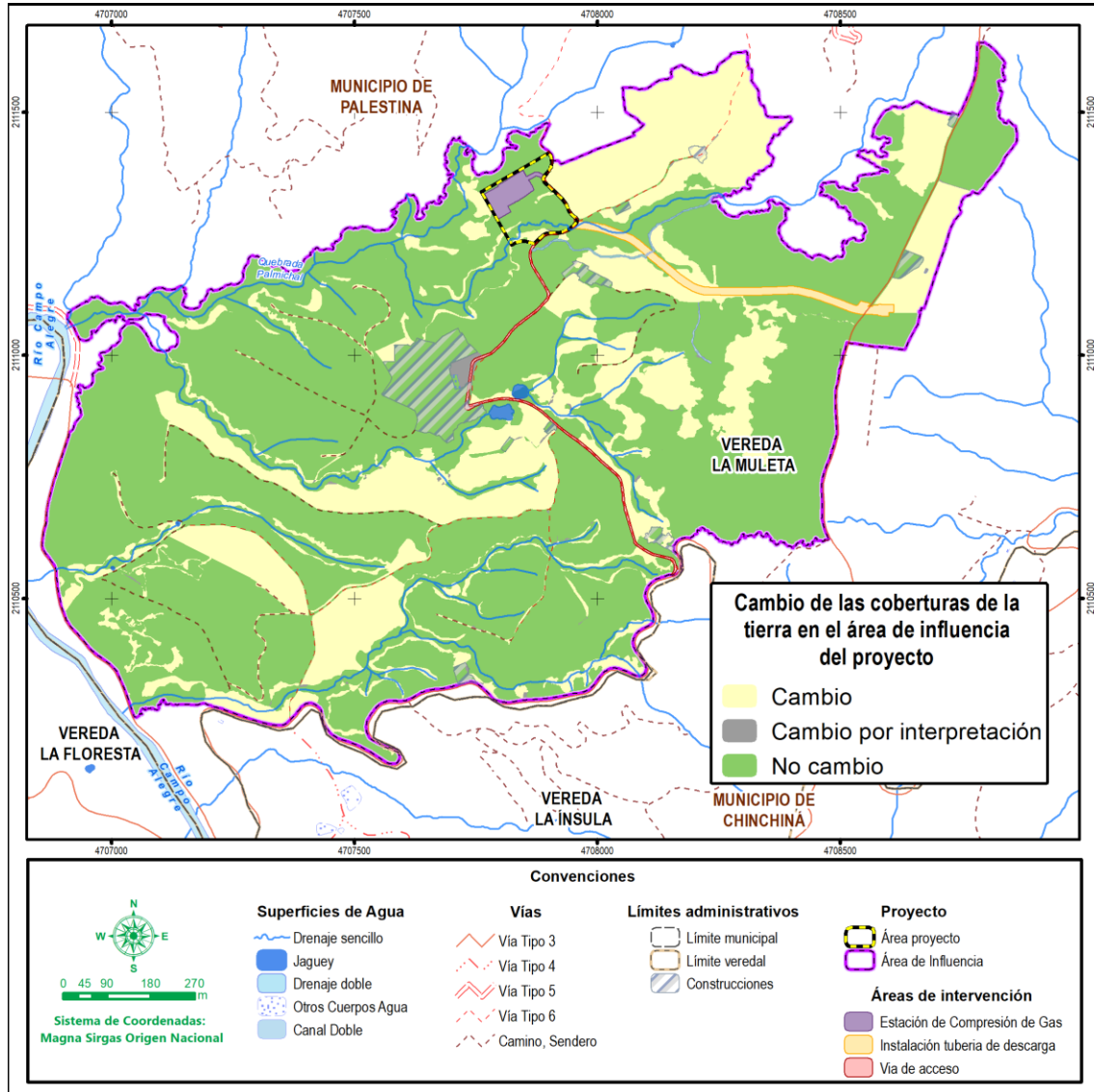
Fuente: CONSGA S.A.S., 2024.

Finalmente, de manera general se concluye que, en el periodo analizado, se observan áreas sin cambio, las cuales corresponden a **117,74 ha (73,59 %)**, áreas con algún tipo de cambio (incluye cambio por interpretación) con **42,25 ha (26,41 %)**, en donde los cambios favorables se constituyen en **9,24 ha (5,77 %)**, y áreas con cambios desfavorables en **8,73 ha (5,77 %)**. Los cambios que no aplicaron se constituyen en **23,79 ha (14,87 %)**, resaltando que 13,01 ha (8,13 %), corresponde al cambio de una cobertura a otra con la misma clase de uso, por ejemplo, que de un cultivo específico, cambio a otra cobertura de tipo agrícola. El restante **0,31 %**, fueron cambios sucedidos que se dieron netamente por la interpretación de las coberturas o por desfase en los insumos cartográficos.

A continuación, y por medio de la Figura 3-3 y Figura 3-4, se muestra la distribución espacial de las áreas con cambio, sin cambio y con tipos de cambio favorable, desfavorable para el área de estudio.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	12
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

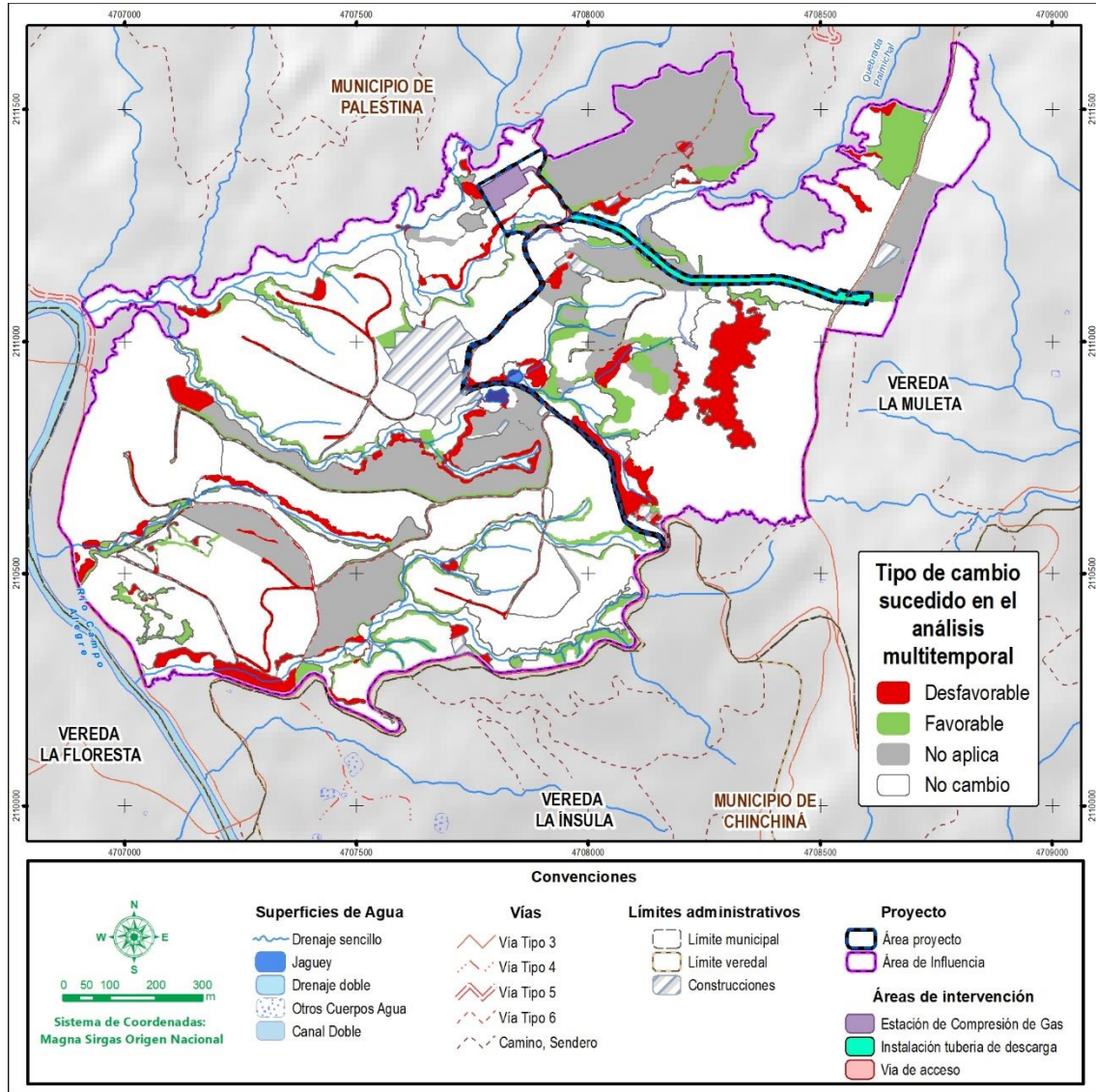
Figura 3-3 Cambio de las coberturas de tierra en el área de influencia del Proyecto



Fuente: CONSGA S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	13

Figura 3-4 Tipo de cambio sucedido en el análisis multitemporal



Fuente: CONSGA S.A.S., 2024.

3.3.1.4.1.2 Análisis de fragmentación

La fragmentación de los hábitats es un proceso que modifica dinámicamente las condiciones físicas de un paisaje, afectando directamente a las especies y reduciendo la calidad de los hábitats. Esto influye negativamente en los paisajes y las regiones geográficas, llevando a una disminución de la superficie del hábitat (Bamba, y otros, 2008; Bogaert & Mahamane, 2005; Gomez, Anaya, & Davila, 2005).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	14

Este fenómeno es reconocido como una de las mayores amenazas para la conservación de la biodiversidad y de las funciones ecosistémicas del bosque. Las consecuencias estructurales de la fragmentación del bosque se derivan de tres (3) causas principales, la reducción del área de parches remanentes de bosque, el incremento de la insolación de los fragmentos y la pérdida de conectividad entre los mismos, sumado al incremento del efecto de borde y los disturbios presentes en las coberturas adyacentes (Haila, 1999).

Después del proceso de intervención y fragmentación de los hábitats, encontramos que las superficies aisladas en la mayoría de los casos son muy pequeñas para proteger las poblaciones locales; las especies son incapaces de trasladarse a grandes distancias entre los hábitats delictuales, limitándose a algunos hábitats de pequeño tamaño, que reduce a largo termino las posibilidades de sobrevivencia de una especie en un área (Bogaert & Mahamane, 2005).

La fragmentación de bosques puede poner en peligro a las poblaciones de fauna nativa mediante la eliminación de bloques de hábitat continuo o por la degradación de la calidad del hábitat restante para aquellas especies sensibles a un aumento en la cantidad de borde (Demaynadier & Hunter, 1997).

El proceso de fragmentación ocurre frecuentemente en áreas más accesibles, de topografía poco accidentada y con alta productividad, debido a que son las primeras áreas en ser alteradas e intervenidas para la agricultura, ganadería, asentamientos humanos o extracción forestal. Para el caso particular del área de estudio, se tiene que los procesos de fragmentación se encuentran fuertemente dominados por el patrón de crecimiento de los territorios agropecuarios, los cuales dominan el área de interés y han ejercido una fuerte presión sobre las coberturas naturales, las cuales han resultado en la reducción, degradación y pérdida de los hábitats naturales que las conforman (Primack, 1998).

A partir de la información generada en los mapas de coberturas de la tierra, se dispone de una considerable información para abordar los efectos del cambio y evolución de los ecosistemas, con la utilización de técnicas y métricas de valoración, para tener un acercamiento general a la dinámica de fragmentación. La dinámica de los ecosistemas puede ser descrita por cambios en el tiempo de la composición y estructura espacial. La

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	15
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

aplicación de métodos de ecología de paisaje (cálculos de índice de estructura espacial) es la base para la relación de interdependencia de los tres elementos claves del sistema ecológico: configuración espacial, composición y funcionamiento (Bogaert & Mahamane, 2005).

El estudio de la fragmentación se puede abordar desde diferentes aspectos y una de las metodologías más utilizadas es el estudio de métricas del paisaje, la cual corresponde a algoritmos que cuantifican las características espaciales específicas de los parches, las clases de parches o la totalidad de los mosaicos del paisaje (Gustafson, 1998). Todas estas métricas se encuentran agrupadas en dos (2) categorías: la que cuantifica la composición de la zona sin referencia espacial de los atributos, es decir, asociada con la variedad y abundancia de los tipos de parches existentes en el paisaje, pero sin considerar el carácter espacial o la localización de los parches en el mosaico, y la que cuantifica la configuración espacial de la zona requiriendo información espacial para su cálculo (McGarical, 1995).

El estudio se realizó a escala 1:2.000, a partir de los mapas de coberturas de la tierra del área, generados para los periodos 2014 y 2024, por medio de la metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), utilizando para el análisis respectivo los programas informáticos especializados de sistemas de información geográfica (SIG) ArcGIS® y fragmentación Fragstats®.

#### 3.3.1.4.1.2.1 Métricas de fragmentación

Las métricas del paisaje se emplearon para evaluar las características espaciales y territoriales de los procesos ecológicos, en relación con conceptos como la fragmentación, la diversidad, la dominancia, la forma, el aislamiento, elongación, etc. Estas métricas se definen entonces como un conjunto de medidas cuantitativas agregadas derivadas del análisis digital de mapas temáticos.

Según Aguilera (2010), las métricas proporcionan únicamente un conjunto de valores numéricos, algunos de los cuales tienen un rango de variación definido. Sin embargo, en términos absolutos, estos valores por sí solos no tienen un valor determinante. Por otra parte, desde el punto de vista comparativo, los resultados de dichos índices pueden aportar

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	16
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

información valiosa acerca de la evolución y cambios que tienen lugar en un paisaje determinado.

Tomando como referente a McGarigal & Marks (1995), se seleccionaron 11 métricas del paisaje que permiten dar información para los diferentes ecosistemas naturales, las cuales fueron calculadas con ayuda del ArcGIS y mediante el uso del software Fragstats 4.2.

Para la identificación de índices de fragmentación, se escogió el nivel de análisis de clase, el cual hace referencia al análisis por cada clase o grupo de ecosistemas naturales, en este caso coberturas de la tierra, que contienen un grupo de fragmentos cada uno. Dentro de cada clase, se analizaron tres (3) categorías o tipos de métricas que comprenden las métricas de área y borde, las métricas de forma y las métricas de agregación, para cada unidad cobertura natural y seminatural. Estos indicadores integran medidas estadísticas, que permiten el análisis de la estructura y composición de un paisaje. El resultado de las métricas se presenta en la Tabla 3-4, los detalles de los análisis se presentan en los ANEXOS 11. K. MODELACIONES \4 Fragmentación y Conectividad \ Métricas de Paisaje.

**Tabla 3-4 Resultados de métricas de clase de fragmentación para las coberturas naturales y seminaturales del área de influencia del Proyecto**

COBERTURA DE LA TIERRA CLC (2010)			Guaduales (Gda)			Pastos enmalezados			Vegetación secundaria baja		
			2014	2024	CP	2014	2024	CP	2014	2024	CP
MÉTRICAS DE CLASE	Distancia euclidiana al vecino más cercano (m)	ENN	84,29	62,35	62,35	34,08	27,47	27,45	784,19	N/A	N/A
		Cambio (ENN)	0,00			-0,03			N/A		
	Área total (ha)	CA	23,94	21,04	21,02	14,31	22,78	21,60	1,57	0,13	0,13
		Cambio (CA)	-0,02			-1,18			0,00		
	Número de parches	NP	15,00	19,00	19,00	27,00	41,00	46,00	2,00	1,00	1,00
		Cambio (NP)	0,00			5,00			0,00		
	Densidad de borde (m/ha)	ED	8,89	25,78	25,71	9,29	25,78	25,71	5,20	0,00	0,00
		Cambio (ED)	-0,07			-0,07			0,00		
	Radio de giro (m)	GYRATE	40,77	33,05	33,05	42,23	34,81	32,15	56,94	22,08	22,08
		Cambio (GYRATE)	0,00			-2,66			0,00		
	Índice de forma	SHAPE	1,54	1,56	1,56	2,29	1,94	1,90	2,76	1,85	1,85
		Cambio (SHAPE)	0,00			-0,04			0,00		
Índice de dimensión fractal	FRAC	1,10	1,10	1,10	1,19	1,14	1,14	1,21	1,19	1,19	
	Cambio (FRAC)	0,00			0,00			0,00			

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	17

COBERTURA DE LA TIERRA CLC (2010)		Guadales (Gda)			Pastos enmalezados			Vegetación secundaria baja		
		2014	2024	CP	2014	2024	CP	2014	2024	CP
Índice de Proximidad (500m)	PROX	13,86	19,35	19,32	24,16	45,41	31,58	0,00	0,00	0,00
	Cambio (PROX)	-0,02			-13,83			0,00		
Conectividad interna	CONNECT	44,76	54,97	54,97	48,43	42,32	42,42	0,00	0,00	0,00
	Cambio (CONNECT)	0,00			0,10			0,00		

Fuente: CONSGA S.A.S., 2024.

Los resultados presentados en la tabla anterior reflejan la variación de métricas entre el escenario "Sin Proyecto" y el escenario "Con Proyecto". La intervención del proyecto se centra en áreas ya transformadas y antropizadas, características de la matriz del paisaje. Aunque la fragmentación puede ocurrir en cualquier tipo de cobertura, su análisis es especialmente crítico en áreas naturales y seminaturales, lo cual es fundamental para comprender y abordar los impactos sobre la biodiversidad.

De acuerdo con las actividades proyectadas, se prevé una intervención menor en términos de área en coberturas de gradual, lo que explica la leve variación observada en algunos índices. Por otro lado, la vegetación secundaria baja no está contemplada en la proyección de intervención, razón por la cual sus índices se mantienen constantes del escenario "Sin Proyecto" al escenario "Con Proyecto".

A continuación, se presenta el análisis de cada una de las métricas clase relacionadas en la Tabla 3-4, así como un análisis de las métricas obtenidas a nivel de paisaje. Es importante resaltar que las métricas de clase condensan los resultados a nivel de parche, proporcionando una visión detallada de las características y condiciones específicas de cada tipo de cobertura.

- Métricas de clase

El número de parches que componen una cobertura puede ser un primer indicio de su grado de fragmentación, pues entre más parches se identifiquen, mayor es la dispersión de su área. Sin embargo, este indicador debe ser complementado con el área promedio de los parches, pues la sensibilidad por una mayor dispersión puede ser compensada por un mayor tamaño en promedio de los parches de una cobertura, o por el contrario un único

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	18

parche, puede ser altamente sensible si su área es pequeña. Estas métricas representan indicadores relacionados con el tamaño de los parches y la cantidad de borde creado por estos parches.

◇ Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN\_MN)

Esta métrica es sensible a las transformaciones y cambios en el paisaje y los ecosistemas, partiendo de la distancia existente entre cada parche, fragmento o tesela de una misma clase, determinando el aislamiento que pueda generar pérdida de conectividad estructural y funcional dentro de una zona, es decir que este parámetro permite identificar las restricciones o facilidades de movilidad que tienen los organismos en el paisaje, determinando la persistencia regional de las poblaciones. Esta métrica arroja valores cercanos a cero (0) en la medida que disminuye la distancia al vecino más cercano. El límite superior está limitado por la extensión del Paisaje.

De acuerdo con los resultados obtenidos y presentados en la Tabla 3.4, se observan cambios en el índice de gradual entre el año 2014 y 2024, sin variaciones en la proyección del escenario con proyecto. La variación se traduce en una reducción de la distancia al vecino más cercano de 21,94 m. A pesar de esta disminución en la distancia, el aumento en el número de parches sugiere que la fragmentación ha aumentado. Esto puede afectar la movilidad de las especies y su capacidad para acceder a recursos críticos. La estabilidad en el índice para el escenario con proyecto indica que las actividades propuestas no alterarán significativamente la conectividad.

Para los pastos enmalezados, el ENN\_MN se reduce de 34,08 m en 2014 a 27,47 m en 2024, sin variaciones en la proyección del escenario con proyecto. A pesar de esta disminución en la distancia, el aumento en el número de parches sugiere que la fragmentación ha aumentado.

Finalmente, para el caso de la vegetación secundaria baja, se evidencia que la misma para el periodo 2024 perdió la mitad de sus parches, quedando solamente representado en uno, razón por la cual no es calculable su ENN.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	19
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

## ◇ Área total (CA)

De acuerdo con McGarigal & Marks (1995) el área total es una medida de la composición del paisaje, analizado a partir de la cobertura que tiene importantes implicaciones ecológicas. El área proviene del tamaño medio de los fragmentos de un ecosistema y se calcula sumando la superficie de todos los fragmentos de dicho ecosistema que se encuentran en un área de interés, dividido luego el resultado por el número de fragmentos. El resultado obtenido se mide en unidades de hectáreas. Es importante aclarar que estos análisis se realizaron utilizando una imagen raster compuesta por un matriz de píxeles. Esta metodología puede provocar que algunas aristas en las áreas analizadas se rastericen de manera inexacta, lo que resulta en pequeñas variaciones en las mediciones de superficie. Por ejemplo, se observan discrepancias en las áreas de guaduales entre los años 2014 y 2024, las cuales pueden atribuirse a la resolución de la imagen utilizada y a las limitaciones del análisis raster.

Al analizar los resultados de esta métrica de clase, se observa una disminución general en el área de las coberturas analizadas dentro del área de interés. Esta tendencia puede atribuirse a la conversión de terrenos para la implementación de actividades agrícolas. En el período de 10 años analizado, la cobertura de guadual presenta una pérdida de 2,9 ha, mientras que la vegetación secundaria baja muestra una disminución de 1,44 ha. En contraste, se registra un aumento de 8,47 ha en pastos enmalezados, lo que refleja la dinámica productiva de la zona. Aunque estos pastos tienen una relevancia significativa en el contexto del estudio—ya que se encuentran en una matriz altamente transformada y se asocian con áreas húmedas, actuando como hábitat potencial para la fauna local—son, en esencia, coberturas transformadas que resultan de un uso intensivo del suelo. Este uso continuado está marcado por el desarrollo constante de actividades agropecuarias, las cuales condicionan el crecimiento y la extensión de estas coberturas, potencialmente favoreciendo la persistencia de las comunidades florísticas y faunísticas características de la región.

El escenario con proyecto indica una pérdida de área para las coberturas de guadual y pastos enmalezados de 0,02 ha y 1,18 ha, respectivamente. Aunque estas cifras se consideran una baja afectación en comparación con la tendencia multitemporal, la

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	20
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

modificación de área tiene un impacto directo en la capacidad de los parches para proporcionar hábitat.

En contexto Bustamante (1995) y Vargas (2008), relacionan que el tamaño de cada parche está relacionado con uno de los efectos más evidentes de la fragmentación, en especial de los bosques, “el cambio micro climático”, el cual se da por el contraste de características físicas entre un parche ambiental (por ejemplo tipo bosque) con una matriz (agrícola o pastizal) que establece un gradiente ambiental desde el borde hacia el interior del fragmento, donde la luminosidad, la evapotranspiración, la temperatura y la velocidad del viento disminuyen, mientras la humedad del suelo aumenta. Lo anterior se puede constatar con el incremento del efecto de borde dentro de los parches de coberturas naturales como los guaduales, los cuales se han visto afectados al verse inmersos en una matriz de territorios agrícolas.

◇ Número de parches (NP)

El número de teselas es la métrica más sencilla que puede dar una idea de la medida en que una cobertura se encuentra dividida o fragmentada. Únicamente consiste en identificar el número de teselas o fragmentos individuales existentes de cada clase.

McGarigal & Marks (1995), indica que el número de parches de una clase puede ser importante para los procesos ecológicos, aunque con frecuencia tiene un limitado valor interpretativo, dado que no contiene información acerca del área, distribución o densidad de los parches. El número de fragmentos de una clase determinada se calcula sumando el número de fragmentos en que está dividido un ecosistema en un área de interés. El indicador es 1 cuando el ecosistema o la clase determinada en un tiempo determinado no está fragmentado y aumenta a medida que el ecosistema se fragmenta (IAvH, 2003).

Para la clase de Guadual, aumentó el número de parches de 15 en 2014 a 19 en 2024. Este incremento sugiere una fragmentación progresiva del hábitat, lo que puede estar relacionado con la conversión de áreas para usos agrícolas y el desarrollo de actividades humanas. Aunque el número de parches ha aumentado, esto no implica necesariamente una mejora en la conectividad ecológica. La fragmentación puede dificultar el movimiento de especies y limitar la interacción entre poblaciones, lo que podría afectar la diversidad

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	21
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

genética y la resiliencia del ecosistema. La estabilidad del número de parches en el escenario con proyecto indica que las intervenciones no alterarán esta métrica, pero también resalta la falta de medidas que puedan contribuir a la consolidación y restauración de los parches existentes.

La vegetación secundaria baja ha perdido uno de sus parches, quedando representada en solo un parche. Este cambio se debe probablemente a la conversión de áreas a usos agrícolas y a la intensificación de la utilización del suelo. En el escenario con proyecto, no se anticipan cambios, dado que no se proyectan actividades dentro de esta clase.

◇ Densidad de borde (ED)

La densidad de borde está dada por la suma de las longitudes de todos los segmentos del borde de los fragmentos del hábitat de interés, dividido por el área total del paisaje (en m<sup>2</sup>), multiplicado por 10.000 (para convertir a hectáreas). Es un valor que aumenta con los parches pequeños, tiene relación numérica directa con la fragmentación del hábitat hasta cierto nivel, ya que en caso de que la fragmentación crezca mucho, hasta el punto de que los parches se unan, la densidad de borde puede disminuir debido al incremento de la razón perímetro área.

En la franja de borde se evidencian cambios en la composición, estructura y función de la cobertura de la tierra con relación al área más interior, debido a que el microclima (viento, temperatura y humedad) es distinto. Estas diferencias ocasionan cambios de abundancia en las especies y en sus relaciones ecológicas.

Respecto a esta métrica, los guaduales se constituyen como la cobertura que presenta la mayor fragmentación en el período evaluado. El incremento en su densidad de borde sugiere un cambio en la forma de los parches que conforman esta clase de interés, dando lugar a parches más irregulares a medida que aumentan los valores de borde. Esta irregularidad puede tener implicaciones significativas para la biodiversidad y la funcionalidad del ecosistema, ya que los bordes suelen ser áreas con microclimas diferentes que afectan a las especies tanto dentro del parche como en su contorno. La implementación del proyecto genera una disminución de la densidad de borde en 0,07 m/ha, que no necesariamente implica una mejora en las condiciones ecológicas; más bien, puede

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	22
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

reflejar cambios en la configuración del paisaje que, aunque reduzcan la densidad de borde, podrían resultar en una mayor fragmentación y alteración del hábitat.

De igual forma los pastos enmalezados han venido configurando un aumento en la densidad de borde que se ve reflejado tanto en el análisis multitemporal como en el escenario con proyecto. Este incremento indica que la configuración del paisaje está cambiando, lo que puede estar relacionado con la expansión de las actividades agrícolas y el uso intensivo del suelo en la región. Un mayor número de bordes suele asociarse con una mayor fragmentación del hábitat, generando así una posible afectación a la biodiversidad local.

Finalmente, Con la reducción en la densidad de sus bordes, la clase de vegetación secundaria baja, presenta una mejora en la composición de sus parches, si bien, ha presentado una reducción en su área total y el número de parches, sus remanentes se caracterizan por poseer formas simétricas bastante regulares, las cuales de manera coherente presentan una notable reducción en la métrica de SHAPE, conforme también se reduce la métrica de ED.

#### ◇ Radio de Giro (Gyrate)

Esta métrica se define como el índice de longitud de correlación derivado del radio de giro del fragmento, equivalente a la distancia media entre cada celda en el fragmento y el centroide del fragmento, siendo una medida importante para la conectividad estructural intraparche de los hábitats, también puede entenderse como la distancia media en la que un organismo puede moverse y aparecer dentro de los límites de un fragmento. Así mismo, este parámetro representa la distancia desde los núcleos hacia los límites de este, considerando que la disminución en el valor del índice es una condición directa de efectos de la fragmentación.

Los resultados del radio de giro para los guaduales indican una reducción significativa a lo largo del tiempo, pasando de 40,77 m en 2014 a 33,05 m en 2024, y manteniéndose casi constante en 33,05 m en el escenario con proyecto. Esta disminución sugiere un aumento en la fragmentación de esta cobertura, ya que un menor radio de giro generalmente indica una mayor irregularidad en la forma de los parches.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	23

En el caso de los pastos enmalezados, el radio de giro (Gyrate) también muestra una tendencia decreciente, disminuyendo de 42,23 m en 2014 a 34,81 m en 2024, y luego a 32,15 m en el escenario con proyecto. Esto refleja un proceso similar de fragmentación y puede estar relacionado con el aumento de actividades agropecuarias en la región. Un radio de giro más pequeño en los pastos enmalezados sugiere que la forma de estos parches se vuelve más irregular.

La vegetación secundaria baja también presenta una reducción significativa en el radio de giro (Gyrate) entre el año 2014 y 2024 y para el escenario con proyecto la misma se mantiene, pues como ya se ha indicado, el proyecto no proyecta intervención dentro de esta cobertura. De manera general, la reducción en el radio de giro evidenciado en los resultados obtenidos, indica que para cada unidad de cobertura en las que los hábitats están más fragmentados, se afecta negativamente a las especies que son dependientes de áreas extensas, así como los procesos de conectividad, la movilidad y el flujo genético entre poblaciones.

◇ Índice de forma (SHAPE\_MN)

El índice de forma es una métrica que aporta información de la complejidad geométrica de los fragmentos. Mide la relación entre el perímetro de un fragmento y el perímetro que tendría el fragmento más simple de la misma área, de tal forma que mayores valores de este índice muestran un incremento de la complejidad de sus formas. Cuando el valor del índice de forma es igual o cercano a 1 es porque los parches (polígonos) son circulares y compactos. De acuerdo con McGarigal & Marks (1995) entre más lejos esté del valor 1, más irregular es la forma.

Las formas compactas son efectivas para proteger los recursos interiores contra los efectos negativos del ambiente exterior; es por ello que los fragmentos más alargados son menos efectivos para la conservación de los recursos internos que los fragmentos redondeados. En términos de hábitat, los fragmentos con mayor área y con formas más redondeadas son los más aptos para mantener poblaciones de fauna, específicamente, organismos especialistas adaptados a ambientes interiores con menor incidencia de los efectos exteriores (Forman, 1995).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	24
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

De acuerdo con el índice de forma evaluado, para los guaduales, el valor de la métrica de forma se mantiene relativamente estable, con resultados de 1,54 en 2014, 1,56 en 2024 y 1,56 en el escenario con proyecto. Esto sugiere que, a pesar de los cambios en la fragmentación observados, la forma de los parches de guadual ha experimentado una ligera regularidad, lo que podría indicar un intento de mantener la integridad del hábitat.

En contraste, los pastos enmalezados muestran una disminución en el valor de la métrica de forma, pasando de 2,29 en 2014 a 1,94 en 2024 y 1,90 en el escenario con proyecto. Esta reducción sugiere una creciente irregularidad en la forma de los parches, lo que puede ser indicativo de una mayor fragmentación. Esta irregularidad podría limitar la conectividad entre parches, afectando negativamente a las especies que dependen de hábitats.

Los fragmentos de vegetación secundaria baja resultan ser más susceptibles a sufrir procesos de fragmentación más severos que las demás clases debido a la dinámica específica de la región, pues como indica el análisis multitemporal, solo se encuentra representada en 2024 por un parche. A lo largo de las dos (2) temporalidades analizadas, esta cobertura presenta valores de la métrica de forma que superan a los obtenidos para guaduales y pastos enmalezados. Esto indica que la vegetación secundaria baja exhibe, a través del tiempo, formas de parches más heterogéneas y, por lo tanto, más irregulares. Esta heterogeneidad en la forma de los parches puede estar vinculada a la intensa presión humana sobre el paisaje, así como a las prácticas de uso del suelo que favorecen la fragmentación.

#### ◇ Índice de dimensión fractal (FRAC)

El Fractal Dimension Index-FRAC, es una medida de la complejidad de las formas de las teselas, puede ser considerada como el descriptor más adecuado para cuantificar la fragmentación de diferentes tipos de paisajes, además es invariante de escala y estadísticamente robusta. Su categorización varía de 1 a 2, es decir, el valor de uno para formas euclidianas simples (cuadrados y círculos) y de 1.001 a 2, para formas complejas análogas u objetos fractales.

El índice de dimensión fractal, al igual que la métrica SHAPE, evidencia que los pastos enmalezados presentan formas más complejas en comparación con los guaduales y la

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	25
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

vegetación secundaria baja. A pesar de esto, los resultados del índice de dimensión fractal son relativamente similares entre las clases, mientras que la métrica SHAPE muestra diferencias más marcadas en la complejidad de las formas. Esto sugiere que, aunque los pastos enmalezados tienen una mayor heterogeneidad en su configuración, el índice de dimensión fractal no refleja tan claramente las variaciones entre las tres clases como lo hace la métrica SHAPE.

De acuerdo con lo manifestado por McGarical (1995), el índice de dimensión fractal puede ser útil y eficiente cuando es empleado con muestras de tamaño mayores a 20 parches, de esta manera podría asumirse que debido a la baja muestra que se tiene de clases evaluadas, el índice hallado resulta ser poco sensible al evaluar la forma de los parches que conforman las clases de interés

◇ Índice de Proximidad (PROX\_MN)

La métrica de índice de proximidad relaciona tanto la distancia de los bordes más cercanos entre parches de un mismo tipo, como la distancia entre los centros de cada uno de estos. De esta manera, se determina la relación de vecindad y contagio entre parches, indicando el nivel de fragmentación entre los mismos. Cuando el valor de la métrica tiene un valor de cero (0) indica que el parche analizado no cuenta con vecinos de su mismo tipo en un radio de análisis de 500 metros, este valor del radio se consideró de acuerdo con Monedero & Gutiérrez (2001). Así, conforme el índice va incrementando su valor y se va alejando de cero, incrementa igualmente la vecindad, indicando que hay parches cercanos con las mismas características, y por lo tanto menos fragmentación y mayor conectividad.

Para los guaduales, se observa un aumento en la proximidad, pasando de 13,86 en 2014 a 19,35 en 2024 y ligeramente reduciéndose a 19,32 en el escenario con proyecto. Este incremento sugiere una mejora en la conectividad entre los parches. Para los pastos enmalezados, la métrica muestra un cambio más dramático, aumentando de 24,16 en 2014 a 45,41 en 2024, antes de descender a 31,58 con el proyecto. El notable aumento hasta 2024 indica que los parches se han vuelto más accesibles, pero la posterior disminución en el escenario con proyecto sugiere que las intervenciones pueden llegar a modificar la conectividad

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	26
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

De manera general estos resultados pueden indicar una menor fragmentación, es crucial tener en cuenta que este índice es sensible a la relación espacial entre los parches. Esto refleja que el paisaje está dividido en varios fragmentos que se encuentran relativamente cerca unos de otros dentro del umbral utilizado.

En cuanto a la cobertura de vegetación secundaria baja, los valores se asocian a cero debido al parámetro de umbral de 500 m empleado en el análisis y a la escasa representación de parches dentro de esta clase.

#### ◇ Conectividad interna (CONNECT)

Para medir la conectividad se emplean métodos basados en funciones de la distancia, las cuales reflejan la probabilidad de conexión de los distintos hábitats a una distancia dada y en funciones de distancia ponderada, de tal forma que, la conectividad se obtiene a través del empleo de caminos mínimos en una superficie de fricción que refleje los costos ecológicos de desplazamiento.

CONNECT es igual al número de uniones funcionales entre todos los parches de la clase correspondiente, dividido por el número total de uniones posibles entre todos los parches de la clase, multiplicado por 100 para convertirlo a porcentaje. Este índice se presenta como la conexión máxima posible, teniendo en cuenta el número de parches y se puede basar en la distancia euclidiana o la distancia funcional, siendo 0 ninguna conexión entre los parches y 100 la máxima conexión; para el cálculo se usó una distancia ponderada de 500 metros, de acuerdo con lo sugerido por Monedero y Gutiérrez (2001) para ecosistemas tropicales.

Los resultados obtenidos para esta métrica complementan la información del índice de proximidad, pues los guadales muestran un aumento significativo de 44,76 en 2014 a 54,97 en 2024, manteniéndose constante en 54,97 en el escenario con proyecto. Este incremento indica una mejora en la conectividad de los parches, lo que sugiere que las especies tienen un mayor acceso a recursos y a otros hábitats, pese a los resultados obtenidos en las métricas de clase anteriores, en donde se concluyen procesos de fragmentación, lo que sugiere que el aumento de parches no ha incidido en la pérdida de conectividad, puesto que estos se encuentran dentro del umbral de análisis (500 m).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	27
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

En contraste, los pastos enmalezados presentan una disminución en su índice de conectividad, bajando de 48,43 en 2014 a 42,32 en 2024, y recuperándose ligeramente a 42,42 en el escenario con proyecto. Este cambio es coherente con el notable aumento en la proximidad hasta 2024 y su posterior leve descenso, sugiriendo que, aunque la accesibilidad inicial mejoró, las intervenciones podrían impactar de manera negativa la conectividad

Para los dos casos, también podría considerarse estos valores como menos efectivos en términos ecológicos, puesto que este índice esta dado por una conectividad netamente estructural, y no funcional, por lo que, aunque los parches se espacialicen de tal forma que, indiquen una proximidad, factores como las barreras físicas, la calidad del hábitat y el comportamiento de las especies pueden limitar la conectividad funcional.

Por su parte, los resultados para la clase de vegetación secundaria baja presentaron valores de cero para cada una de las temporalidades y para el escenario con proyecto, esto se explica debido a la cantidad de parches, puesto que en 2014 solo se registraron dos parches dentro de esta clase, con un ENN mayor a 500 metros, y para el 2024 uno de estos parches desapareció y con ello la posibilidad de realizar conectancia con parches de su misma clase.

En términos generales, los resultados del análisis multitemporal de las diversas métricas indican una notable fragmentación de las coberturas naturales, con base en las clases analizadas. Para el caso de la comparación con el escenario de la ejecución del proyecto, la tendencia es menor, pero si sugiere una fragmentación importante sobre todo por la intervención que se proyecta a la cobertura de pastos enmalezados El paisaje está predominantemente caracterizado por elementos antropizados, dominado por una matriz agrícola que refleja las dinámicas económicas de la región. Dentro de esta matriz, la cobertura de guaduales y pastos enmalezados juegan un papel ecológico crucial, ya que su extensión y distribución espacial la convierten en un hábitat esencial que soporta la movilidad y diversidad de varias especies faunísticas locales.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	28

- Métricas de paisaje

Las métricas del paisaje permiten identificar las características asociadas con la variedad y abundancia de los tipos de parches dentro del paisaje sin considerar su ubicación dentro del mosaico. Por medio de la Tabla 3-5, se relacionan los resultados obtenidos para los índices SHDI (Índice de Diversidad de la Composición del Paisaje) y SHEI (Índice de Equidad de la Composición del Paisaje), en cada una de las temporalidades analizadas, así como la variación que presentó cada índice los cuales fueron obtenidos mediante el software Fragstat V4.3 beta (McGarigal, Cushman, & Ene, 2023).

**Tabla 3-5 Resultados de las métricas de paisaje comprendidas al interior del área de influencia.**

MÉTRICAS DE PAISAJE		AÑO		
		2014	2024 (SP)	CP
Índice de diversidad de Shannon	SHDI	0,80	0,71	0,71
	Cambio (SHDI)	0,00		
Índice de uniformidad de Shannon	SHEI	0,73	0,65	0,65
	Cambio (SHEI)	0,00		

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

El SHDI representa la abundancia proporcional de cada tipo de ecosistemas dentro del área de interés. Es un índice sensitivo a la rareza de algunos tipos de ecosistemas. Cuando el paisaje contiene solo un parche SHDI es igual a 0 (no hay diversidad). Este índice se incrementa a medida que aumenta el número de parches, o si la distribución proporcional de los parches entre las diferentes clases se hace más equitativa. Los resultados obtenidos muestran un cambio entre los periodos de tiempo analizado, indicando que el SHDI, para el año 2024 presenta una disminución en 0,09, revelando una baja diversidad y equidad en las diferentes clases de coberturas. No hubo diferencias para el escenario con proyecto, indicando, que a nivel de paisaje la ejecución del proyecto no representa modificaciones en la diversidad de los parches. Los resultados anteriores sugieren que el paisaje puede estar dominado por una o unas pocas clases de cobertura naturales o seminaturales, lo que se traduce en una distribución desigual.

Por su parte el índice de uniformidad de Shannon (SHEI), expresa en forma absoluta una distribución uniforme del área entre los diferentes tipos de parche, es un índice en donde la uniformidad es el elemento predominante. Mide la distribución y abundancia de los parches

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	29

a nivel de paisaje. Para contemplar el índice de diversidad de Shannon, el SHEI indica con resultado 1 si la distribución y abundancia son uniformes, mientras si es 0, significa que no hay regularidad espacial. El resultado de este índice muestra valores de 0,73 (2014) y de 0,65 (2024), evidenciando una variación a través de los años de -0,08, mostrando así que, el paisaje continúa caracterizándose por una baja diversidad de tipo de clases y en cambio una alta dominancia de coberturas, que para el caso en específico se caracterizan por su destinación a las actividades agropecuarias, siendo persistente su detrimento paisajístico.

Con base en lo anterior, podemos ver que ambos índices muestran una tendencia a la disminución, entre el 2014 y el escenario actual sin proyecto tanto en su diversidad como en su distribución, orientando así un posible patrón de uso del suelo el cual no favorece la diversidad ecológica, los cuales se relacionan de manera directa a actividades agropecuarias las cuales se han mantenido y aumentado en áreas de producción al interior del área de influencia del proyecto a través de los años.

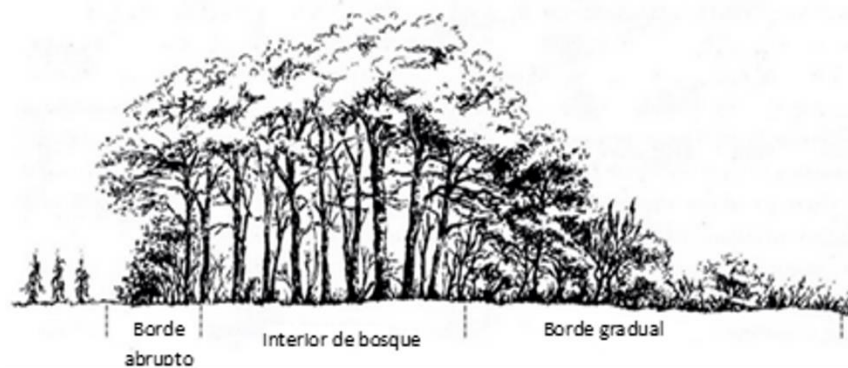
#### 3.3.1.4.1.2.2 Análisis de fragmentación a nivel espacial

Este análisis se basa en la localización de la continuidad espacial de un ecosistema a partir de su estructura, la cual se entiende como los elementos físicos que componen el paisaje. Mediante el análisis de fragmentación a nivel espacial se cuantificaron y mapearon las áreas en donde se presenta fragmentación. Con base en lo anterior se implementó el método introducido por Riitters *et al.* (2000), que permite distinguir entre los diferentes tipos de fragmentación.

Este se realizó a través del Sistema Automatizado para el Análisis Geocientífico (System for Automated Geoscientific Analyses SAGA) (Conrad, Bechtel, Böhner, Holl, & Kralisch, 2015), sobre una unificación de las coberturas boscosas o leñosas, ya que en conjunto conforman una sola estructura, que configura un borde gradual del elemento o un borde maduro (Fischer & Lindenmayer, 2007) sobre los cuales actúa los efectos de la fragmentación, como se muestra en la Figura 3-5.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	30

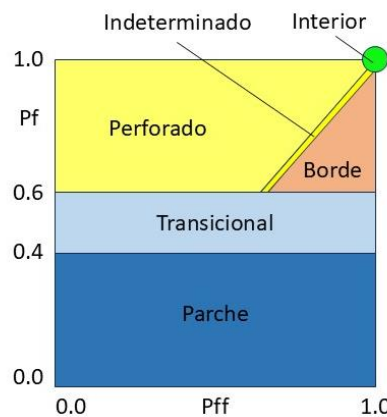
**Figura 3-5 Interior de bosque y tipos de borde**



Fuente: Riitters et al. (2000).

Este método mide la cantidad de celdas adyacentes al bosque dentro de una ventana de evaluación, determinando un grado de fragmentación. Los cálculos comienzan con la definición de la densidad Pf (proporción de celdas en la ventana que están cubiertas de bosque) y Conectividad Pff (en el sentido estricto y solo en puntos cardinales, de los pares de celdas que incluyan al menos una con bosque).

**Figura 3-6 Categorías de fragmentación**



Fuente: Adaptado de Riitters et al. (2000).

El área núcleo corresponde al área remanente al interior de un parche, descontando el área de borde, es decir, el área que se encuentra menos afectada por el efecto borde y mantiene las condiciones originales del ecosistema.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	31

El efecto borde se caracteriza por presentar diferencias microclimáticas entre los dos (2) lados del borde del bosque, creando un gradiente de temperatura, humedad y luminosidad que varían entre el interior y el borde de cada parche de bosque, el cual se estima que desaparece alrededor de los 50 metros al interior del fragmento. Las áreas núcleo corresponden entonces a las áreas mejor conservadas de cada tipo de ecosistema analizado. Las categorías analizadas se presentan a continuación en la Tabla 3-6:

**Tabla 3-6 Categorías de fragmentación espacial (SAGA)**

CATEGORÍA DE FRAGMENTACIÓN	DENSIDAD	DESCRIPCIÓN
Núcleo	Mayor a 0,9	Si densidad y conectividad = 1
Interior	Mayor 0,6	Si densidad > 0,90 y densidad = 100%
Perforado	Mayor 0,6	Si densidad > 0,6 y densidad es = conectividad
Borde	Mayor 0,6	Si densidad > 0,6 y densidad -conectividad > 0
Transición	0,4 < Densidad < 0,6	Si densidad > 0,6 y densidad - conectividad < 0
Parche	Menor a 0,4	Si 0,4 < Densidad < 0,6
Ninguno	Menor a 0,2	Si densidad < 0,4

Fuente: Adaptado de (Phua, Kuang, & Kumar, 2008)), antes Riitters et al., 2000

Para el análisis de las categorías de fragmentación a nivel espacial, se escogieron las coberturas cuya estructura vertical pueden llegar a general áreas núcleo y que estuvieran constituidas por más de un parche, es decir las coberturas de Guadales. De manera adicional se analizó la categoría de pastos enmalezados, por la importancia que los mismos representan dentro del área de estudio (Ver *Capítulo 03.3.1. BIOT( ECOTER)*). Los anexos se pueden consultar en *ANEXOS\K. MODELACIONES\4 Fragmentación y Conectividad\Fragmentación espacial*

- Guadales

En la Tabla 3-7, se observa la síntesis de los resultados generados a partir de la espacialización de las categorías de fragmentación en la cobertura Guadual, siendo esta la única unidad natural dentro del área de influencia del proyecto con más de un parche. Se reporta un área núcleo de 4,09 ha para el año 2024, frente a 8,85 ha para el año 2014, mostrando una notable disminución del núcleo, dando evidencias de la presión sobre estas coberturas dentro de la región. En consecuencia, el interior presenta un aumento de las áreas en categoría de interior pasando de 19,64 ha a 22,26 ha. Las categorías de perforado, borde y transicional presentaron resultados de cero (0), posiblemente por la transformación

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	32

del área, en donde domina un paisaje agrícola que puede condicionar la definición de áreas transicionales de dichas categorías y paisajística mostrar un cambio abrupto de manera estructural. En general, este tipo de paisaje tiende en términos estructurales a ser más homogéneo en contraste con paisajes naturales o mixtos, tendiendo a eliminar estas características sucesionales y convirtiéndose en áreas más uniformes.

Por su parte, los resultados guardan coherencia con las dinámicas identificadas en el análisis multitemporal de coberturas, en donde se perdió área efectiva de la cobertura de guadual, aumentando la fragmentación, a partir del aumento en el número de parches. Al analizar esto, con los resultados de esta modelación espacial, es posible considerar que las áreas de parche que se identificaron están directamente relacionadas con la pérdida de áreas núcleos y el aumento del área de interior, dejando la categoría de parche al borde de cada una de las teselas identificadas, tal y como se evidencia en las Figura 3-7, Figura 3-8 y Figura 3-9.

**Tabla 3-7 Áreas (ha) categorías de fragmentación para la cobertura Guadales**

CATEGORÍAS		2014	2024	CP
Núcleo		8,85	4,09	4,1
Interior		19,64	22,26	22,23
Perforado		0,00	0,00	0,00
Borde		0,00	0,00	0,00
Transicional		0,00	0,00	0,00
Parche		9,21	9,80	9,79
Ninguno		122,29	123,84	123,87
<b>Total</b>		<b>159,99</b>	<b>159,99</b>	<b>159,99</b>

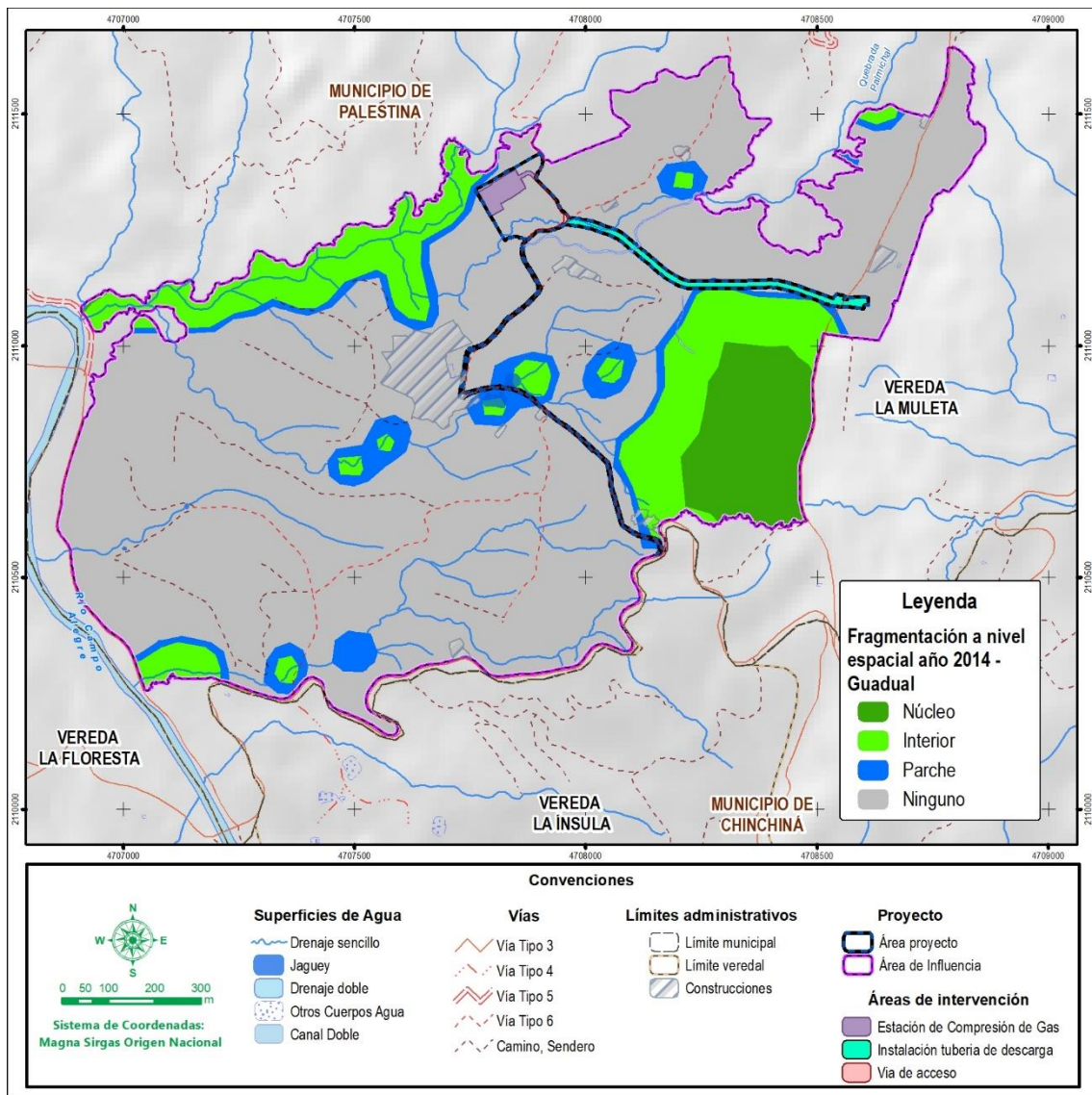
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

El análisis espacial estuvo direccionado de acuerdo con las características del paisaje, considerando que la cobertura de guadual, es la única cobertura natural con más de un parche que se dispone dentro del área de influencia, en donde el paisaje está dominado por una matriz agrícola, de tal manera se estableció un umbral mínimo de densidad de cobertura de guadales para identificar áreas como bosque interior, reconociendo la importancia de mantener áreas con una cobertura mínima de guadales para la biodiversidad local y la estructura del paisaje, dado que, en el sector, los guadales sirven como hábitat para diversas especies de animales y plantas menores; asimismo, motivar y soportar la movilidad de las especies y proporcionar servicios ecosistémicos.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	33

Con base en lo anterior, podemos apreciar que la cobertura asociada al Guadual está siendo afectada por la expansión de actividades agrícolas, lo cual se relaciona con la reducción del área núcleo, ausencia de áreas transicionales y el aumento del área del interior. Estos cambios permiten inferir una homogenización de las distintas unidades de cobertura al interior del área de influencia del proyecto, producto de las modificaciones en su uso. De acuerdo con esto, una de las medidas para mitigar la fragmentación, resulta de la implementación de acciones de conectividad entre fragmentos naturales.

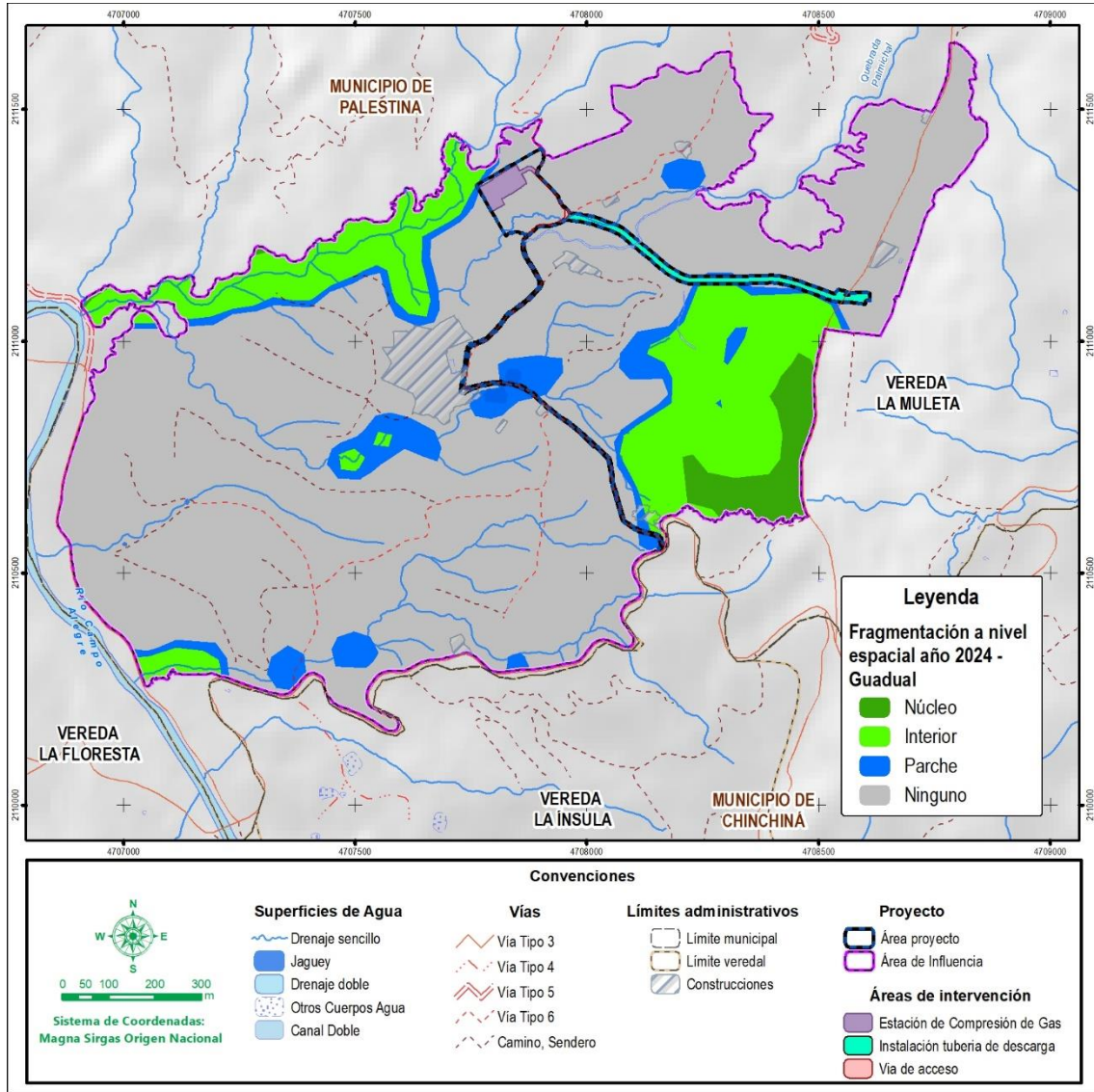
**Figura 3-7 Fragmentación a nivel espacial año 2014 - Guadual**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	34

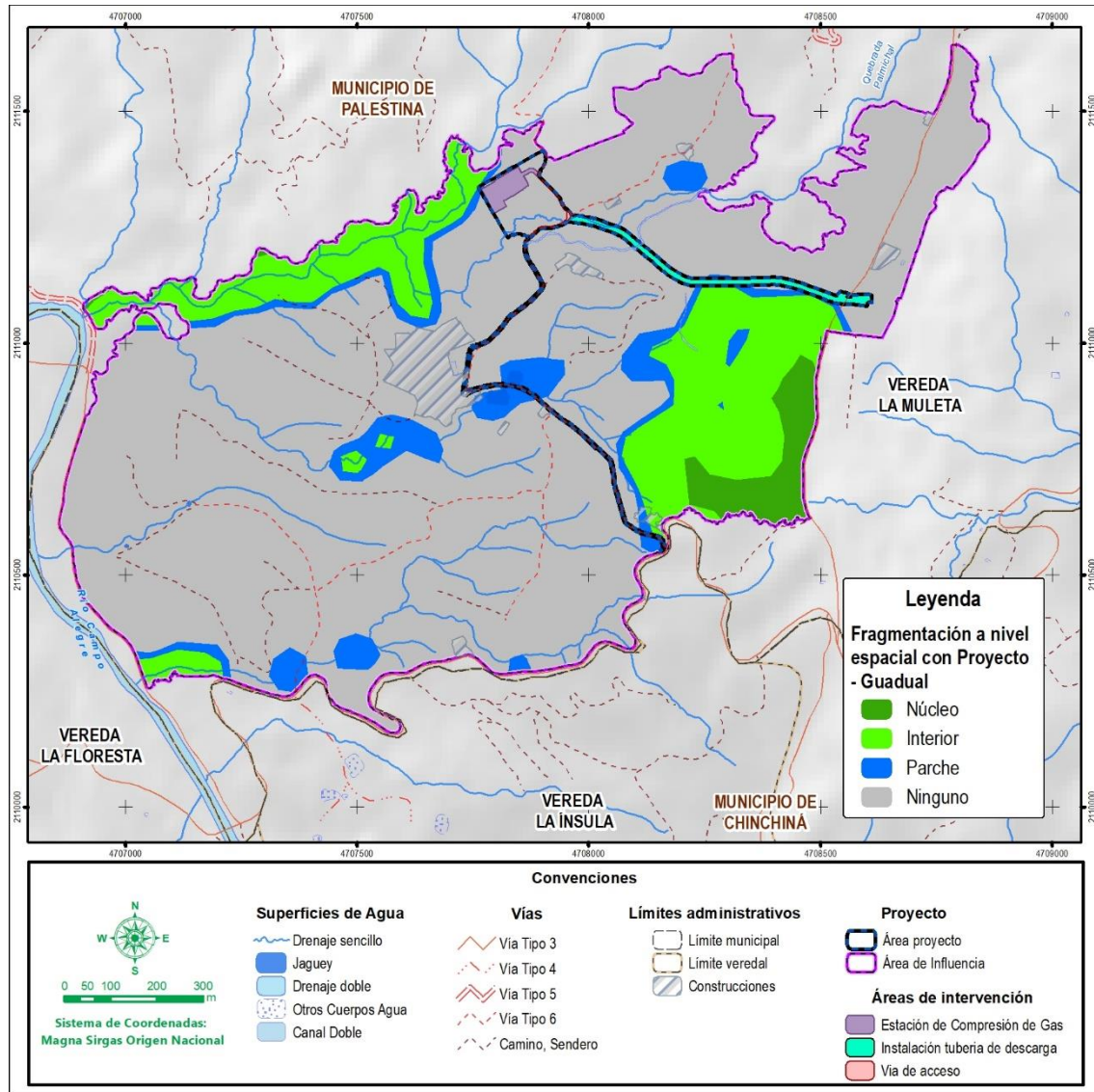
Figura 3-8 Fragmentación a nivel espacial año 2024 -Guadual



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	35

**Figura 3-9 Fragmentación a nivel espacial con Proyecto - Guadual**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

- Pastos enmalezados

En la Tabla 3-8, se observa la síntesis de los resultados generados a partir de la espacialización de las categorías de fragmentación en la cobertura pastos enmalezados, que, aunque se trata de una cobertura transformada, la misma se identificó dentro del área de influencia con una alta importancia ambiental, pues se encuentra asociada a áreas húmedas y cauces, recreando hábitat para múltiples especies. Esta cobertura es una de las mejor representadas dentro del área de influencia en donde de acuerdo con el análisis

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	36

espacial, no reporta área núcleo en ninguna de las temporalidades, evidenciando la baja densidad de vegetación de tipo arbóreo o arbustivo y su estructura espacial abierta, resultado de las dinámicas antrópicas que la tipifican. El área de interior paso de 33,82 ha en 2014 a 54,57 ha en 2024 y disminuyó en el escenario con proyecto a 52,46 ha, esto resalta la importancia de estas áreas ya que se considera que estas, se encuentran alejadas de los bordes y pueden tener condiciones más estables en términos de influencia exterior para modificar o afectar los hábitats. Esta es la categoría donde se identifica que podrían confluir las relaciones faunísticas en términos de refugio y obtención de recursos. Las categorías de perforado, borde y transicional presentaron resultados de cero (0), posiblemente por el grado de transformación de la cobertura y la falta de densidad arbórea.

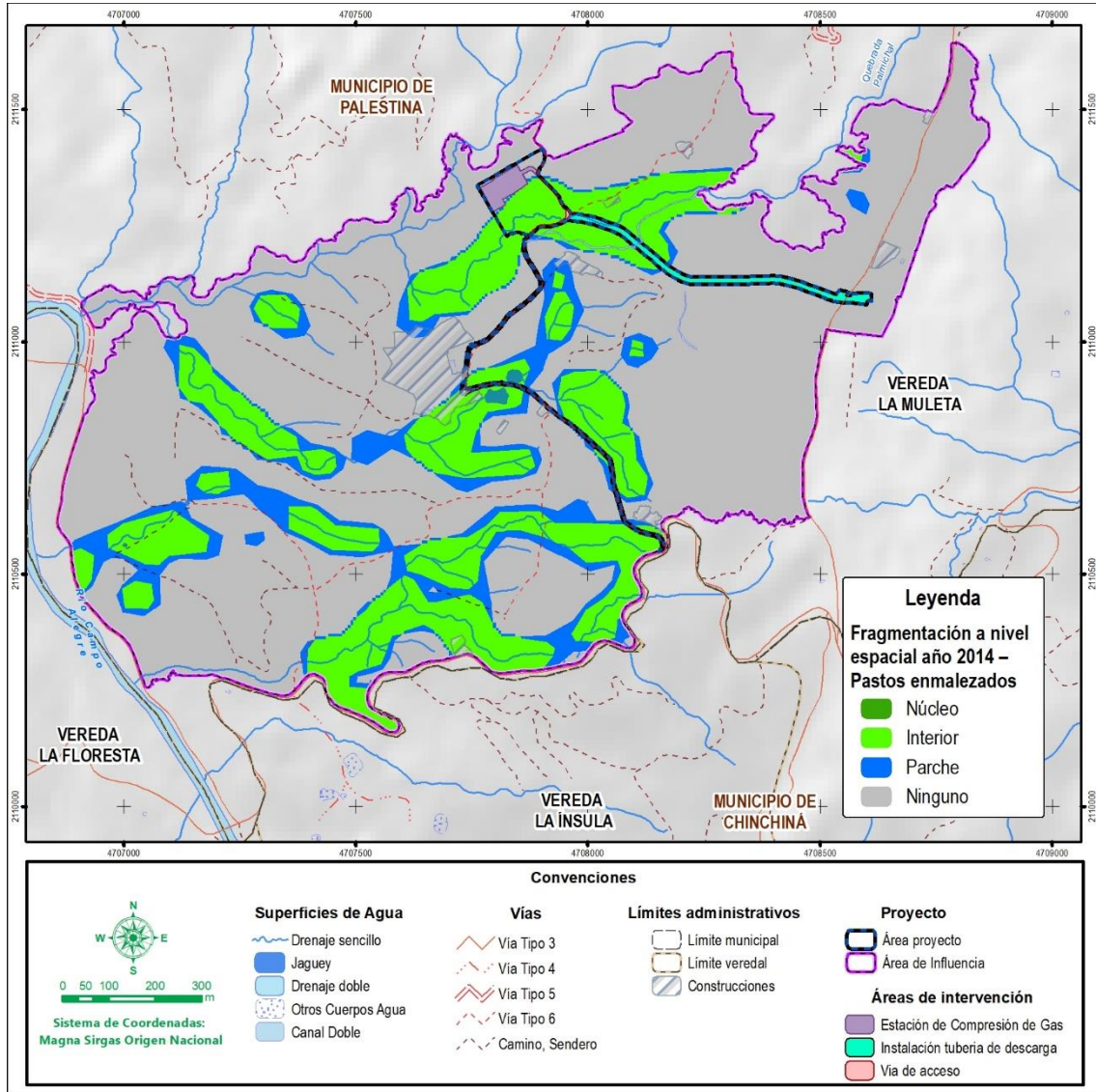
**Tabla 3-8 Áreas (ha) categorías de fragmentación para la cobertura de pastos enmalezados**

CATEGORÍAS	2014	2024	CP
Núcleo	0,00	0,00	0,00
Interior	33,82	54,57	52,46
Perforado	0,00	0,00	0,00
Borde	0,00	0,00	0,00
Transicional	0,00	0,00	0,00
Parche	14,00	13,74	13,72
Ninguno	112,17	<b>91,68</b>	93,81
<b>Total</b>	<b>159,99</b>	<b>159,17</b>	<b>159,17</b>

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Por medio de la Figura 3-10, Figura 3-11 y Figura 3-12, se espacializan las modelaciones realizadas para esta cobertura, para los años 2014, 2024 y el escenario con proyecto de manera respectiva.

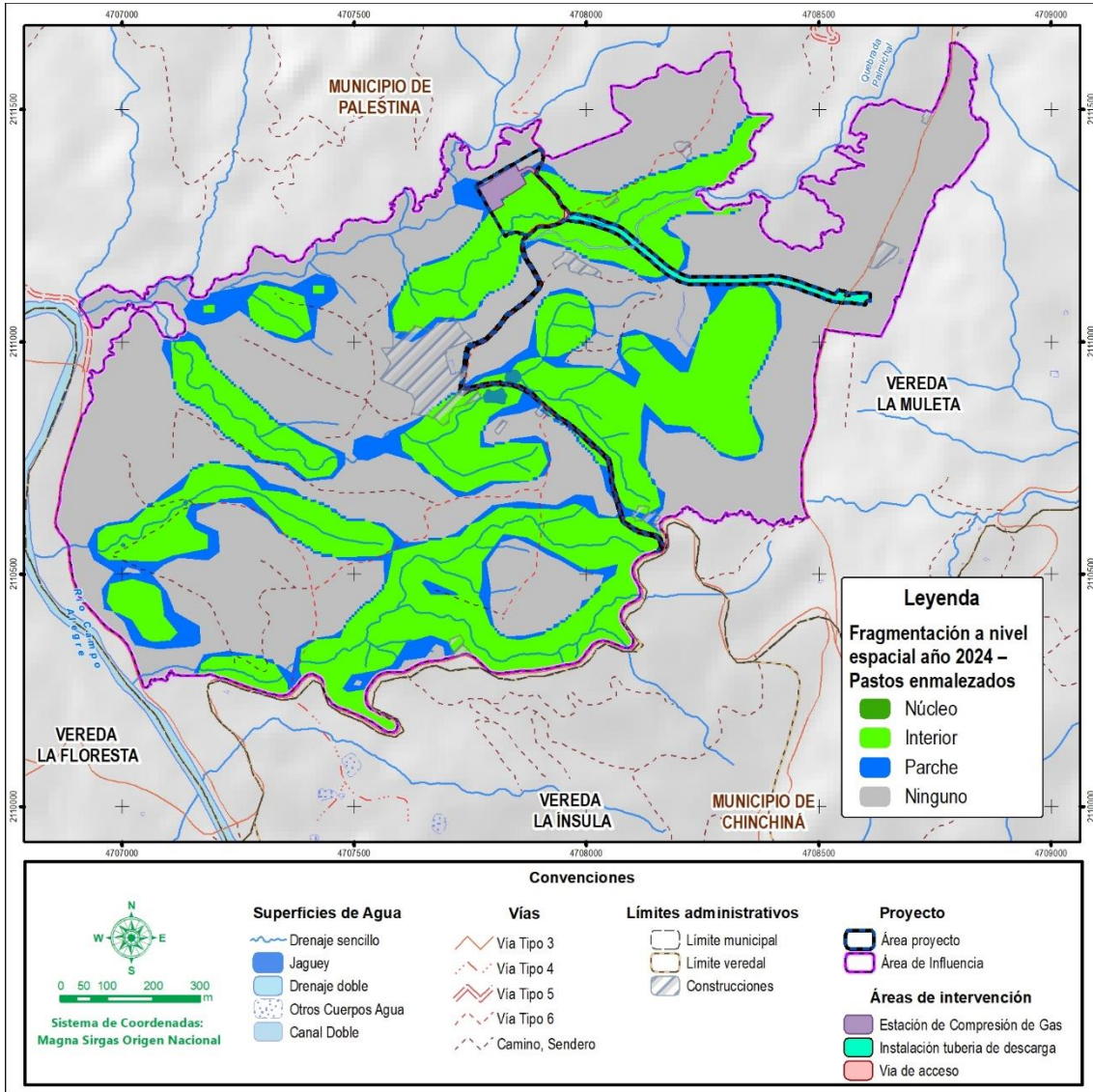
Figura 3-10 Fragmentación a nivel espacial año 2014 – Pastos enmalezados



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	38

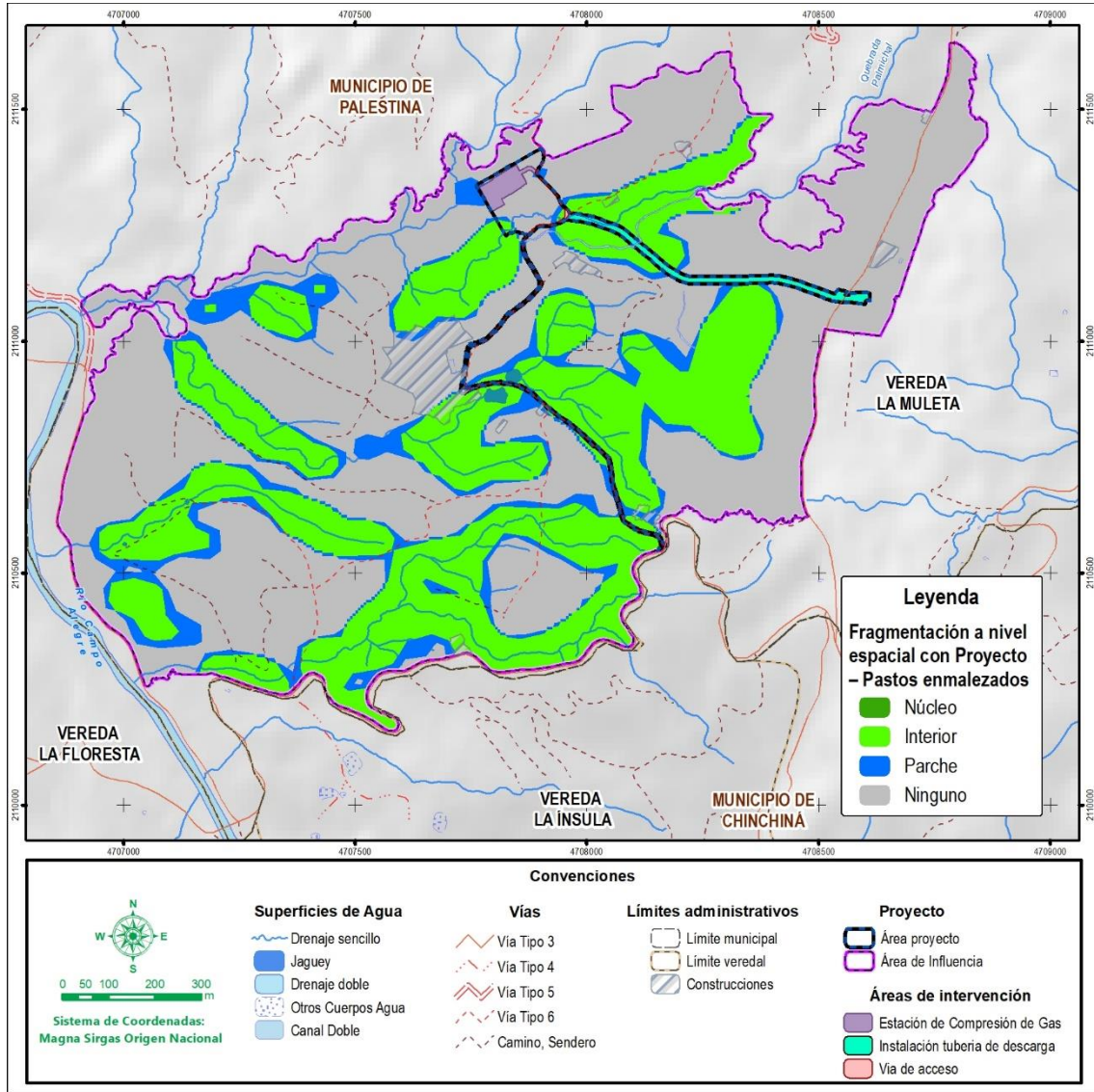
Figura 3-11 Fragmentación a nivel espacial año 2024 – Pastos enmalezados



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	39

Figura 3-12 Fragmentación a nivel espacial con Proyecto – Pastos enmalezados



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

### 3.3.1.4.1.3 Análisis de Conectividad

### 3.3.1.4.2 Análisis de conectividad estructural

Para el análisis de la conectividad de los ecosistemas terrestres, se consideran las coberturas que representan los hábitats principales de las especies. Cada parche fue

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	40

evaluado en términos de su conectividad con otros parches, su capacidad para facilitar el flujo entre ellos, y su función como parches de conexión (o “stepping stones”) a nivel local.

Para este propósito, se utilizó el software Conefor Sensinode 2.6 (Saura & Tórne, 2009) mediante el cual se obtuvo el índice de probabilidad de conectividad “dPC”. Este índice refleja la probabilidad de que dos puntos seleccionados al azar en el paisaje funcionen como hábitat para una especie, y se calcula a partir del área disponible de hábitat (dPCintra), el flujo de conexiones del parche (dPCflux) y la contribución de cada parche a la conectividad general (dPCconnector).

Los datos fueron clasificados en cinco (5) categorías con base en el método de cortes naturales de Jenks, este tipo de clasificación identifica los intervalos buscando agrupamientos y patrones inherentes a los datos minimizando la variación dentro de cada categoría. Los datos son ordenados de menor a mayor y son dividido en clases cuyos límites se sitúan dónde están los mayores cortes (Jenks, 1967)

Los resultados de dPCintra, en color rojo (1,031185-1,454131), representan potenciales hábitats para la fauna. La extensión de estos parches es esencial para garantizar la estabilidad de las poblaciones y la conectividad en el paisaje. Este análisis se destaca la importancia de los Guadales (bosques riparios o de galería) como hábitats clave. Dentro del área de influencia, se identificó un parche de gran tamaño, con aproximadamente 12 hectáreas, ubicado en la zona centro-oriental, y dos parches adicionales más pequeños, de 0,036 y 0,082 hectáreas, localizados en el centro del área.

Además, algunos parches aislados pueden mejorar la conectividad en el índice dPCintra debido a su disponibilidad de área (ver Figura 3-13). En color naranja (0.680744-1.031184), se identificaron tres parches pequeños de guadales. Los de mayor tamaño se encuentran en el centro del área de influencia, con extensiones de 0.048778 y 0.106649 hectáreas, mientras que el de menor tamaño, con 0.065695 hectáreas, está ubicado en el suroriente del área. Los parches en esta categoría están cercanos a pastos enmalezados, lo que podría influir positivamente en su conectividad, ya que los pastos densos pueden actuar como zonas de tránsito para algunas especies.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	41
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

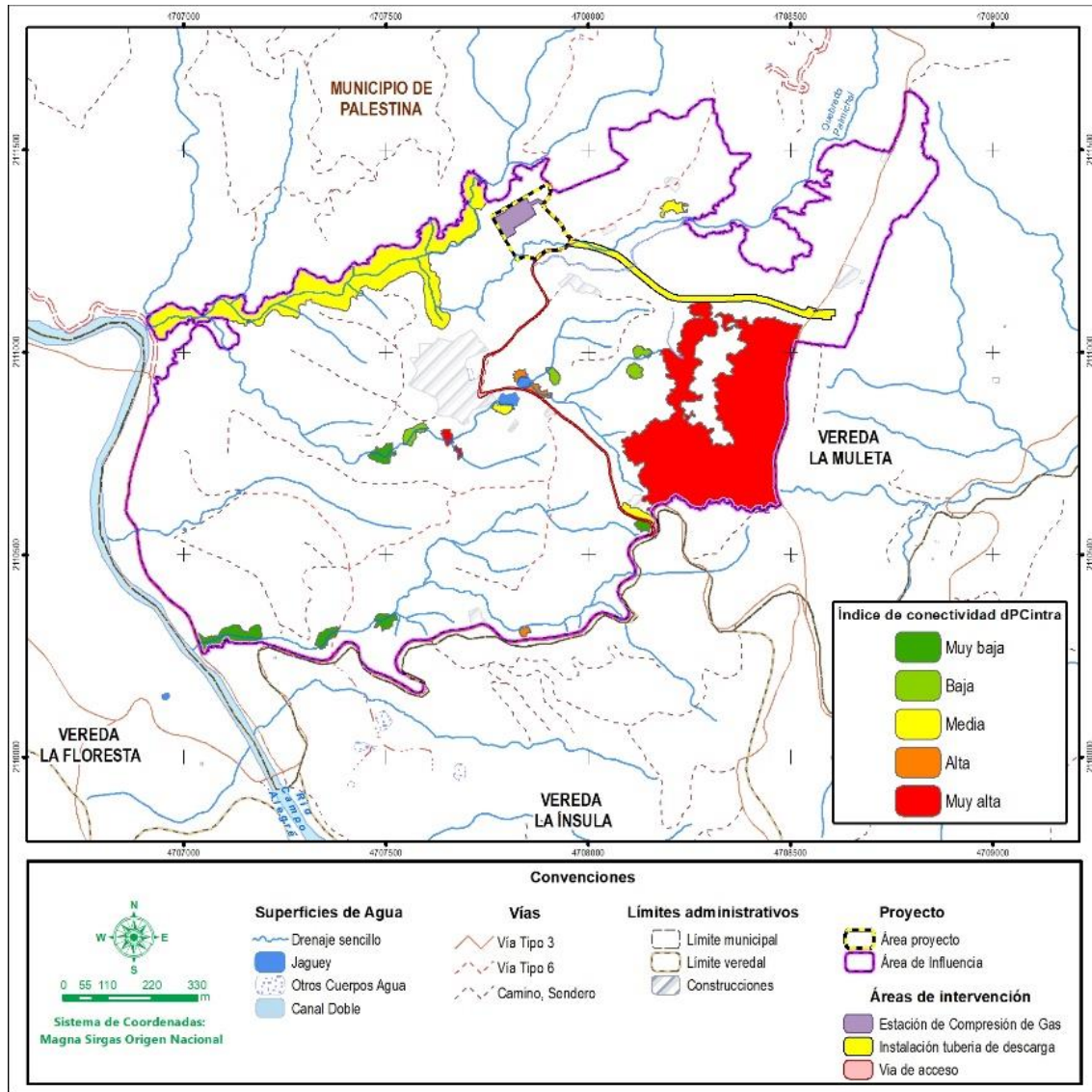
En color amarillo (0.326274-0.680743), se delimitaron cuatro polígonos. Uno está ubicado en el centro-norte, con un área de 0.141887 hectáreas; otro, en el centro, con 0.1010 hectáreas. El tercer polígono, con una cobertura diferente (vegetación secundaria), abarca 0.148934 hectáreas. El cuarto y de mayor extensión corresponde a un área de guaduales con 6.151686 hectáreas a pesar de ser uno con mayor área no posee núcleo esto hace que su categoría baje ya que es un parche largo y delgado, sin embargo, esta ubicación lo convierte en elementos clave para la conexión entre el interior del área de influencia y su periferia, funcionando como puntos de transición entre hábitats naturales y zonas más intervenidas.

Los polígonos verdes claros (0.100703-0.3266273) incluyen cuatro áreas de cobertura de guaduales, con tamaños que varían entre 0.086243 y 0.141887 hectáreas. Uno de estos polígonos está en el centro del área de influencia, dos están ubicados hacia el norte, a aproximadamente 200 y 230 metros, y otro se encuentra en el noroccidente. Los parches en esta categoría están más cercanos a cultivos, lo que podría limitar su funcionalidad debido a posibles disturbios agrícolas como el uso de agroquímicos o la fragmentación del hábitat.

Finalmente, para la categoría más baja, representada en verde oscuro (0.004028-0.100702), se identificaron cinco polígonos, con áreas que oscilan entre 0.016015 y 0.199266 hectáreas. Estos se localizan principalmente en el sur del área de influencia además están en áreas cercanas a cultivos lo que puede ocasionar la calificación baja.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	42
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

Figura 3-13 dPCintra.

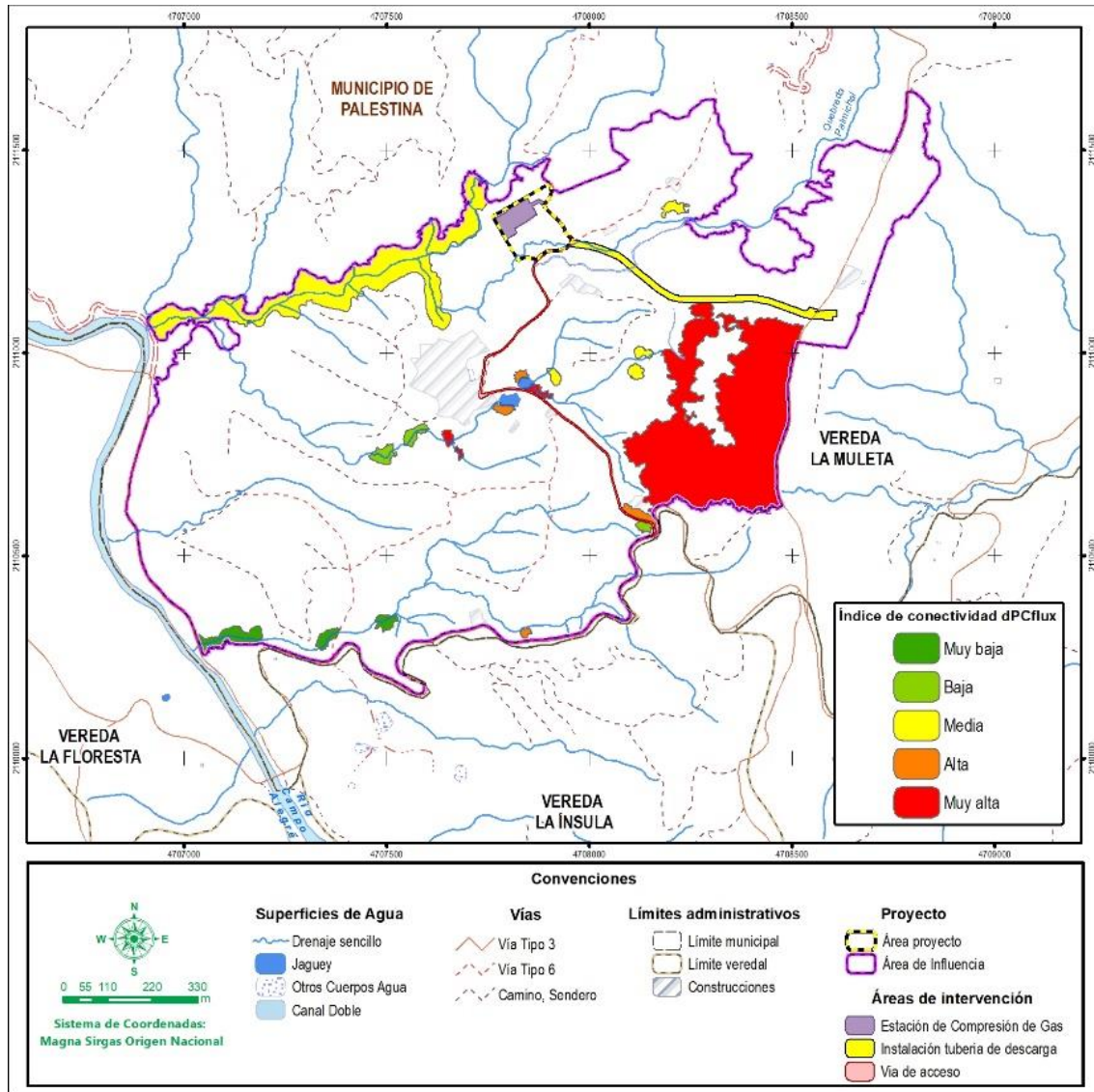


Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

El análisis dPCflux destaca en color rojo los parches con las conexiones más robustas en el paisaje (ver Figura 3-14). El parche de 12 ha y el de 6,15 ha mantienen su categoría como elementos esenciales para la conectividad, mientras que varios parches pequeños en el centro del área han aumentado de categoría, consolidándose como puntos críticos para la conectividad funcional. Además, estos parches más pequeños están ubicados cerca de jagüeyes, y es ampliamente conocido que los cuerpos de agua, en general, son vitales para la fauna, ya que proporcionan recursos esenciales como agua y refugio.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	43

Figura 3-14 dPCflux.



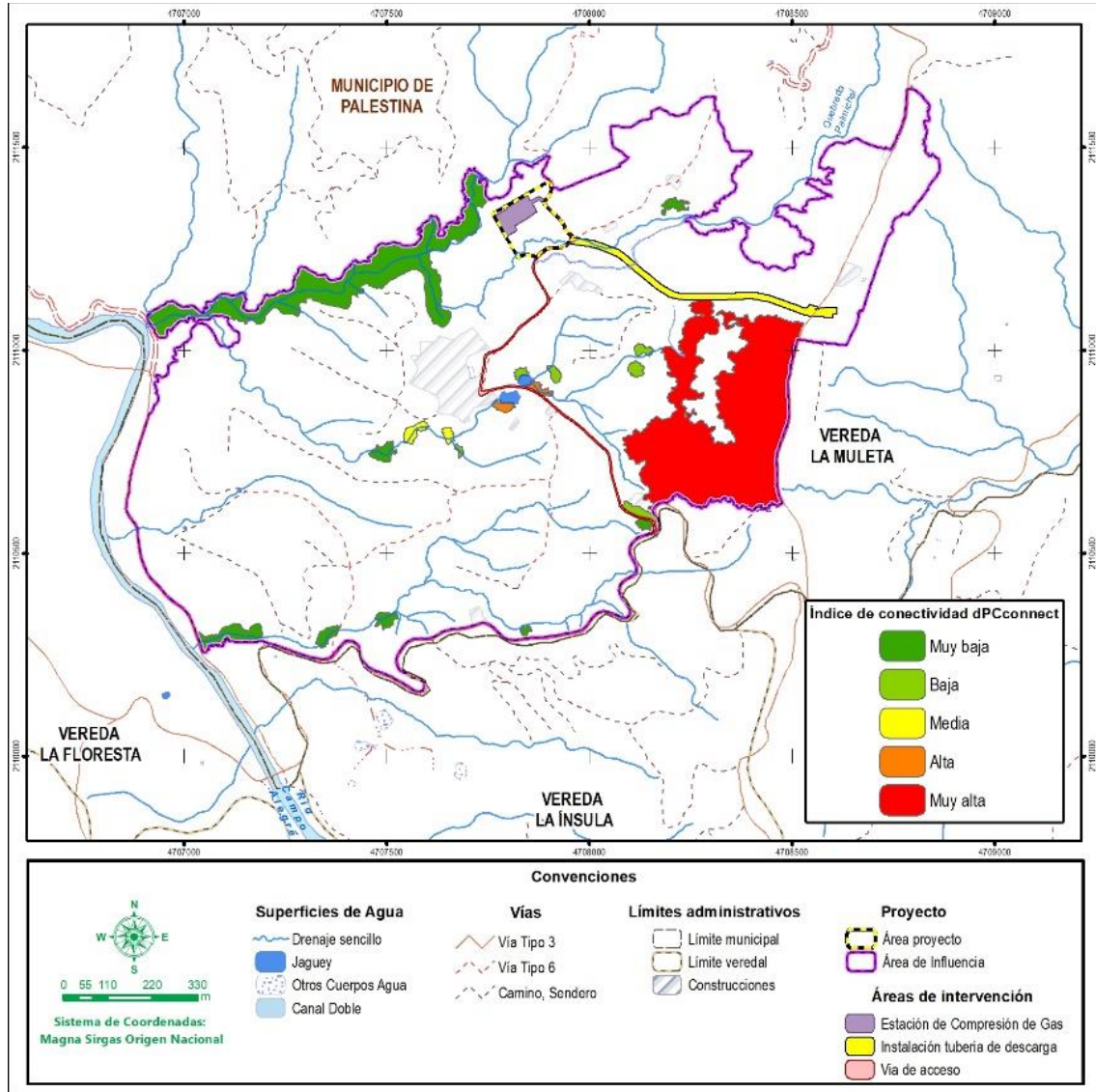
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

El análisis dPCconnect resalta la importancia estratégica de los parches en color rojo y naranja, independientemente de su tamaño (ver Figura 3-15). Incluso parches pequeños, como los de 0,082 ha y 0,036 ha, tienen un alto valor debido a su ubicación estratégica, que les permite conectar hábitats aislados. Los parches en color amarillo y verde claro, aunque menos determinantes, contribuyen a mantener conexiones secundarias hacia áreas periféricas, actuando como "puentes" esenciales para especies con movilidad moderada.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	44

La pérdida de estos parches podría tener un impacto significativo en la conectividad estructural del paisaje.

**Figura 3-15 dPCconnect.**



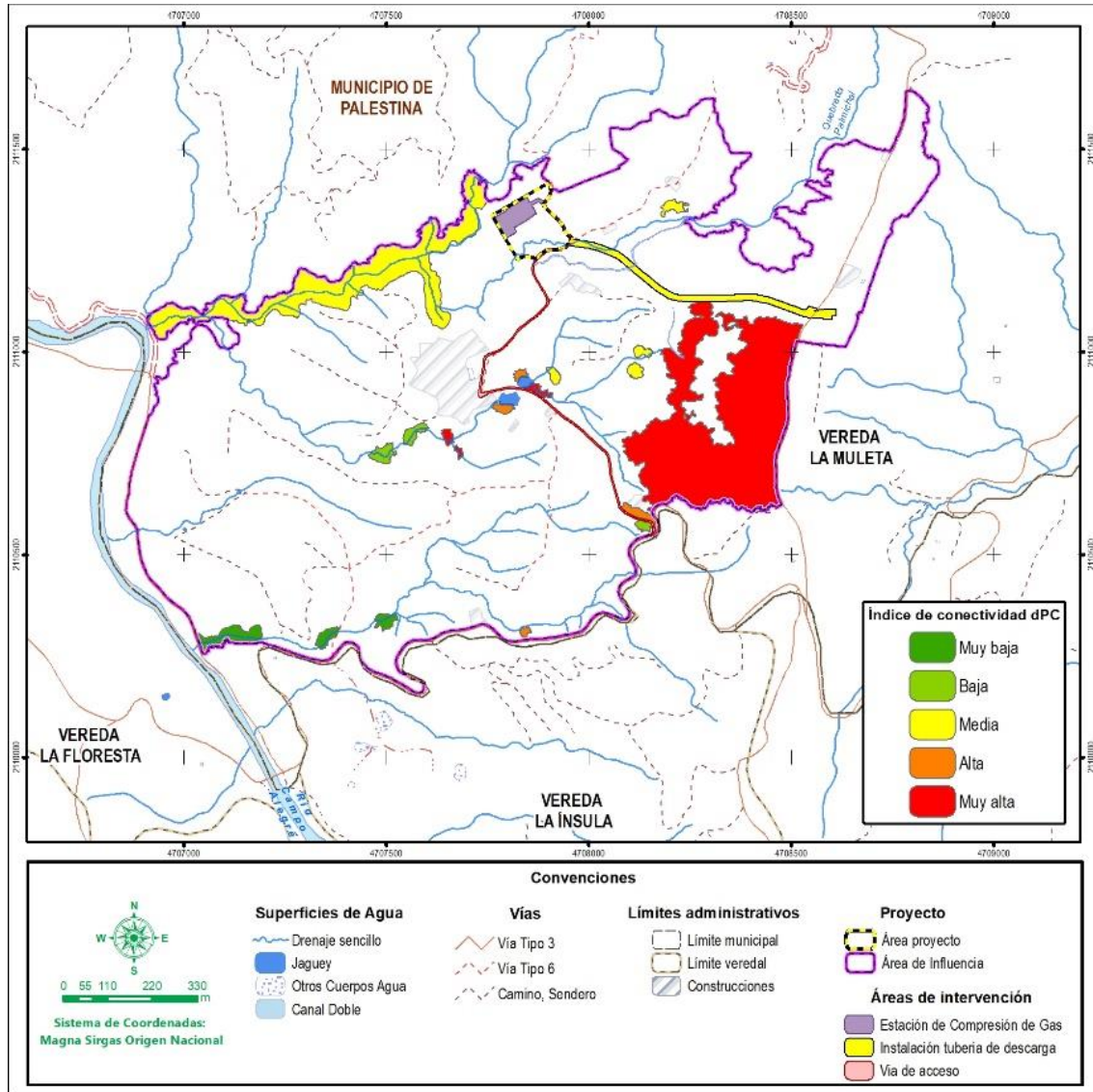
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

En conjunto (ver Figura 3-16), los resultados subrayan la relevancia de los guaduales como hábitats clave y corredores ecológicos. El parche más grande (12 ha) es el elemento más importante para la conectividad total del paisaje, seguido por otros parches

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	45

estratégicamente ubicados. Aunque los parches más pequeños (colores naranja y amarillo) tienen menor área, actúan como enlaces fundamentales entre parches distantes.

Figura 3-16 dPC.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	46

### 3.3.1.4.3 Análisis de conectividad funcional

La conectividad ecológica puede ser valorada desde dos componentes fundamentales, el primero corresponde al componente estructural que lo determina el patrón espacial y la forma de conexión de los diferentes tipos de hábitat (parches) o coberturas del paisaje, en tanto que el componente funcional se asocia a la respuesta en la conducta de los individuos y especies ante la estructura física del paisaje, siendo influenciados por las características del hábitat, el grado de tolerancia a ambientes alterados y la fase de vida (Bennet, 2004). Con base en ello, se valora en este numeral la conectividad estructural en función de la configuración de las coberturas naturales y seminaturales, las cuales favorecen el desplazamiento de la fauna, por otra parte, se valora la conectividad funcional reflejando los nichos de las especies en el paisaje, para de esta manera definir su distribución espacial y el patrón de usos de las coberturas.

#### 3.3.1.4.3.1 Selección de las especies a modelar

Para llevar a cabo la modelación de la conectividad funcional se seleccionaron dos (2) especies con el fin de tener en cuenta diferentes rasgos y necesidades de conectividad en el paisaje que puede tener la fauna presente en el área de estudio. Para ello dentro de cada uno de los grupos de fauna caracterizados, se identificaron especies que permitieran representar o cubrir de forma amplia las características de las especies reportadas para el componente de fauna con información primaria.

La selección se dio a partir de diferentes rasgos como la distribución potencial en el área de estudio, funciones ecológicas o gremios tróficos, usos de hábitat, capacidad de dispersión, patrones de actividad, endemismo, sensibilidad a disturbios antrópicos o amenaza según el grupo taxonómico, importancia socioeconómica. Se modeló el posible movimiento de especies, basado en las estrategias de historia de vida de las especies *Leopardus pardinoides*, una especie clave, en estado vulnerable y de paisaje (González-Maya, Zarrate-Charry, Castaño-Uribe, & Ange-Jaramillo, 2013), y el gurre (*Dasyops novemcinctus*) una especie con baja movilidad, pero amplio rango de distribución. En el ANEXO 11. MODELACIONES / 11.4 Fragmentación y conectividad / 11.4.4 Conectividad, pueden ser consultados los insumos de entrada y salidas de los modelos desarrollados en el presente numeral.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	47
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

### 3.3.1.4.3.2 Resultados del análisis de conectividad funcional


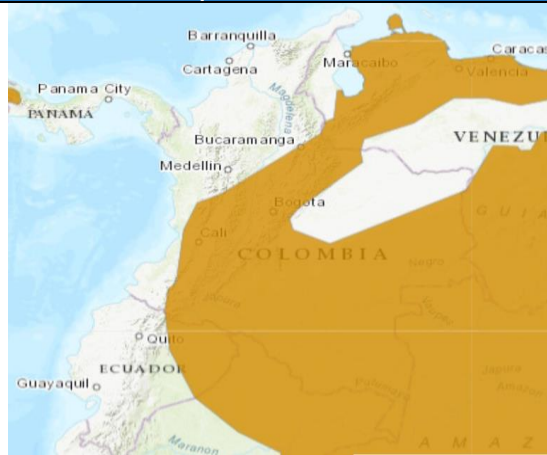
A continuación, se presenta el resultado de las modelaciones de conectividad funcional para las especies *Leopardus pardinoides* y *Dasyopus novemcinctus*.

- Tigrillo lanudo (*Leopardus pardinoides*)

*Leopardus pardinoides* tiene una distribución amplia desde Norteamérica hasta Sudamérica, abarcando países como México, Colombia, Brasil y Argentina. Habita principalmente en bosques húmedos, siempre verdes, secundarios y páramos en altitudes de hasta 4,500 m, aunque puede encontrarse en hábitats alterados cerca de asentamientos humanos si hay suficiente cobertura forestal y presas disponibles. Es un felino nocturno-crepuscular cuya dieta incluye aves, pequeños mamíferos y lagartos, cumpliendo un posible rol en el control de plagas. Su estado de conservación es "vulnerable" según la UICN debido a la pérdida de hábitat, caza para comercio de pieles y conflictos con humanos. Tiene densidades bajas, generalmente entre 1 y 5 individuos por cada 100 km. Su rango de hogar varía entre 1 y 17 km<sup>2</sup>, es decir aproximadamente 1,700 hectáreas, siendo menor en hembras que en machos. Su conservación está limitada por la fragmentación de hábitat, la caza y el comercio ilegal.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	48
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

**Tabla 3-9 Ficha ecológica de *Leopardus pardinoide*s.**

<b><i>Leopardus pardinoide</i>s (Tigrillo lanudo)</b>				
<b>Categoría de amenaza</b>				<b>Tamaño Poblacional:</b> Individuos (8,932-10,208 maduros)
<b>CITES 2024</b>	<b>IUCN 2024-2</b>	<b>Libro rojo (2016)</b>	<b>Res. 126 (2024)</b>	<b>Tendencia Poblacional:</b> Disminución
I	VU	VU	VU	<b>Rango Distribución:</b> 0-3,626 m.s.n.m.
<b>Registro fotográfico</b>				<b>Mapa de distribución</b>
 <p align="center">Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.</p>				 <p align="center">Fuente: IUCN, 2025.</p>
<b>Aspectos ecológicos</b>				
<p>La distribución de <i>Leopardus pardinoide</i>s es continua a lo largo de Norte, Centro y Sur América, abarcando países como Argentina, Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guyana Francesa, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, Surinam, Estados Unidos, Uruguay y Venezuela (Garman, 1997). Este felino habita principalmente en bosques húmedos siempre verdes, bosques maduros, secundarios y deciduos. En Colombia, se encuentra en altitudes superiores a los 1.500 m, llegando hasta los 4.500 m en áreas de páramo (Jorgenson, 2006). Aunque puede aparecer en hábitats alterados cerca de asentamientos humanos, esto depende de la presencia de cobertura natural y una base de presas adecuada (Oliveira T. G., 2008). En áreas como la Caatinga seca del noreste de Brasil, su presencia está asociada a una cobertura forestal densa y la lejanía de asentamientos rurales (Marinho, 2015).</p> <p>El tigrillo lanudo presenta un patrón de actividad principalmente nocturno-crepuscular, aunque en algunas zonas, como ciertas regiones de Brasil, puede ser altamente diurno. Su dieta se basa principalmente en aves, pequeños mamíferos como roedores y lagartos (Sunquist &amp; Sunquist, 2002). Si bien no se cuenta con información detallada sobre su papel ecológico, es probable que, como pequeño depredador terrestre, contribuya al control de poblaciones de roedores que podrían actuar como plagas.</p>				
<b>Estado actual y amenazas</b>				
<p>Esta especie fue intensamente cazada en toda su distribución con fines de comercio de pieles, siendo una de las más comercializadas entre 1976 y 1982, aunque esta práctica ha disminuido. También se tiene como medida de prevención por ser considerada un depredador de animales domésticos, como gallinas (Garman, 1997; Sunquist &amp; Sunquist, 2002). Además, la especie es buscada para el comercio ilegal de mascotas exóticas.</p> <p>Actualmente, la principal amenaza para <i>Leopardus pardinoide</i>s es la pérdida y fragmentación de su hábitat, particularmente en los bosques nublados y laderas andinas, debido al desarrollo agropecuario intensivo (Jorgenson, 2006). Las carreteras, el comercio ilegal y las muertes por conflicto de campesinos también contribuyen al declive de sus poblaciones (Schipper, 2010).</p> <p>En términos de conservación, el tigrillo lanudo está clasificado como “vulnerable” en la Lista Roja de la UICN (IUCN, 2024). Durante las décadas de 1970 y 1980, su población se redujo significativamente debido a la cacería excesiva, lo que llevó a que fuera incluida como “vulnerable” entre 1982 y 1990. Posteriormente, su estado mejoró y fue considerada “casi amenazada” entre 1996 y 2007. Sin embargo, a partir de 2008, se observó un nuevo declive en sus poblaciones, lo que resultó en su reclasificación como “vulnerable”. Aunque está protegida por el Apéndice I de CITES, es poco frecuente encontrar a la especie en áreas protegidas (CITES, 2023). Finalmente, aún existen incertidumbres en la filogenética de la especie, y se ha planteado que las poblaciones en el extremo norte de su rango de distribución podrían representar una especie distinta (Schipper, 2010).</p>				
<b>Densidad y diversidad relativa</b>				
<p>El tigrillo lanudo es considerado una especie rara o poco común, con densidades poblacionales generalmente bajas en la mayoría de su área de distribución, lo cual resulta atípico para un felino de su tamaño. Las densidades suelen variar entre</p>				

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	49
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

1 y 5 individuos por cada 100 km<sup>2</sup>, aunque en ciertas áreas localizadas, donde los ocelotes son escasos o están ausentes, pueden alcanzar valores más altos de entre 15 y 25 individuos por cada 100 km<sup>2</sup> (Oliveira, et al., 2010; Oliveira T. , 2011. ).

La presencia y densidad de *Leopardus pardinoides* se ven significativamente afectadas por *Leopardus pardalis*, un felino de mayor tamaño que actúa como su competidor o potencial depredador dentro de los mismos ecosistemas (Oliveira, et al., 2010; Oliveira T. , 2011. ).

**Migración y corredores de movimiento**

Aunque la información sobre su área de distribución es limitada, se ha documentado que el rango de hogar del tigrillo lanudo es mucho mayor de lo esperado para un felino de su tamaño. En general, este rango oscila entre 1 y 17 km<sup>2</sup> (Oliveira, et al., 2010). Las hembras tienen un rango de hogar más reducido, entre 0,9 y 2,3 km<sup>2</sup>, mientras que los machos pueden ocupar áreas significativamente más grandes, de 4,8 a 17 km<sup>2</sup> (Schipper, 2010).

**Áreas de importancia para cría, reproducción y alimentación**

En hábitats alterados, el tigrillo lanudo puede encontrarse cerca de asentamientos humanos, siempre que exista cobertura natural y una población adecuada de presas (Oliveira T. G., 2008). Sin embargo, su presencia se favorece en zonas con mayor densidad forestal y lejos de asentamientos rurales, como se ha observado en la Caatinga seca del noreste de Brasil (Marinho, 2015).

En cuanto a su reproducción, las hembras alcanzan la madurez sexual a los 2 años, mientras que los machos lo hacen a los 18 meses. El estro tiene una duración de 3 a 9 días, disminuyendo con la edad, y el apareamiento ocurre generalmente a principios de primavera. El periodo de gestación dura aproximadamente 75 días. Aunque las hembras suelen parir un solo gatito por ciclo reproductivo, pueden llegar a tener hasta 3 crías por camada (Oliveira & Cassaro, 2005). No se cuenta con información sobre el sistema de apareamiento en estado salvaje, pero los individuos en cautiverio parecen mantener relaciones monógamas de por vida. Después del apareamiento, los machos no participan en la crianza.

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

◇ Matriz de resistencias para *L. pardinoides*

La Tabla 3-10 presenta en detalla las fuentes y autores de las variables utilizadas para estimar el mapa de resistencias para le especie *Leopardus pardinoides*. Entre las variables incluidas se encuentran las coberturas de la tierra, las vías y los centros poblados. En el caso de las coberturas, la información proviene de un mapa específico elaborado para el proyecto, con una escala de 1:25.000. Por otro lado, tanto las vías como los centros poblados tienen como fuente la base de datos geográfica del proyecto proporcionada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

**Tabla 3-10 Variables analizadas en la identificación de la variabilidad antrópica y ambiental de los corredores.**

Variable	Fuente	Autor	Año
Coberturas	Mapa de coberturas de la tierra para el proyecto escala 1:25.000	CONSGA BIC S.A.S	2024
Vías	GDB proyecto - IGAC	CONSGA BIC S.A.S - IGAC	2024
Centro poblados	GDB proyecto - IGAC	CONSGA BIC S.A.S - IGAC	2024

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024

De acuerdo con las variables presentadas en la Tabla 3-9, y la información ecológica de la especie *Leopardus pardinoides*, se asignaron valores de resistencia de acuerdo con el tipo

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 02	50

de cobertura vegetal, cercanía a vías y cercanía a centros poblados, conforme a los rangos que puedan generar una restricción para el movimiento de la especie Tabla 3-11.

En el caso de las coberturas, se asigna una resistencia de 0 a áreas naturales como bosques densos altos y riparios, señalando condiciones favorables para especies como el tigrillo lanudo. Por otro lado, coberturas con mayor intervención humana, como canales, zonas pantanosas, vegetación secundaria o infraestructura (hoteles, tejido urbano, y vías), presentan valores de resistencia más altos (hasta 100), reflejando mayores niveles de impacto ambiental. En relación con las vías y los centros poblados, se observa un patrón de mayor resistencia a medida que aumenta la proximidad a estas infraestructuras. Áreas a menos de 10 m presentan una resistencia de 90, disminuyendo progresivamente con la distancia, hasta no tener efectos significativos a partir de los 200 m.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 02	51
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

**Tabla 3-11 Valores de resistencia asignados para *L. tigrinus*.**

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	%	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIA
Coberturas	Aguacate	70	Plantaciones agrícolas ofrecen baja cobertura y recursos para esta especie; alto nivel de perturbación humana.	(Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2018)
	Café	40	Los cultivos de café en sombra pueden proporcionar refugio y presas pequeñas, aunque la fragmentación afecta.	(Boron V. D.-G., 2019)
	Canales	80	La modificación de canales naturales altera el hábitat ripario y reduce la disponibilidad de refugio.	(Paolino, et al., 2018)
	Cuerpos de agua artificiales	90	Estos cuerpos de agua son poco usados debido a la alteración de los bordes y la falta de vegetación circundante.	(Armenteras, Gaast, & H., 2003)
	Explotación de hidrocarburos	95	Altos niveles de perturbación y ruido, con pérdida significativa del hábitat para <i>Leopardus pardinoides</i> .	(Dias, Lima-Massara, de Campos, & Guimarães Rodrigues, 2020)
	Guaduales	0	Los guaduales ofrecen refugio denso, conectividad ecológica y abundancia de presas pequeñas.	(Armenteras, Gaast, & H., 2003)
	Guayaba	70	Similar a otros cultivos frutales, carece de complejidad estructural y aumenta la fragmentación del paisaje.	(Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2018)
	Jaguey	50	Áreas con agua y vegetación cercana ofrecen cierto refugio y recursos limitados.	(Paolino, et al., 2018)
	Mosaico de cultivos	60	Puede proveer conectividad limitada, aunque hay riesgo de conflicto con actividades humanas.	(Boron V. D.-G., 2019)
	Pastos enmalezados	50	Los pastos con cobertura arbustiva densa pueden ser usados como hábitats transitorios.	(González-Maya & Schipper, 2008)
	Pastos limpios	80	Carecen de refugio y recursos, además de aumentar el riesgo de depredación.	(Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2018)
	Plátano	60	Cultivos semiabiertos que pueden ofrecer recursos limitados, dependiendo de la vegetación circundante.	(Bonilla-Sánchez, et al., 2020)
	Red vial y territorios asociados	95	Alto nivel de fragmentación, ruido y mortalidad directa por colisiones.	(Fahrig, 2003)
	Tejido urbano continuo	10 0	Este tipo de paisaje carece completamente de las condiciones necesarias para la supervivencia de la especie.	(Ayram, et al., 2020)
	Tejido urbano discontinuo	85	Fragmentación alta, aunque ciertas áreas periféricas pueden tener vegetación secundaria.	(Boron V. D.-G., 2019)
	Terrenos en preparación	95	Pérdida temporal de hábitat y mayor exposición a depredadores y conflictos humanos.	(Ayram, et al., 2020)
Tomate	80	Monocultivos con baja complejidad estructural y recursos escasos para el felino.	(Boron, Xofis, Link, Payan, & Tzanopoulos, 2018)	
Vegetación secundaria baja	40	Ofrece refugio y conectividad parcial, aunque la calidad del hábitat es inferior a bosques densos.	(Marinho, Bezerra, Antongiovanni, Fonseca, & Venticinque, 2018)	
Vías	Cercanía a Vías entre 0 - 10 metros	95	Alta perturbación, ruido y fragmentación del hábitat.	(Laurance, Goosem, & Laurance, 2009)
	Cercanía a Vías entre 10.1 - 50 metros	90	Fragmentación severa, pero menor exposición directa.	

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	%	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIA
	Cercanía a Vías entre 51.1 - 100 metros	80	Mejora en refugio y conectividad limitada.	
	Cercanía a Vías entre 100.1 - 200 metros	60	Condiciones más favorables, menor fragmentación.	
	Cercanía a Vías 201 mayores metros	0	Hábitat más adecuado con mayor conectividad.	
Viviendas	Cercanía a Centros Poblados entre 0 - 10 metros	95	Carece de refugio y recursos; alto nivel de perturbación.	
	Cercanía a Centros Poblados entre 10.1 - 50 metros	90	Fragmentación alta, algo de vegetación secundaria.	
	Cercanía a Centros Poblados entre 51.1 - 100 metros	80	Uso limitado de hábitats en bordes urbanos.	
	Cercanía a Centros Poblados entre 100.1 - 200 metros	60	Mejora en refugio y conectividad.	
	Cercanía a Centros Poblados entre 201 mayores metros	30	Hábitat más adecuado, menor riesgo de perturbación.	
Intervención	Mayores a 52 dB	10	Incremento de ritmo cardíaco y alteración de dinámicas de descanso y movilidad (85 dB)	
	52dB	80	Presentan molestias y algunas especies dificultad para comunicarse	
	52dB a menores	0	Sin efectos significativos	

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Adicionalmente, los valores de resistencia fueron categorizados en cinco rangos utilizando cuantiles. En el mapa, estas categorías se representan con una escala de colores: el verde oscuro indica áreas de baja resistencia, mientras que el rojo señala áreas de alta resistencia. Esta categorización permite identificar de manera más precisa los gradientes de resistencia dentro del paisaje, destacando las zonas más favorables para el desplazamiento del *Leopardus pardinoides* y aquellas que presentan mayores barreras debido a la presencia de infraestructura (ver Tabla 3-12).

**Tabla 3-12 Valores de categorías de matrices de resistencia sin y con proyecto para *L. pardinoides*.**

Categoría	Valor Sin Proyecto (cuantiles)	Valor Con Proyecto (cuantiles)
Muy baja	1-130,6470588	1-130,8431373
Baja	130,6470589-165,9079608	130,8431374-165,5686275
Media	165,9079609-196,6078431	165,5686276-195,7647059
Alta	196,6078432-226,1764706	195,764706-236,5294118
Muy alta	226,1764706-291	236,5294119-386

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

El resultado de la modelación se presenta en la Figura 3-17, y Figura 3-18 para los escenarios sin y con proyecto respectivamente, los valores de resistencia reflejan la dificultad que el paisaje presenta para el desplazamiento y el establecimiento de hábitat para esta especie, donde las zonas de color rojo indican áreas con alta resistencia (valor máximo de 226,17 sin proyecto y 236,52 con proyecto) y las áreas en verde representan condiciones favorables con baja resistencia (valor mínimo de 1 en ambos escenarios).

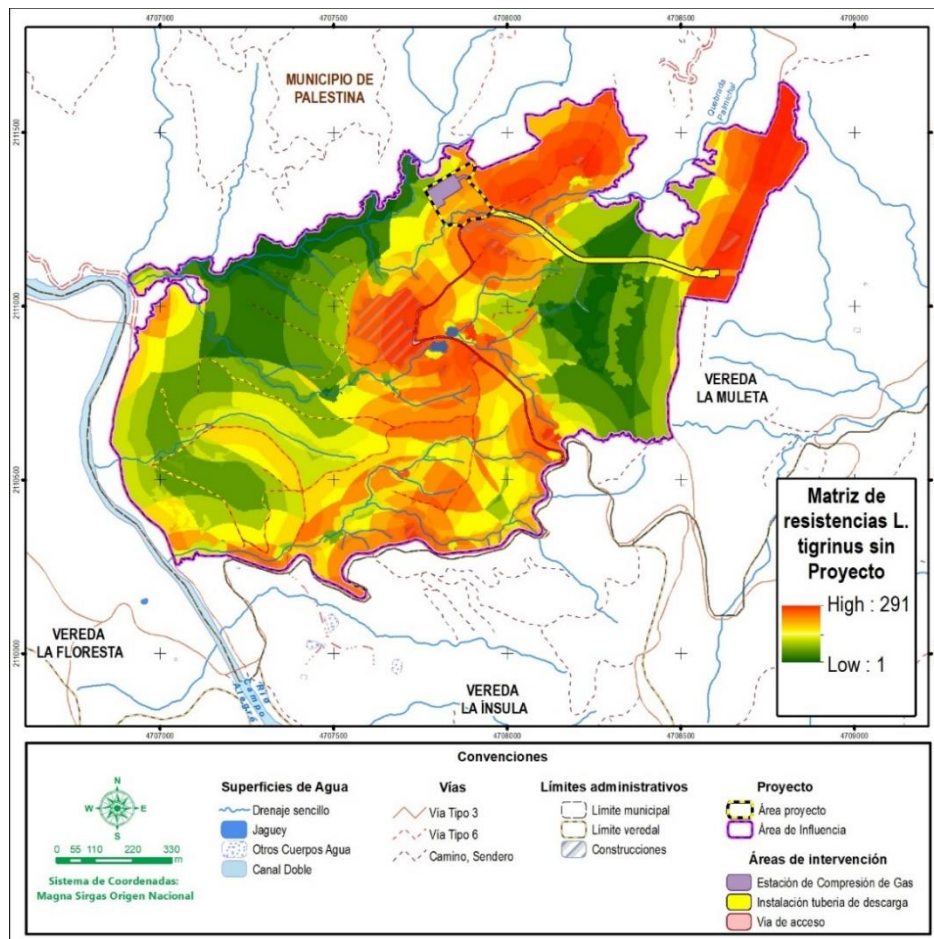
Las zonas de mayor resistencia están vinculadas principalmente a la presencia de infraestructuras humanas como asentamientos urbanos, vías veredales, drenajes artificiales, asentamientos urbanos y otras infraestructuras que fragmentan el hábitat y dificultan la conectividad. En contraste, las áreas de menor resistencia, representadas en verde, se asocian con regiones de vegetación densa y conectividad ecológica que ofrecen condiciones más adecuadas para el refugio, caza y desplazamiento de la especie, aquí las coberturas de los guaduales cumplen funciones importantes en la presencia y distribución de *L. pardinoides*, estas áreas se encuentran distribuidas en fragmentos sobre el área de influencia que varían en tamaños de 0,4 a 12,68 ha (Ver Figura 3-17). Sin embargo, en el

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	54
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

área de influencia predominan coberturas de cultivos y pastos, algunos cultivos podrían ofrecer variables seguras que esta especie podría utilizar como corredores, aunque su funcionalidad sería limitada en comparación con las áreas naturales.

En hábitats alterados, el tigrillo lanudo puede encontrarse cerca de asentamientos humanos siempre que exista cobertura natural suficiente y una población adecuada de presas (Oliveira T. G., 2008). No obstante, su presencia se ve favorecida en zonas con mayor densidad forestal y lejos de asentamientos rurales (Marinho, 2015). Además, estas áreas verdes desempeñan un papel clave como amortiguadores frente a los impactos de actividades humanas en zonas adyacentes.

**Figura 3-17 Mapa de resistencias para *Leopardus pardinoides* sin proyecto.**

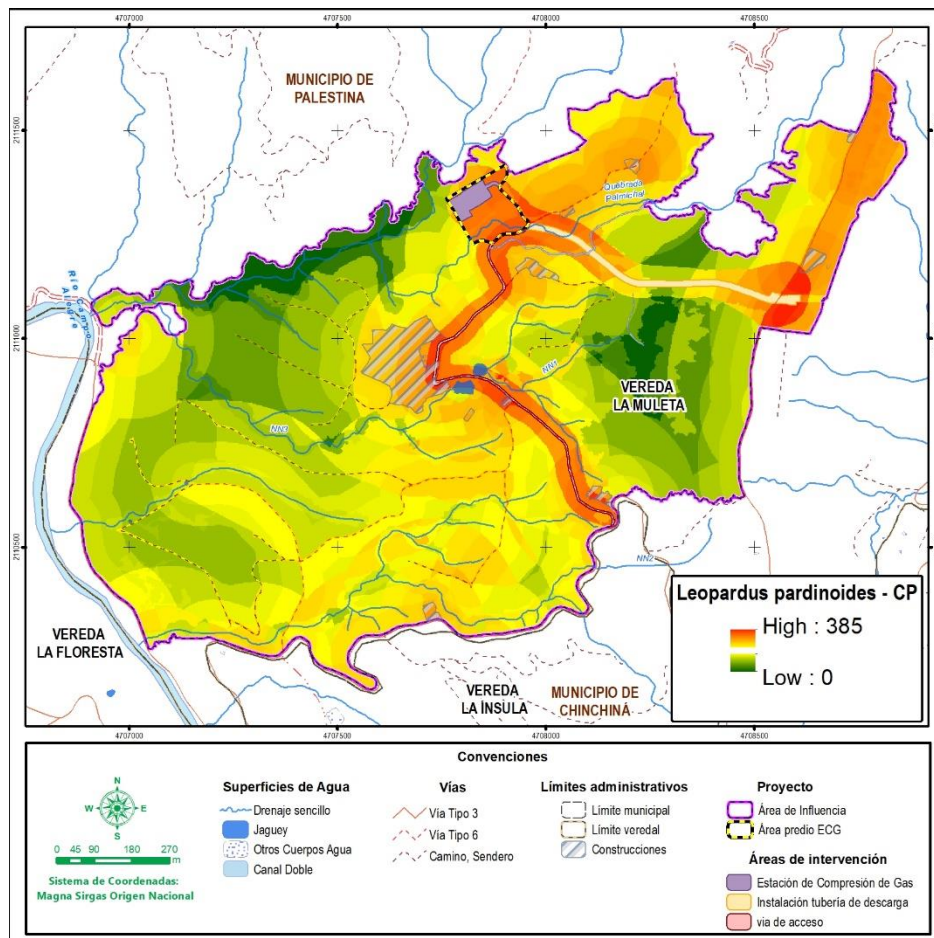


Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	55
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

Si bien ninguna de las coberturas naturales principales será intervenida directamente, el derecho de vía de la carretera Mariquita-Cali pasará a menos de 30 metros del parche de cobertura natural de guadual más grande (12,68 ha). Esta proximidad podría generar impactos indirectos que comprometan la funcionalidad del hábitat, debido a disturbios asociados a la infraestructura vial, como el ruido, la contaminación y una mayor exposición a amenazas antropogénicas. Tal como se observa en la Figura 3-18., se evidencia un cambio significativo en las matrices de resistencia, ya que, con la implementación del proyecto, aumenta la resistencia en sectores donde previamente se registraba un costo de movimiento bajo, como en un área dominada por cultivos de café.

**Figura 3-18 Mapa de resistencias para *Leopardus pardinoides* con proyecto.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	56
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

Este aumento en la resistencia reduce la probabilidad de que individuos de *Leopardus pardinoides* se desplacen hacia estos sectores, restringiendo aún más su rango de movimiento y conectividad en el paisaje al menos de manera temporal.

◇ Corredores de movilidad y áreas núcleo

Para *Leopardus pardinoides* no se identificaron áreas núcleo, ya que el rango de hogar de esta especie se encuentra entre 1 y 17 kilómetros cuadrados aproximadamente 1,700 hectáreas (Schipper, 2010), y los parches naturales dentro del área de influencia no alcanzan el tamaño estimado necesario para esta especie. Sin embargo, se consideraron como referencia las áreas núcleo de *Dasyus novemcinctus* debido a que corresponden a parches significativos de cobertura natural de guadual, con tamaños de 12,68, 6,15 y 0,55 hectáreas se les denominó N01, N02 y N03 respectivamente. Estas áreas también podrían proporcionar alimento y refugio temporal para el tigrillo lanudo, además que este prefiere coberturas arbóreas y evita las zonas cerca de urbanizaciones.

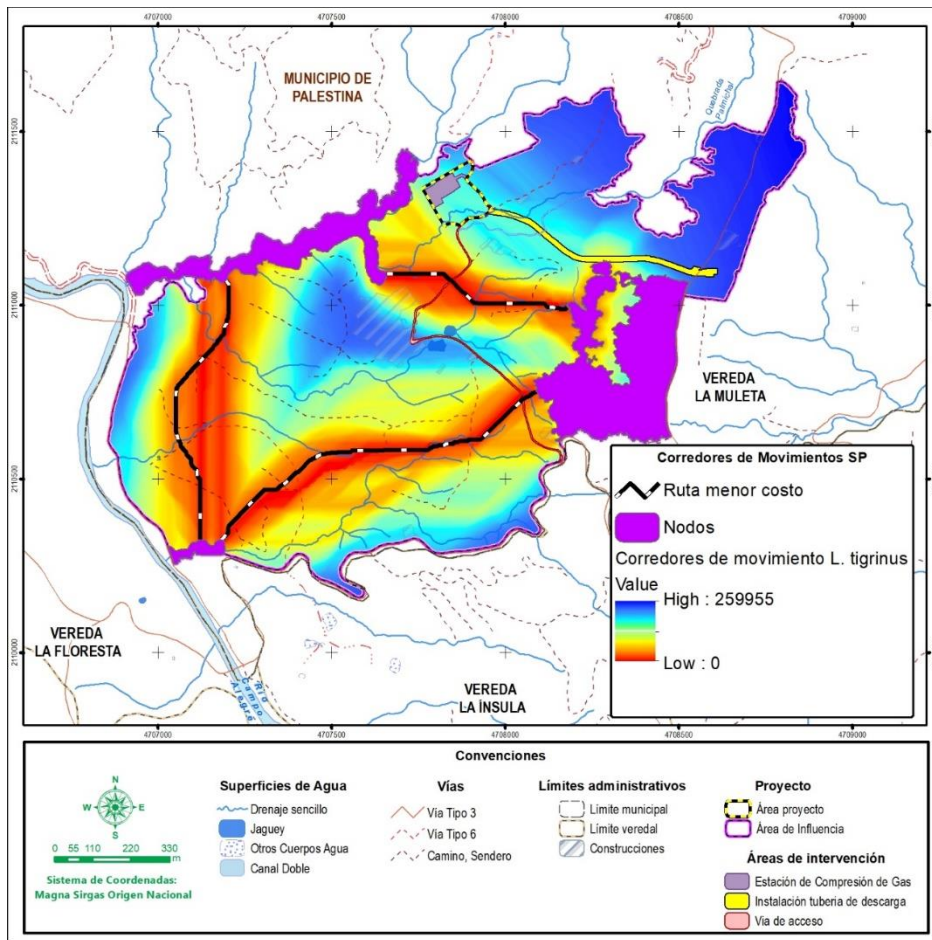
En la Figura 3-19 y en la Figura 3-20 se presenta el análisis espacial de los corredores de movimiento de *Leopardus pardinoides* en el área de estudio, tanto en condiciones actuales como con la intervención del proyecto. El mapa utiliza una matriz de menor costo para identificar las rutas potenciales que esta especie podría emplear para desplazarse entre áreas núcleo dentro del paisaje. Estas rutas están representadas por líneas discontinuas negras que conectan fragmentos de hábitat adecuados. Las áreas núcleo se señalan como zonas críticas de refugio y alimentación con alta importancia ecológica. Sin embargo, para esta especie únicamente se incluyeron parches representativos de zonas naturales, específicamente guaduales.

La delimitación del área de influencia del proyecto, marcada en púrpura, y el área de intervención, representada en amarillo, evidencian las posibles zonas afectadas por las actividades humanas relacionadas con el proyecto. Aunque las rutas de menor costo identificadas intentan evitar las áreas de alta resistencia, es evidente que en algunos sectores se superponen con zonas rojas donde la resistencia es alta, principalmente debido a la presencia de vías. Este tipo de barreras genera desafíos adicionales para la

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	57
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

conectividad del paisaje y el desplazamiento del tigrillo lanudo, limitando su capacidad para moverse de manera eficiente entre fragmentos de hábitat.

**Figura 3-19 Corredores de movilidad y áreas núcleo para *Leopardus pardinoides* sin proyecto.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Al comparar las métricas de conectividad antes y después del proyecto, se observa un aumento en la resistencia del paisaje en ciertas rutas clave. Aunque la distancia euclidiana (Euc\_Dist) y la longitud del camino de menor costo (LCP\_Length) permanecen constantes, las métricas de distancia ponderada por el costo (CW\_Dist) muestran un incremento, lo que sugiere que el proyecto está generando una mayor dificultad para el movimiento de las especies en algunas áreas.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	58
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

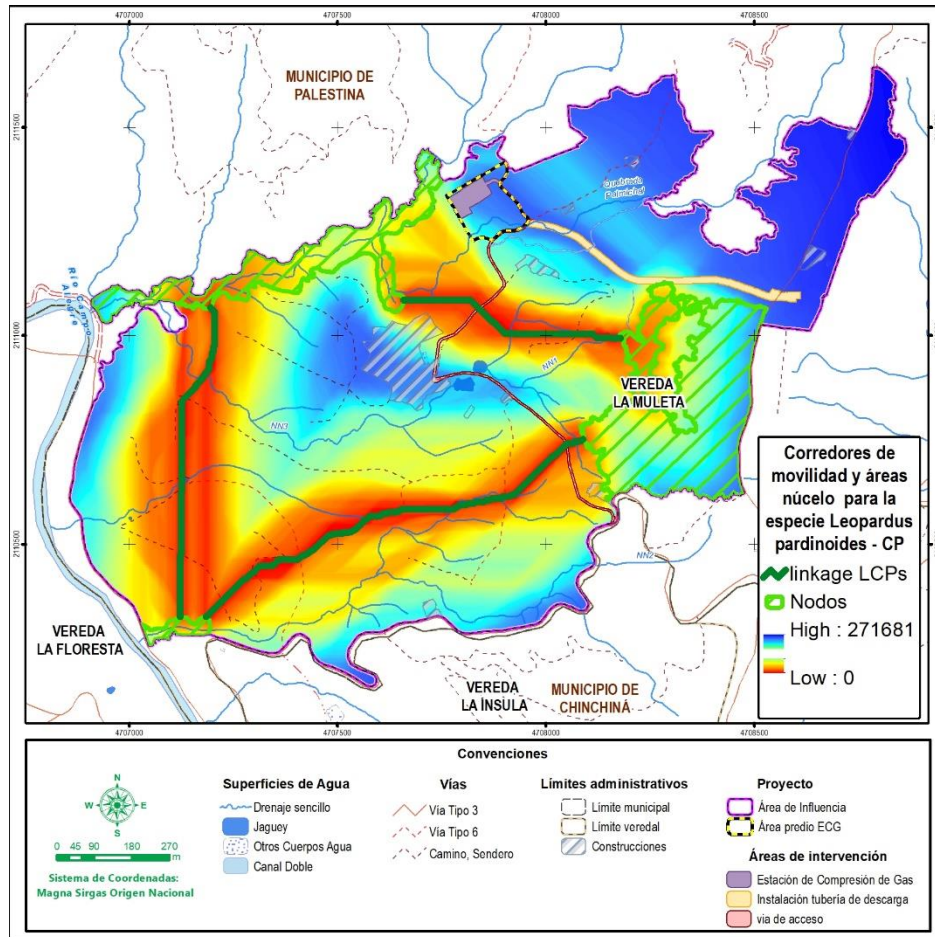
Por ejemplo, en la conexión entre N03 y N01, la distancia ponderada por el costo (CW\_Dist) aumenta de 191,486.09 sin el proyecto a 197,365.78 con el proyecto, reflejando un incremento en la resistencia del paisaje en esta ruta. De manera similar, en la conexión entre N02 y N01, CW\_Dist pasa de 92,948.85 a 97,934.27, lo que indica que el proyecto está elevando los costos de desplazamiento en esta área.

Además, la relación entre la distancia ponderada por el costo y la longitud del camino óptimo (cwd\_to\_Path\_Length\_Ratio) también muestra un aumento. En la conexión entre N03 y N01, este índice pasa de 177.3 sin el proyecto a 182.75 con el proyecto, lo que confirma que el desplazamiento por esta ruta requiere un mayor esfuerzo energético para las especies que la utilizan como corredor.

A pesar de estos incrementos en la resistencia del paisaje, los caminos de menor costo identificados siguen siendo los mismos en términos espaciales, lo que indica que la conectividad estructural no se ve alterada drásticamente. Sin embargo, el aumento en la resistencia podría afectar la movilidad de la especie, especialmente *L. pardinoides* que posee un requerimiento específico de hábitat.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	59
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

**Figura 3-20 Corredores de movilidad y áreas núcleo para *Leopardus pardinoides* con proyecto**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.



Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	60
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

- Gurre (*Dasyopus novemcinctus*)

*Dasyopus novemcinctus* se alimenta principalmente de invertebrados y a veces carroña. Prefiere bosques y áreas ribereñas, donde construye madrigueras profundas que usa como refugio. Su expansión ha sido favorecida por actividades humanas como la construcción de carreteras y la disminución de depredadores naturales.

Aunque es cazado por su carne y piel, su alta capacidad reproductiva, incluyendo poliembrionía obligada, asegura su éxito poblacional. En Colombia, las principales amenazas son el atropellamiento y la transformación de hábitats, aunque su estado global es de "Preocupación Menor" por su amplia distribución y adaptabilidad. Su éxito ecológico lo convierte en un importante controlador de plagas y una especie clave en su ecosistema.

**Tabla 3-13 Ficha ecológica de *Dasyopus novemcinctus*.**

<i>Dasyopus novemcinctus</i> (Gurre)					
Categoría de amenaza				Tamaño Poblacional: Desconocido	
CITES 2024	IUCN 2024-2	Libro rojo (2016)	Res.126(2024)	Tendencia Poblacional: Estable	
NA	LC	LC	LC	Rango Distribución: 0-2.000 m.s.n.m.	
Registro fotográfico			Mapa de distribución		
 <p>Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.</p>			 <p>Fuente: IUCN, 2013</p>		
Aspectos ecológicos					
<p>El género <i>Dasyopus</i> se encuentra ampliamente distribuido en el Neotrópico, abarcando desde el centro de Argentina hasta el sur de los Estados Unidos y el Caribe. En Sudamérica, habita en ambos lados de los Andes y ocupa una variedad de hábitats. Una de las especies más representativas de este género es <i>Dasyopus novemcinctus</i>, cuya distribución se extiende desde Estados Unidos hasta Argentina, adaptándose a diversos ecosistemas como bosques y sabanas (Wetzel, Gardner, &amp; Redford, 2007).</p> <p><i>Dasyopus novemcinctus</i> se alimenta principalmente de invertebrados, aunque su dieta incluye frutas, bayas, huevos de aves, pequeños vertebrados y carroña. En zonas tropicales, hormigas y termitas constituyen una parte significativa de su alimentación (Mondolfi, 1979). Además, esta especie posee habilidades únicas como su capacidad de nadar gracias a la retención de aire en el tracto digestivo, lo que mejora su flotabilidad. También puede caminar por el fondo de los ríos al tolerar una considerable deuda de oxígeno, aunque evita cruzar grandes masas de agua.</p>					
Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	61

Los gurren habitan principalmente en bosques y matorrales de regiones tropicales y templadas, prefiriendo los bosques debido a la disponibilidad de hojarasca donde encuentran invertebrados (Wetzel, Gardner, & Redford, 2007). También pueden encontrarse en pastizales y sabanas cercanas a áreas boscosas, pero no son comunes en zonas áridas. Suelen prosperar en hábitats ribereños o en áreas con al menos 38 cm de precipitación anual, lo que garantiza una disponibilidad de agua suficiente (Wetzel, Gardner, & Redford, 2007).

Estos armadillos construyen madrigueras subterráneas en los ecosistemas que habitan, las cuales pueden alcanzar hasta 5 metros de largo y 2 metros de profundidad. Estas madrigueras a menudo están recubiertas con hierbas y hojas que los armadillos transportan, y suelen ocultar la entrada con restos de plantas (Wetzel, Gardner, & Redford, 2007). Un individuo puede tener entre 4 y 12 madrigueras, siendo 4 o 5 el promedio. Estas estructuras son esenciales para su refugio y protección en los entornos que habitan (Mondolfi, 1979).

**Estado actual y amenazas**

El aumento de la población humana y el desarrollo de rutas de transporte han favorecido la expansión geográfica de los gurren (*Dasypus novemcinctus*). La construcción de carreteras y puentes no solo ha facilitado su introducción en nuevas áreas, sino que también les ha permitido cruzar canales y otros obstáculos naturales que antes limitaban su distribución. Adicionalmente, las actividades humanas han reducido las poblaciones de muchos de sus depredadores naturales, lo que ha contribuido a su expansión, particularmente hacia el norte en América del Norte (Talmage & Buchanan., 1954; Chapman & Feldhamer, 1982; Taulman & Robbins, 1996).

Entre los depredadores naturales de esta especie se encuentran pumas, lobos de crin, coyotes, osos negros, lobos rojos, jaguares, caimanes, linces y aves rapaces, que suelen alimentarse de las crías. Sin embargo, la disminución de estos depredadores en América del Norte ha favorecido la proliferación de los armadillos de nueve bandas en esa región. Cabe destacar que estos animales desempeñan un papel importante en el control de plagas agrícolas, ya que son depredadores de numerosos insectos comunes.

A pesar de su utilidad, los armadillos son objeto de caza en diversas áreas, tanto por su carne como por su piel, utilizada para la fabricación de artesanías (Chapman & Feldhamer, 1982; Fundación Omacha, n.d.). Aunque la caza representa una amenaza significativa, esta especie posee una alta tasa de reproducción, lo que le permite soportar la presión en gran parte de su rango de distribución (Fundación Omacha, n.d.).

En Colombia, las principales amenazas incluyen la transformación del suelo y el atropellamiento en carreteras, factores que afectan sus poblaciones locales. Sin embargo, a nivel internacional, *Dasypus novemcinctus* ha sido categorizada como de Preocupación Menor (LC), lo que refleja su capacidad de adaptación y su amplia distribución geográfica (IUCN, 2024).

**Densidad y diversidad relativa**

Un estudio reciente realizado en Panamá reportó una densidad de 1.25 madrigueras por hectárea y 0.38 individuos por hectárea en poblaciones de *Dasypus novemcinctus* (Lombardo, Santos-Jiménez, & Rivera, 2023). El área de distribución de esta especie varía considerablemente, oscilando entre 0.63 y 20.1 hectáreas, dependiendo de factores como el tipo de suelo y la disponibilidad de agua. Estas características físicas del terreno influyen directamente en el tamaño de la zona de actividad de los armadillos (Chapman & Feldhamer, 1982). Además, se ha observado que el área de distribución tiende a aumentar con la edad.

En cuanto a las diferencias entre sexos, tanto las hembras como los machos presentan áreas de distribución de tamaño similar. Sin embargo, los machos adultos son menos tolerantes a la superposición de sus territorios, lo que podría estar relacionado con comportamientos territoriales o reproductivos (McDonough & Loughry, 2013). Gracias a su alta tasa de reproducción y su capacidad de adaptarse a diferentes entornos, los armadillos no se consideran en peligro de extinción (IUCN, 2024). Por el contrario, el tamaño de sus poblaciones está en aumento en gran parte de su rango de distribución, lo que refleja su éxito ecológico y adaptativo (IUCN, 2024).

**Migración y corredores de movimiento**

El rango de hogar de *D. novemcinctus* es de aproximadamente 0.63 y 20.1 hectáreas (Chapman & Feldhamer, 1982). El gurre es la especie más ampliamente distribuida entre todos los armadillos, con un rango geográfico que abarca desde el noroeste de Argentina y Uruguay hasta el sur de los Estados Unidos. Su distribución incluye Centroamérica, Trinidad y Tobago, las Antillas Menores y Granada, cubriendo una vasta extensión de 19,100,000 km<sup>2</sup> (Fundación Omacha, n.d.). En Colombia, su rango geográfico comprende casi todo el país, exceptuando la región biogeográfica Insular, y abarca una superficie de 1,139,873 km<sup>2</sup> (Fundación Omacha, n.d.). Este amplio rango refleja su capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales y su éxito como especie en distintos ecosistemas.

El crecimiento urbano ha facilitado la expansión de esta especie, ya que los armadillos han encontrado en la infraestructura humana, como puentes, tuberías y carreteras, corredores efectivos para desplazarse y colonizar nuevas áreas (McDonald & Larson, 2011). Estas estructuras les permiten sortear barreras naturales, ampliando su rango de distribución y consolidando su presencia en distintos ecosistemas.

**Áreas de importancia para cría, reproducción y alimentación**

El armadillo de nueve bandas (*Dasypus novemcinctus*) es la única especie de vertebrados conocida con poliembrionia obligada, un fenómeno en el que se desarrollan gemelos, trillizos o, más comúnmente, cuatrillizos idénticos a partir de un único óvulo fertilizado. Durante la temporada de cría, un macho y una hembra pueden compartir una madriguera, aunque generalmente estas son ocupadas únicamente por una hembra con su cría o por hermanos jóvenes (McDonald & Larson, 2011).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	62
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

La temporada de apareamiento ocurre en el verano, cuando es común observar a los armadillos interactuando durante la búsqueda de pareja. Aunque suelen ser animales solitarios, los machos permanecen cerca de las hembras durante este período para protegerlas de otros machos (McDonald & Larson, 2011). En algunos casos, puede haber confrontaciones entre machos para establecer dominio y asegurar el apareamiento, ya que generalmente solo los machos con áreas de distribución exclusivas logran reproducirse.

Las crías, tanto machos como hembras, pueden comenzar a reproducirse tan pronto como el verano siguiente a su nacimiento. Sin embargo, la madurez sexual completa se alcanza entre los 2 y 4 años de edad, cuando el desarrollo fisiológico y reproductivo está totalmente consolidado (Chapman & Feldhamer, 1982). Este ciclo reproductivo, junto con su habilidad para habitar diversas áreas, hace que las madrigueras desempeñen un papel clave en el éxito reproductivo y en la supervivencia de la especie.

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

◇ Matriz de resistencias para *D. novemcinctus*

La Tabla 3-14 presenta en detalle las fuentes y autores de las variables utilizadas para estimar el mapa de resistencias para la especie *Dasypus novemcinctus*. Entre las variables incluidas se encuentran las coberturas de la tierra, las vías y los centros poblados. En el caso de las coberturas, la información proviene de un mapa específico elaborado para el proyecto, con una escala de 1:25.000. Por otro lado, tanto las vías como los centros poblados tienen como fuente la base de datos geográfica del proyecto proporcionada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

**Tabla 3-14 Variables analizadas en la identificación de la variabilidad antrópica y ambiental de los corredores.**

Variable	Fuente	Autor	Año
Coberturas	Mapa de coberturas de la tierra para el proyecto escala 1:25.000	CONSGA BIC S.A.S	2024
Vías	GDB proyecto - IGAC	CONSGA BIC S.A.S - IGAC	2024
Centro poblados	GDB proyecto - IGAC	CONSGA BIC S.A.S - IGAC	2024

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

De acuerdo con las variables presentadas en la Tabla 3-13, y la información ecológica de la especie *Dasypus novemcinctus*, se asignaron valores de resistencia de acuerdo al tipo de cobertura vegetal, cercanía a vías y cercanía a centros poblados, conforme a los rangos que puedan generar una restricción para el movimiento de la especie Tabla 3-15.

En el caso de las coberturas, se asigna una resistencia de 0 a áreas naturales como bosques densos altos y riparios, señalando condiciones favorables para especies como el gurre. Por otro lado, coberturas con mayor intervención humana, como canales, zonas pantanosas, vegetación secundaria o infraestructura (hoteles, tejido urbano, y vías),

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto	Cap. 3.3. Medio Biótico	
			PO-CO-2024-009	Ver: 01	63

presentan valores de resistencia más altos (hasta 100), reflejando mayores niveles de impacto ambiental. En relación con las vías y los centros poblados, se observa un patrón de mayor resistencia a medida que aumenta la proximidad a estas infraestructuras. Áreas a menos de 10 m presentan una resistencia de 90, disminuyendo progresivamente con la distancia, hasta no tener efectos significativos a partir de los 200 m.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	64
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

**Tabla 3-15 Calificación de resistencias para *D. novemcinctus*.**

VARIABLE	COBERTURA	%	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIA
Coberturas	Aguacate	60	Cultivos de aguacate pueden ofrecer áreas de alimentación limitadas, pero suelen estar fragmentados.	(Abba, Vizcaíno, & Cassini, 2007)
	Café	40	Los cultivos de café en sombra pueden proporcionar refugio y condiciones favorables para el movimiento.	(Tlapaya & Gallina, 2010)
	Canales	70	La modificación de canales naturales reduce la disponibilidad de recursos y conectividad del hábitat.	(Abba, Vizcaíno, & Cassini, 2007)
	Cuerpos de agua artificiales	80	Tienen poco valor para la especie debido a la falta de vegetación circundante.	(Pardo, Edwards, Gómez-Valencia, Clements, & Laurance, 2021)
	Explotación de hidrocarburos	90	Altos niveles de perturbación y fragmentación afectan gravemente a la especie.	(Pardo, Edwards, Gómez-Valencia, Clements, & Laurance, 2021)
	Guadales	30	Proveen cobertura densa, conectividad ecológica y refugio para el armadillo.	(Chapman & Feldhamer, 1982)
	Guayaba	60	Áreas con guayabos pueden tener recursos alimenticios limitados y baja conectividad.	(Abba, Vizcaíno, & Cassini, 2007)
	Jaguey	50	Pueden ofrecer refugio y recursos limitados cerca de cuerpos de agua.	(Superina, Brieva, Aguilar, & Trujillo, 2014)
	Mosaico de cultivos	50	Paisajes agrícolas diversos pueden funcionar como corredores de movimiento, aunque con limitaciones.	(Abba, Zufiaurre, Gado, Codesido, & Bilenca, 2015)
	Pastos enmalezados	40	Los pastos con maleza proporcionan refugio y áreas para la búsqueda de alimentos.	(Abba & Superina, 2010)
	Pastos limpios	80	Carecen de refugio y aumentan la exposición al riesgo de depredación y perturbaciones humanas.	(Abba, Vizcaíno, & Cassini, 2007)
	Plátano	50	Dependiendo del manejo del cultivo, puede ofrecer cierto refugio y conectividad.	(Chapman & Feldhamer, 1982)
	Red vial y territorios asociados	90	Las carreteras son barreras significativas que aumentan el riesgo de atropellamientos.	(McTigue & DeGregorio, 2024)
	Tejido urbano continuo	100	Altos niveles de perturbación y ausencia de hábitat adecuado para la especie.	(McDonald & Larson, 2011)
	Tejido urbano discontinuo	80	Puede haber fragmentos de vegetación secundaria que ofrezcan oportunidades limitadas para la especie.	(McDonald & Larson, 2011)
Terrenos en preparación	90	Son áreas temporalmente inhóspitas debido a la pérdida total de cobertura vegetal.	(Abba, Vizcaíno, & Cassini, 2007)	
Tomate	70	Monocultivos con baja diversidad estructural y recursos limitados.	(Pardo, Edwards, Gómez-Valencia, Clements, & Laurance, 2021)	

VARIABLE	COBERTURA	%	JUSTIFICACIÓN	REFERENCIA
	Vegetación secundaria baja	30	Ofrece refugio y conectividad en paisajes fragmentados, siendo favorable para el movimiento del armadillo.	(Abba, Vizcaino, & Cassini, 2007)
Vías	Cercanía a Vías entre 0 - 10 metros	90	Alta perturbación, ruido y fragmentación del hábitat.	(Laurance, Goosem, & Laurance, 2009)
	Cercanía a Vías entre 10.1 - 50 metros	75	Fragmentación severa, pero menor exposición directa.	
	Cercanía a Vías entre 51.1 - 100 metros	50	Mejora en refugio y conectividad limitada.	
	Cercanía a Vías entre 100.1 - mayores	0	Hábitat más adecuado con mayor conectividad.	
Viviendas	Cercanía a Centros Poblados entre 0 - 10 metros	90	Carece de refugio y recursos; alto nivel de perturbación.	(SEA, 2022)
	Cercanía a Centros Poblados entre 10.1 - 50 metros	80	Fragmentación alta, algo de vegetación secundaria.	
	Cercanía a Centros Poblados entre 51.1 - 100 metros	70	Uso limitado de hábitats en bordes urbanos.	
	Cercanía a Centros Poblados entre 100.1 - 200 metros	50	Mejora en refugio y conectividad.	
	Cercanía a Centros Poblados entre 201 mayores metros	0	Hábitat más adecuado, menor riesgo de perturbación.	
Intervención	Intervención	10 0	Incremento de ritmo cardíaco y alteración de dinámicas de descanso y movilidad (85 dB)	(SEA, 2022)
	52dB	80	Presentan molestias y algunas especies dificultad para comunicarse	
	52dB a menores	0	Sin efectos significativos	

Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Adicionalmente, los valores de resistencia fueron categorizados en cinco rangos utilizando cuantiles. En el mapa, estas categorías se representan con una escala de colores: el verde oscuro indica áreas de baja resistencia, mientras que el rojo señala áreas de alta resistencia. Esta categorización permite identificar de manera más precisa los gradientes de resistencia dentro del paisaje, destacando las zonas más favorables para el desplazamiento del *Dasyus novemcinctus* y aquellas que presentan mayores barreras debido a la presencia de infraestructura (Ver Tabla 3-16).

**Tabla 3-16 Valores de categorías de matrices de resistencia sin y con proyecto para *D.novemcinctus*.**

CATEGORÍA	VALOR SIN PROYECTO (CUANTILES)	VALOR CON PROYECTO (CUANTILES)
Muy baja	1-110,8039216	1-111,2745098
Baja	110,8039217-141,5490196	111,2745099-150,4509804
Media	141,5490197-176,6862745	150,4509805-180,9215686
Alta	176,6862746-200,8431373	180,9215687-215,745098
Muy alta	200,8431374-281	215,745099-371

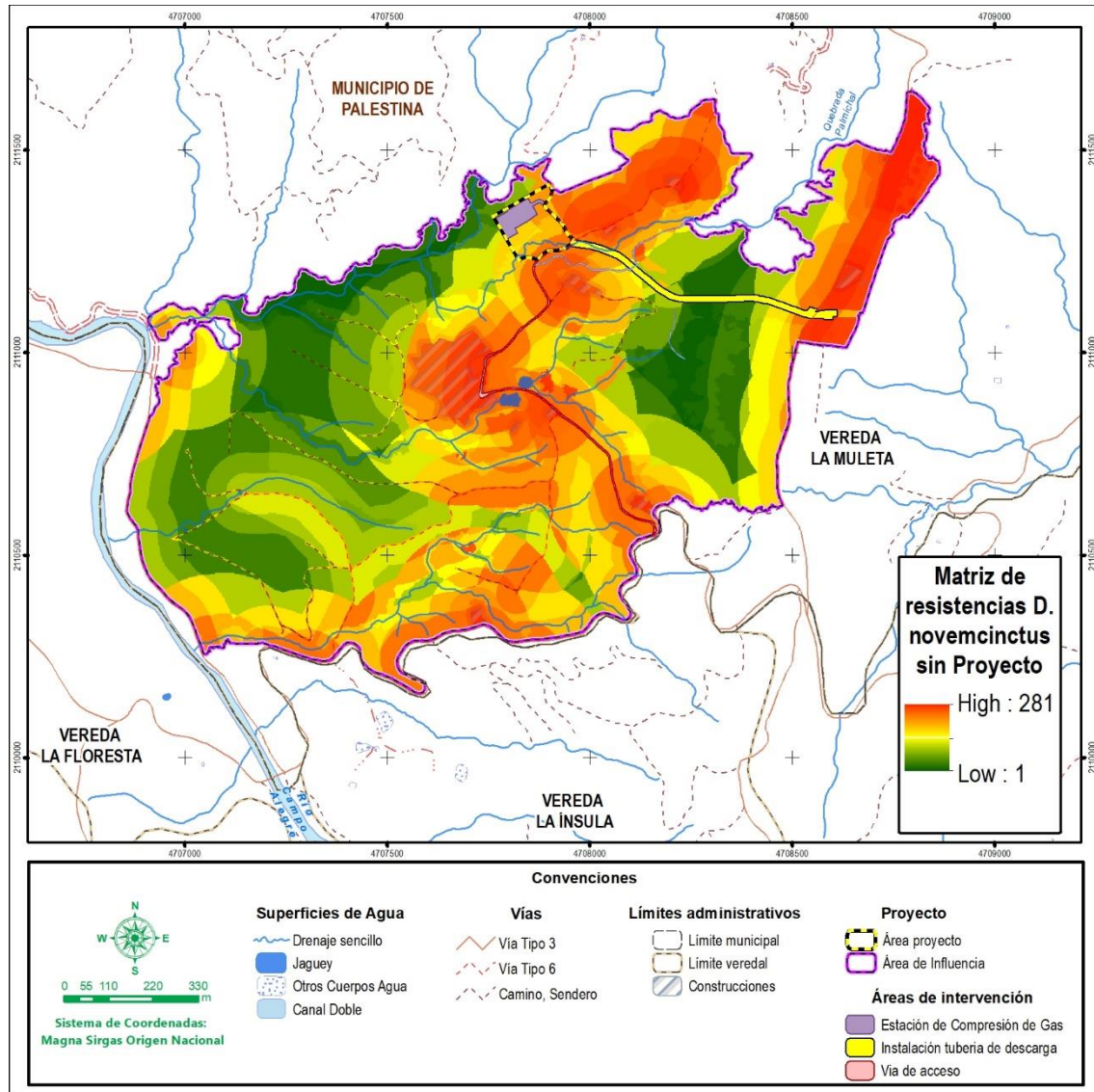
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

En la sección sur-occidental y nor-oriental del área de influencia, *Dasyus novemcinctus* posee un área mayor con menor resistencia a comparación de *L. pardinoides*. Aunque esta especie tiene un rango de hogar relativamente pequeño, es un mamífero altamente adaptable que sortea eficazmente los cambios antrópicos presentes en el paisaje. Si bien prefiere zonas boscosas, también se desarrolla de manera adecuada en pastizales y tiene la capacidad de moverse utilizando infraestructuras humanas. Por ejemplo, a esta especie le gusta habitar en la hojarasca, y algunos cultivos presentes en el área de influencia pueden brindarle recursos para construir sus madrigueras.

Por otro lado, existen zonas de alta resistencia, como las carreteras, que representan una amenaza significativa para la especie debido al riesgo de atropellamiento. Además, *D. novemcinctus* tiende a utilizar estas vías abiertas para desplazarse ocasionalmente, especialmente cuando el terreno está demasiado fragmentado (Ver Figura 3-21).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	67
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

Figura 3-21 Mapa de resistencias para *D. novemcinctus* sin proyecto.



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

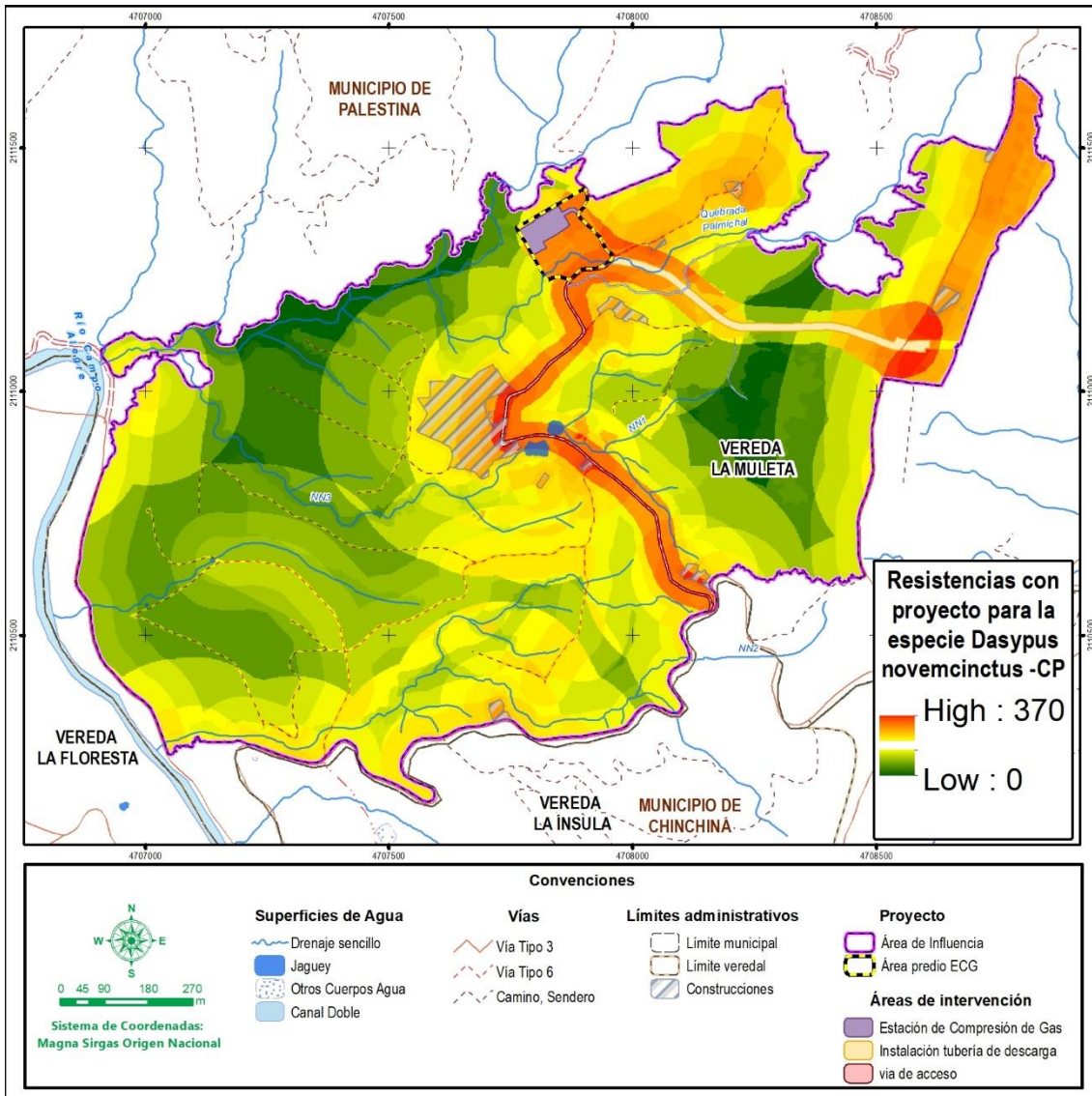
Si bien las coberturas naturales principales no serán intervenidas directamente, el derecho de vía de la carretera Mariquita-Cali pasará a menos de 30 metros del parche de gradual más extenso (12,68 ha). Esta cercanía podría generar impactos indirectos que afecten la movilidad de *Dasyus novemcinctus*, debido a disturbios asociados a la infraestructura vial.

Como se observa en la Figura 3-22, la implementación del proyecto ha generado un aumento en la resistencia del paisaje, particularmente en zonas que previamente

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	68
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

presentaban un costo de movimiento bajo, como aquellas dominadas por cultivos de café. Esto podría dificultar el desplazamiento de la especie en ciertas áreas y, en algunos casos, incentivar su uso de vías abiertas, lo que incrementa el riesgo de atropellamiento.

**Figura 3-22 Mapa de resistencias para *D. novemcinctus* con proyecto.**



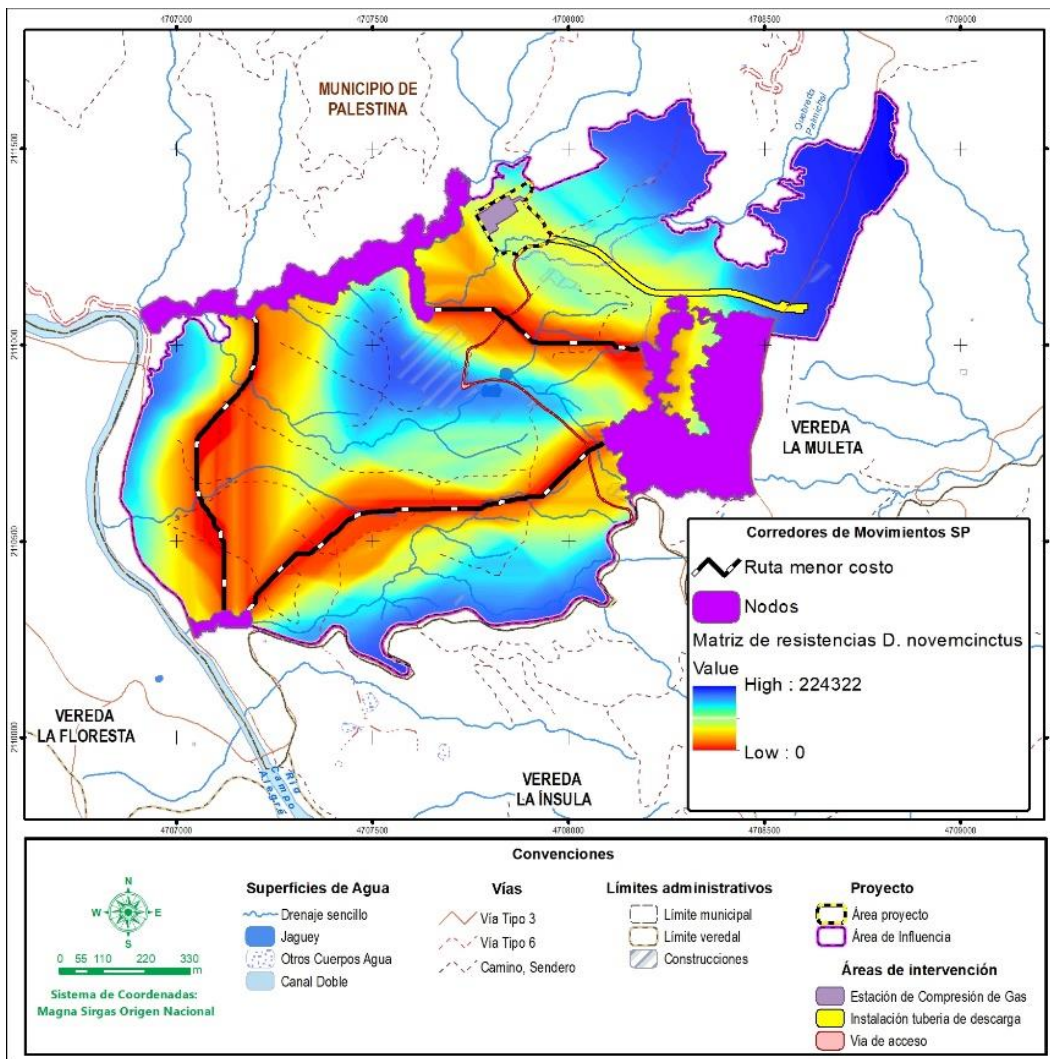
Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	69
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

◇ Corredores de movilidad - áreas núcleo

Para *Dasytus novemcinctus* se definieron tres áreas núcleo, todas con cobertura natural de Guadual. En este caso, sí se logró identificar áreas núcleo, ya que su rango de hogar coincide aproximadamente con los rangos de estas tres áreas, como se detalla en la sección “Migración y corredores de movimiento” y en la tabla correspondiente.

**Figura 3-23 Corredores de movilidad y áreas núcleo para *D. novemcinctus* sin proyecto.**

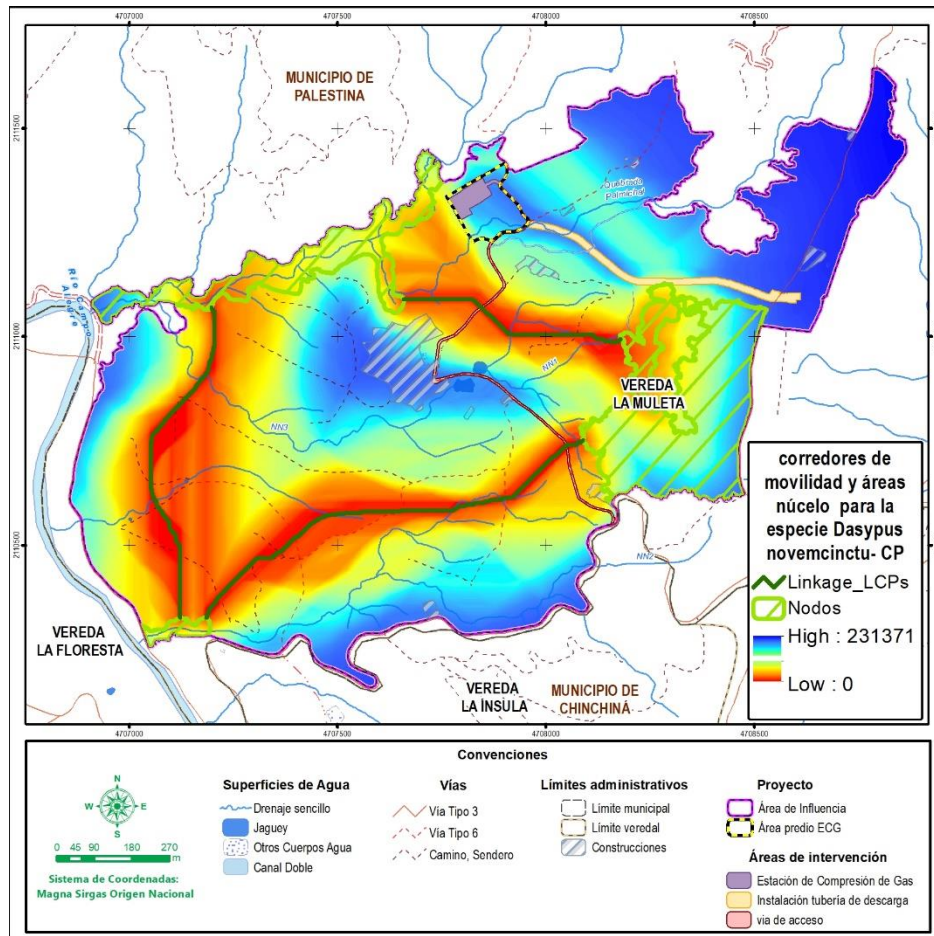


Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	70
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

La primera área núcleo, la más grande, se encuentra al oriente del área de influencia y abarca aproximadamente 12,68 hectáreas. La segunda, ubicada al occidente del área de influencia, tiene un área total de 6,15 hectáreas. Finalmente, la tercera y más pequeña, con un tamaño aproximado de 0,55 hectáreas, se localiza al sur del área de influencia, rodeada de cultivos y pastos.

**Figura 3-24 Corredores de movilidad y áreas núcleo para *D. novemcinctus* con proyecto.**



Fuente: CONSGA BIC S.A.S., 2024.

Al comparar las métricas de conectividad antes (ver Tabla 3-16) y después del proyecto, se observa un aumento en la resistencia del paisaje en algunas rutas clave para *Dasypus novemcinctus*. Aunque la distancia euclidiana (Euc\_Dist) y la longitud del camino de menor costo (LCP\_Length) permanecen constantes, la distancia ponderada por el costo (CW\_Dist) muestra un incremento en dos de los tres corredores evaluados. Esto sugiere que, si bien

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	71
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

la conectividad estructural no se ha modificado drásticamente, la funcionalidad de los corredores podría verse afectada debido al mayor esfuerzo requerido para el desplazamiento de la especie (ver Figura 3-24).

Uno de los cambios más notables ocurre en la conexión entre los núcleos N03-N01, donde la distancia ponderada por el costo aumenta de 154,507.06 sin el proyecto a 160,369.25 con el proyecto, lo que representa un incremento del 3.8% en la resistencia del paisaje en esta ruta. De manera similar, en la conexión entre los núcleos N02-N01, CW\_Dist pasa de 83,336.84 a 88,078.88, reflejando un aumento del 5.7%. En contraste, la conexión entre los núcleos N03-N02 mantiene su valor en 75,064.98, lo que indica que esta ruta no se ve afectada por la intervención.

Además del incremento en la resistencia del paisaje, la relación entre la distancia ponderada por el costo y la distancia euclidiana (cw\_to\_Euc\_Dist\_Ratio) también presenta cambios. En la conexión N03-N01, este índice aumenta de 155.91 a 161.83, mientras que en la conexión N02-N01 pasa de 161.82 a 171.03. Estos valores reflejan un mayor costo de desplazamiento para la especie, lo que podría traducirse en una menor frecuencia de uso de estos corredores y, en consecuencia, en una reducción de la conectividad funcional.

Aunque las rutas de menor costo identificadas antes del proyecto siguen siendo las mismas en términos espaciales, el aumento en la resistencia del paisaje sugiere que el movimiento de *Dasypus novemcinctus* podría verse limitado lo que podría impactar la movilidad de la especie al menos de manera temporal durante las actividades constructivas del proyecto. Sin embargo, cabe destacar que *Dasypus novemcinctus* es una especie altamente adaptable, con una amplia distribución que refleja su capacidad para colonizar distintos ecosistemas y aprovechar incluso infraestructuras humanas como puentes y tuberías para facilitar su desplazamiento y expansión (Talmage & Buchanan., 1954; Chapman & Feldhamer, 1982; Taulman & Robbins, 1996).

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	72
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

## BIBLIOGRAFÍA

- Abba, A. M., & Superina, M. (2010). The 2009/2010 armadillo red list assessment. *Edentata*, 11(2), 135-184.
- Abba, A. M., Vizcaíno, S. F., & Cassini, M. H. (2007). Effects of land use on the distribution of three species of armadillos in the Argentinean pampas. *Journal of Mammalogy*, 88(2), 502-507.
- Abba, A. M., Zufiaurre, E., Gado, P. A., Codesido, M., & Bilenca, D. N. (2015). Distribución de tres especies de armadillos en la región pampeana comprendida en la provincia de Buenos Aires, Argentina. *Mastozoología neotropical.*, 22(2), 359-365.
- Aguilera, F. (2010). Aplicación de métricas de ecología del paisaje para el análisis de patrones de ocupación urbana en el Área Metropolitana de Granada. *Anales de Geografía ISSN:0211-9803*, 9-29.
- Arango-Lozano, J., Angarita-Corzo, K., Julio-Guzmán, J., Angarita Yanes, C., & Orozco Montilla, S. (2024). Comportamientos de anidación de *Aotus griseimembra*: Evidencias terrestres en una especie estrictamente arbórea. . *Mammalogy Notes*. doi:<https://doi.org/10.47603/mano.v10n2.433>
- Armenteras, D., Gaast, & H., V. (2003). Andean forest fragmentation and the representativeness of protected natural areas in the eastern Andes, Colombia. *Biological Conservation*, 113(2), 245-256.
- Ayram, C. A., Etter, A., Díaz-Timoté, J., Buriticá, S. R., Ramírez, W., & Corzo, G. (2020). Spatiotemporal evaluation of the human footprint in Colombia: Four decades of anthropic impact in highly biodiverse ecosystems. *Ayram, C. A. C., Etter, A., Díaz-Timoté, J., Buriticá, S. R., Ramírez, W., & Corzo, G. (2020). Spatiotemporal evaluation of the human footprint in Colombia: Four decades of anthropic impact in highly biodiverse ecosystems. Ecological Indicators*, , 1066, 117. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106630>
- Bamba, I., Mama, A., Neuba, D., Koffi, K., Traoré, D., Visser, M., & Bogaert, J. (2008). Influence des actions anthropiques sur la dynamique spatio-temporelle de l'occupation du sol dans la province du Bas-Congo. *Science & Nature*, 49-60.
- Bennet, A. (2004). *Enlasando el Paisaje: el papel de los corredores biológicos y la conectividad en la conservación de la vida silvestre*. Gland.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	73
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

- Bitetti, M., De Angelo, C., Di Blanco, Y., & Paviolo, A. (2010). Niche partitioning and species coexistence in a Neotropical felid assemblage. *Acta Oecologica*, 36(4), 403-412. doi:DOI:10.1016/j.actao.2010.04.001
- Blickley, J. L. (2012). *Experimental chronic noise is related to elevated fecal corticosteroid metabolites in lekking male greater sage-grouse (Centrocercus urophasianus)*. PLoS ONE 7.
- Bogaert, J., & Mahamane, A. (2005). Ecologie du paysage: cibler la configuration et l'échelle spatiale. *Annales de Sciences Agronomiques du Bénin*, 39-68.
- Bonilla-Sánchez, A., Gómez-Ruíz, D. A., Botero-Cañola, S., Rendón-Jaramillo, U., LedesmaCastañeda, E., & Solari, S. (2020). Riqueza y monitoreo de mamíferos en áreas protegidas privadas en Antioquia, Colombia. *Mastozoología Neotropical*, 27(2). doi:https://doi.org/10.31687/saremMN.20.27.2.0.11
- Boron, V. D.-G. (2019). Richness, diversity, and factors influencing occupancy of mammal communities across human-modified landscapes in Colombia. *Biological conservation*, 232, 108-116. doi:https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.01.030
- Boron, V., Xofis, P., Link, A., Payan, E., & Tzanopoulos, J. (2018). Conserving predators across agricultural landscapes in Colombia: habitat use and space partitioning by jaguars, pumas, ocelots and jaguarundis. *Oryx*, 54(4), 554-563. doi:https://doi.org/10.1017/S0030605318000327
- Bustamante, R. (1995). Consecuencias ecológicas de la fragmentación de los bosques nativos. *Ambiente y Desarrollo*, 58 -63.
- Bustamante-Manrique, S., Botero-Henao, N., & Castaño, J. (2021). Activity budget, home range and diet of the Colombian night monkey (*Aotus lemurinus*) in peri-urban forest fragments. *Primates*, 62, 529–536. doi:https://doi.org/10.1007/s10329-021-00895-w
- Caldas, G. d. (s.d.). *site.caldas.gov.vo*. Tratto da <https://site.caldas.gov.co/component/k2/itemlist/category/1-conoce-nuestros-departamento?start=0>
- Caso, A., Lopez-Gonzalez, E., Payan, E., Eizirik, T., de Oliveira, R., Leite-Pitman, M., . . . Valderrama, C. (2024). *Leopardus pardalis*. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Tratto da UICN: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS>.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	74
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

- Cawthon, L. K., & Fernandez-Duque., E. (2005). Primate Factsheets: Owl monkey (*Aotus*).  
*Taxonomy, Morphology, & Ecology*.  
doi:[http://pin.primate.wisc.edu/factsheets/entry/owl\\_monkey](http://pin.primate.wisc.edu/factsheets/entry/owl_monkey)
- Chapman, J. A., & Feldhamer, G. A. (1982). *Wild mammals of North America biology, management, and economics*. doi:<https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-ECOSUR:4282>
- CITES. (2023). *Apéndices I, II y III*. Ginebra.
- Conrad, O., Bechtel, B., Böhner, J., Holl, C., & Kralisch, S. (2015). *System for Automated Geoscientific Analyses (SAGA)*. *Geoscientific Model Development*, 8(6). doi:<https://doi.org/10.5194/gmd-8-1991-2015>
- de la Torre,, J., Arroyo-Gerala, p., & Torres-Knoop, L. (2016). Densidad y patrones de actividad del ocelote en la selva Lacandona. *Therya*, 16(372), 257-269. doi:<https://doi.org/10.12933/therya-16-372>
- Defler, T. R., & Rodríguez-Maecha. (2006). *Libro Rojo de los Mamíferos de Colombia Mico de Noche Andino*. Conservación Internacional Colombia, Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Demaynadier, P., & Hunter, M. (1997). Effects of silvicultural edges on the distribution and abundance of amphibians in Maine. *Conservation Biology*, 340-352.
- Dias, D. D., Lima-Massara, R., de Campos, C. B., & Guimarães Rodrigues, F. (2020). Human activities influence the occupancy probability of mammalian carnivores in the Brazilian Caatinga. *Biotropica*, 51(2), 253-265. doi:<https://doi.org/10.1111/btp.12628>
- Fahrig, L. (2003). Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual review of ecology, evolution, and systematics*, 34(1), 487-515. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.34.011802.132419>
- Fischer, J., & Lindenmayer, D. (2007). Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. *Global Ecology and Biogeography*, 16, 265-280.
- Forman, R. (1995). *Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Fundación Omacha. (n.d.). *Armadillos de Colombia*. Retrieved from Fundación Omacha: <https://omacha.org/armadillos-de-colombia/>
- Garman, A. (1997). *Margay. Leopardus wiedii*. doi:<http://dSPACE.dial.pipex.com/agarman.htm>

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	75
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

- Garrote, G., Castañeda, B., Escobar, J., Pérez, L., & Trujillo, F. (2019). Estima de densidad de ocelotes (*Leopardus pardalis*) en los Llanos Orientales de Colombia. *Galemys*, 31, 78-82. doi:DOI: 10.7325/Galemys.2019.N2
- Gomez, A., Anaya, J., & Davila, E. (2005). Análisis de fragmentación de los ecosistemas boscosos en una región de la cordillera central de lo Andes Colombianos. *Revista de Ingenierías Universidad de Medellín*, 13-27.
- Gonzalez-Borrajo, N., López-Bao, J., & Palomares, F. (2017). Spatial ecology of jaguars, pumas, and ocelots: a review of the state of knowledge. *Mammal review*, 47(1), 62-75.
- González-Maya, J., & Schipper. (2008). A high-elevation report of *Oncilla* in Mesoamerica. *CatNews* ., 49:33.
- González-Maya, J., Zarrate-Charry, D., Castaño-Uribe, C., & Ange-Jaramillo, C. (2013). *Plan de Conservación de Felinos para el Caribe colombiano (PCFC): definición de áreas prioritarias para la conservación de felinos y biodiversidad en paisajes tropicales*. Panthera.
- Goosem, M. (1997). Internal fragmentation: the effects of roads, highways and powerline clearings on movements and mortality of rainforest vertebrates. In W. Laurance, & R. Bierregaard, *Tropical Forest Remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities* (p. 241-255). University of Chicago Press.
- Gustafson, E. (1998). Quantifying landscape spatial pattern: What is the state of the art. . *Ecosystems*, 143-156.
- Haila, Y. (1999). Islands and fragments in Mantaining biodiversity in forest ecosystems. *Hunter*, 234-264.
- Hilty, Lidicker, & Merenlender. (2006). *Ecología de corredores: la ciencia y la práctica de vincular paisajes para la conservación de la biodiversidad*.
- IAvH. (2003). *Indicadores de fragmentación de los ecosistemas en áreas de interés*. Bogotá, Colombia,: Instituto de Investigaciones en Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000*. Bogota DC, 72 pp: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.
- IUCN. (2024). *The IUCN Red List of Threatened Species*. Tratto da <https://www.iucnredlist.org>

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	76
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

- IUCN. (2024-2). Retrieved from <https://www.iucnredlist.org/species/6290/47440785>
- Jenks, J. (1967). The Data Model Concept in Statistical Mapping", *International Yearbook of Cartography 7. International Yearbook of Cartography 7*, 186-190.
- Jorgenson, J. P. (2006). *Leopardus tigrinus*. Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia.
- Lambin, E. F., & Meyfroidt, P. (2010). Land Use transition socioecological vs socioeconomic change. *Land use Policy*, 108-118.
- Laurance, W. F., Goosem, M., & Laurance, S. G. (2009). Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in ecology & evolution*, 24(12), 659-669.
- Laurance, W., Goosem, M., & Laurance, S. (2009). Impacts of roads and linear clearings on tropical forests. *Trends in Ecology and Evolution*, 24, 659-669.
- Lombardo, R. C., Santos-Jiménez, H. R., & Rivera, J. A. (2023). CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DE *Dasybus novemcinctus* Y FAUNA ASOCIADA A SUS MADRIGUERAS EN SONÁ, VERAGUAS, PANAMÁ. *Tecnociencia*.
- Marinho. (2015). Gato-do-mato-pequeno (*Leopardus tigrinus*) na Caatinga: ocupação e padrão de atividade de um felídeo ameaçado e pouco conhecido na floresta tropical seca do Nordeste do Brasil. doi:<https://repositorio.ufrn.br/jspui/handle/123456789/20627>
- Marinho, P. H., Bezerra, D., Antongiovanni, M., Fonseca, C. R., & Venticinque, E. M. (2018). Estimating occupancy of the Vulnerable northern tiger cat *Leopardus tigrinus* in Caatinga drylands. *Mammal Research*, 63(1), 33-42. doi:<https://doi.org/10.1007/s13364-0>
- Martin, R. (2004). *Night Monkeys (Aotidae)*. Animal Life Encyclopedia, Vol. 14.
- McDonald, K., & Larson, J. (2011). *Animal Diversity Web*. Retrieved from "Dasybus novemcinctus" (en línea) : [https://animaldiversity.org/accounts/Dasybus\\_novemcinctus/](https://animaldiversity.org/accounts/Dasybus_novemcinctus/)
- McDonough, C. M., & Loughry, W. J. (2013). The nine-banded armadillo: a natural history. *University of Oklahoma Press.*, 11.
- McGarical, K. (1995). FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure.
- McGarical, K., & Marks, B. (1995). *FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Gen. Tech. Report PNW-GTR-351*. Portland: USDA Forest Service.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	77
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

- McGarigal, K., Cushman, S., & Ene, E. (2023). FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps. University of Massachusetts.
- McTigue, L. E., & DeGregorio, B. A. (2024). Nine-banded Armadillo (*Dasypos novemcinctus*) Occupancy and Density Across an Urban-to-Rural Gradient. *Southeastern Naturalist*, 23(4), 529-548.
- Mondolfi, E. (1979). *RALPH M. WETZEL. VERTEBRATE ECOL NORTHERN NEOTROPI.*
- Monedero, C., & Gutierrez, M. (2001). Análisis cuntitativo de los patrones espaciales de la cobertura vegetal en el geosistema montañoso tropical El Ávila. *Ecotrópicos*, 14(1), 19-30.
- Montilla, S., Mopán-Chilito, A., & Murcia, L. (2021). Activity Patterns, Diet and Home Range of Night Monkeys (*Aotus griseimembra* and *Aotus lemurinus*) in Tropical Lowland and Mountain Forests of Central Colombia. . *Int J Primatol* , 42, 130–153. doi:<https://doi.org/10.1007/s10764-020-00192-1>
- Moreno, R., Bustamante, A., & López, M. (2012). Home range and habitat selection of ocelots (*Leopardus pardalis*) in the dry forests of Panama. *Journal of Mammalogy*,, 93(2), 436-446.
- Nowak. (1991). *Aotus*. Walker's Mammals of the World, Volume 1. Baltimore: The Johns Hopkins University Press.
- Oliveira, T. (2011. ). *Ecologia e conservação de pequenos felinos no Brasil e suas implicações para o manejo*. . PhD dissertation, Universidade Federal de Minas Gerais.
- Oliveira, T. G. (2008). Distribución y hábitat de los felinos neotropicales.
- Oliveira, T., & Cassaro, K. (2005). *Guia de campo dos felinos do Brasil*. Instituto Pró-Carnívoros/Fundação Parque Zoológico de São Paulo/Sociedade de Zoológicos do Brasil/Pró-Vida Brasil, São Paulo.
- Oliveira, T., Tortato, M., Silveira, L., Kasper, C., Mazim, F., Lucherini, M., . . . Sunquist, M. (2010). Ocelot ecology and its effect in the small-felid guild in the lowland Neotropics. . *In: D.W. Macdonal*.
- Paolino, R. M., Royle, J. A., Versiani, N. F., Rodrigues, T. F., Pasqualotto, N., Krepshi, V. G., & Chiarello, A. G. (2018). Importance of riparian forest corridors for the ocelot in agricultural landscapes. . *Journal of Mammalogy*, 99(4), 874-884. doi:<https://doi.org/10.1093/jmammal/gyy075>

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	78
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

- Pardo, L. E., Edwards, W. M., Gómez-Valencia, B., Clements, G. R., & Laurance, W. F. (2021). Effects of oil palm and human presence on activity patterns of terrestrial mammals in the Colombian Llanos. *Mammalian Biology*, 101(6), 775-789.
- Perez-Ineo, G., & Santos-Moreno, A. (2014). Densidad, distribución y actividad del ocelote *Leopardus pardalis* (Carnivora: Felidae) en los bosques húmedos del sureste mexicano. *Revista de Biología Tropical*, 62(4), 1421-1432. doi:ISSN 0034-7744.
- Phua, M., Kuang, S., & Kumar, V. (2008). *An evaluation of the methodologies for estimating the landscape diversity of forests*. *Landscape Ecology*, 23(8), 1199-1213. doi:https://doi.org/10.1007/s10980-008-9284-5
- Primack, R. (1998). *Essentials of conservation biology*. 659.
- Ries, L., & Sisk, T. (2004). *A predictive model of edge effects*. *Ecology*, .
- Riitters, K., Wickham, J., O'Neill, R., Jones, B., & Smith, E. (2000). Global-scale patterns of forest fragmentation. *Conservation Ecology*, 4(2).
- Rivera, O., Madariaga, E., & Arciniegas, H. (2020). Densidad poblacional del tigrillo (*Leopardus pardalis*) en el valle del Cerrejón, La Guajira,. *Colombia. Mammalogy Notes*, 5(2), 10-15.
- Saura, S., & Tórne, J. (2009). Conefor Sensinode 2.2: a software package for quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity. *Environ*, 135-139.
- Schipper, J. e. (2010). *Estado de conservación de felinos neotropicales*.
- SEA. (2022). *CRITERIO DE EVALUACIÓN EN EL SEIA: EVALUACIÓN*. Servicio de Evaluación Ambiental.
- Shannon, G., McKenna, M., Angeloni, L., Brown, E., Warner, K., Nelson, M., . . . Crooks, R. (2016). A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biol Rev Camb Philos Soc*, 91(4), 982-1005. doi:10.1111/brv.12207
- Sunquist, M., & Sunquist, F. (2002). *Ecología y comportamiento de Leopardus tigrinus*.
- Superina, M., Brieva, C. L., Aguilar, R. F., & Trujillo, F. (2014). *Manual de mantenimiento y rehabilitación de armadillos*.
- Talmage, R. V., & Buchanan, G. D. (1954). The armadillo (*Dasyopus novemcinctus*). A review of its natural history, ecology, anatomy and reproductive physiology. *Rice Inst. Pamphlet, Monogr. Biol.*, 41:, 1-135.
- Taulman, J. F., & Robbins, L. W. (1996). Recent range expansion and distributional limits of the nine-banded armadillo (*Dasyopus novemcinctus*) in the United States. *Journal of Biogeography*, 23(5), 635-648.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	79
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----

- Tlapaya, L., & Gallina, S. (2010). Cacería de mamíferos medianos en cafetales del centro de Veracruz, México. *Acta zoológica mexicana*, 26(2), 259-277.
- Trombulak, S. C., & Frissell, C. A. (2001). Review of Ecological Effects of Roads on Terrestrial and Aquatic Communities. *Conservation biology*. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.2000.99084.x>
- Useche, C. (2006). *Diseño de redes ecológicas y su aplicación en la planificación del paisaje*. Universidad Nacional de Colombia.
- Vargas, G. (2008). Fragmentación y conectividad de ecosistemas en el sector del proyecto geotérmico Miravalles y sus alrededores. *Sistema de Información Científica Redalyc*, 87.
- Wetzel, R. M., Gardner, A. L., & Redford, K. H. (2007). Order Cingulata. In A. L. Gardner, *Mammals of South America: Marsupials, Xenarthrans, Shrews and Bats* (Vol. 1, pp. 128-156). Chicago, University of Chicago Press.

Elaboró: CONSGA BIC S.A.S	Revisó: TGI S.A. ESP	Aprobó: TGI S.A ESP	Código Proyecto PO-CO-2024-009	Cap. 3.3. Medio Biótico Ver: 01	80
---------------------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	----