



ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
“ÁREA DE DESARROLLO LLANOS 141”

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE
INFLUENCIA
CAPÍTULO 3
3.3.2 Ecosistemas Terrestres



CONTENIDO

	Pág.
3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA	1
3.3 MEDIO BIÓTICO	1
3.3.2 Ecosistemas terrestres	1
3.3.2.1 Análisis multitemporal.....	1
3.3.2.1.1 Coberturas de la Tierra Año escenario 2012	1
3.3.2.1.2 Coberturas de la Tierra Año escenario 2022	2
3.3.2.1.3 Análisis Multitemporal Territorios Artificializados	7
3.3.2.1.4 Análisis Multitemporal Territorios Agrícolas	8
3.3.2.1.5 Análisis Multitemporal Bosques y Áreas seminaturales.....	8
3.3.2.1.6 Áreas húmedas	9
3.3.2.1.7 Superficies de Agua	10
3.3.2.2 Fragmentación de las coberturas	10
3.3.2.2.1 Métricas del paisaje.....	11
3.3.2.3 Áreas núcleo en la estructura del paisaje escenario 2012.....	22
3.3.2.4 Áreas núcleo en la estructura del paisaje escenario 2023.....	31
3.3.2.5 Conectividad.....	41
3.3.2.5.1 Conectividad estructural	41
3.3.2.5.2 Conectividad funcional	43
3.3.2.6 Bibliografía.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 3.3.2-1 Coberturas de la Tierra Año escenario 2012.....	1
Tabla 3.3.2-2 Coberturas de la Tierra Año escenario 2022.....	3
Tabla 3.3.2-3 Multitemporal para las coberturas presentes en el área de estudio	5
Tabla 3.3.2-4 Cambios en las Unidades de cobertura de la tierra entre 2012 y 2022	6
Tabla 3.3.2-5 Descripción de métricas de paisaje que describen la fragmentación	11
Tabla 3.3.2-6 Análisis coberturas naturales 2012-2023 Distancia euclidiana promedio- ENN	12
Tabla 3.3.2-7 Área total (CA) 2012- 2023.....	13
Tabla 3.3.2-8 Número de parches (NP) 2012 – 2023	14
Tabla 3.3.2-9 Análisis de coberturas naturales densidad de borde 2012 - 2023 – ED.....	15
Tabla 3.3.2-10 Análisis de coberturas naturales índice de giro 2012 - 2023 (GYRATE)	17
Tabla 3.3.2-11 Análisis de coberturas naturales índice de forma 2012 - 2023 (SHAPE)	18
Tabla 3.3.2-12 Análisis de las coberturas naturales índice de dimensión fractal 2012 - 2023 (FRAC).....	20
Tabla 3.3.2-13 Análisis de las coberturas naturales Proximidad 2012 - 2023	20
Tabla 3.3.2-14 Multitemporal coberturas naturales Diversidad SHDI	21
Tabla 3.3.2-15 Multitemporal coberturas naturales SHEI.....	21
Tabla 3.3.2-16 Análisis de coberturas naturales índice de Conectancia (CONNECT).....	42
Tabla 3.3.2-17 Especies de fauna definidas preliminarmente para el análisis de conectividad funcional	44
Tabla 3.3.2-18 Descripción Mono Soldado - <i>Saimiri cassiquiarensis</i>	46
Tabla 3.3.2-19 Descripción Zocay - <i>Plecturocebus ornatus</i>	47
Tabla 3.3.2-20 Aspectos importantes de las especies seleccionadas para la modelación de corredores.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 3.3.2-1 Coberturas de la tierra Año escenario 2012	2
Figura 3.3.2-2 Coberturas de la tierra escenario 2023	4
Figura 3.3.2-3 Comparación Coberturas 2012 – 2023	7
Figura 3.3.2-4 Comparación Coberturas Territorios Artificializados	7
Figura 3.3.2-5 Comparación Coberturas Territorios Agrícolas	8
Figura 3.3.2-6 Comparación Bosques y áreas seminaturales	9
Figura 3.3.2-7 Comparación Áreas húmedas	9
Figura 3.3.2-8 Comparación Superficies de Agua	10
Figura 3.3.2-9 Coberturas naturales 2012 – 2023 NP	15
Figura 3.3.2-10 Análisis de coberturas naturales densidad de borde 2012 - 2023 – ED	16
Figura 3.3.2-11 Análisis de coberturas naturales índice de giro 2012 - 2023 (GYRATE)	18
Figura 3.3.2-12 Análisis de coberturas naturales índice de forma 2012 – 2023 (SHAPE)	19
Figura 3.3.2-13 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) área de influencia escenario 2012	22
Figura 3.3.2-14 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización área de influencia escenario 2012	23
Figura 3.3.2-15 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Bosque denso alto de tierra firme (Bdatf) escenario 2012	24
Figura 3.3.2-16 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización del Bosque denso alto de tierra firme 2012	24
Figura 3.3.2-17 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Bosque de galería y ripario escenario 2012	25
Figura 3.3.2-18 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Bosque de galería escenario 2012	26
Figura 3.3.2-19 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Palmar escenario 2012.....	27
Figura 3.3.2-20 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Palmar escenario 2012.....	27
Figura 3.3.2-21 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Vegetación secundaria alta escenario 2012	28
Figura 3.3.2-22 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Vegetación secundaria alta escenario 2012.	29
Figura 3.3.2-23 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Vegetación secundaria baja escenario 2012	30
Figura 3.3.2-24 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Vegetación secundaria baja escenario 2012	30
Figura 3.3.2-25 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) área de influencia escenario 2022	31
Figura 3.3.2-26 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización área de influencia escenario 2023	32

Figura 3.3.2-27	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Bosque denso alto de tierra firme (Bdatf) escenario 2023	33
Figura 3.3.2-28	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización del Bosque denso alto de tierra firme a escenario 2023.....	33
Figura 3.3.2-29	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Bosque de galería y ripario escenario 2023	34
Figura 3.3.2-30	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Bosque de galería escenario 2023	35
Figura 3.3.2-31	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Palmar escenario 2023.....	36
Figura 3.3.2-32	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Palmar escenario 2023.....	36
Figura 3.3.2-33	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Herbazales escenario 2023.....	37
Figura 3.3.2-34	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Herbazales alta escenario 2023	38
Figura 3.3.2-35	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Vegetación secundaria alta escenario 2023	39
Figura 3.3.2-36	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Vegetación secundaria alta escenario 2023	39
Figura 3.3.2-37	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Vegetación secundaria baja escenario 2023	40
Figura 3.3.2-38	Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Vegetación secundaria baja escenario 2023	41
Figura 3.3.2-39	dPCintra	48
Figura 3.3.2-40	dPc Flux.....	49
Figura 3.3.2-41	dPC Connect	50
Figura 3.3.2-42	Obtención de áreas núcleo a partir del traslape entre el modelo de idoneidad de hábitat (IAvH) y los parches de mayor importancia para la red de conectividad (>dPC) para <i>P. ornatus</i>	52
Figura 3.3.2-43	Obtención de áreas núcleo mayores a 200 ha, las cuales corresponden al rango de hogar reportado para <i>M. tridactyla</i> en la Orinoquía colombiana.	53
Figura 3.3.2-44	Capa de resistencia para la modelación de corredores de conectividad para las especies <i>M. tridactyla</i> (izquierda) y <i>P.ornatus</i> (derecha).....	54
Figura 3.3.2-45	Corredores y rutas de menor costo para la especie <i>P. ornatus</i>	55
Figura 3.3.2-46	Corredores y rutas de menor costo para la especie <i>M. tridactyla</i>	56

3 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

3.3 MEDIO BIÓTICO

3.3.2 Ecosistemas terrestres

3.3.2.1 Análisis multitemporal

Para el análisis multitemporal, se estimaron los cambios en área en términos de pérdida o ganancia ocurridos en las coberturas de la tierra para el área de influencia del proyecto, en el cual se evaluaron dos periodos de tiempo 2012 y 2023, realizando los dos mapas de cobertura a escala 1:10.000 bajo la clasificación Corine Land Cover.

3.3.2.1.1 Coberturas de la Tierra Año escenario 2012

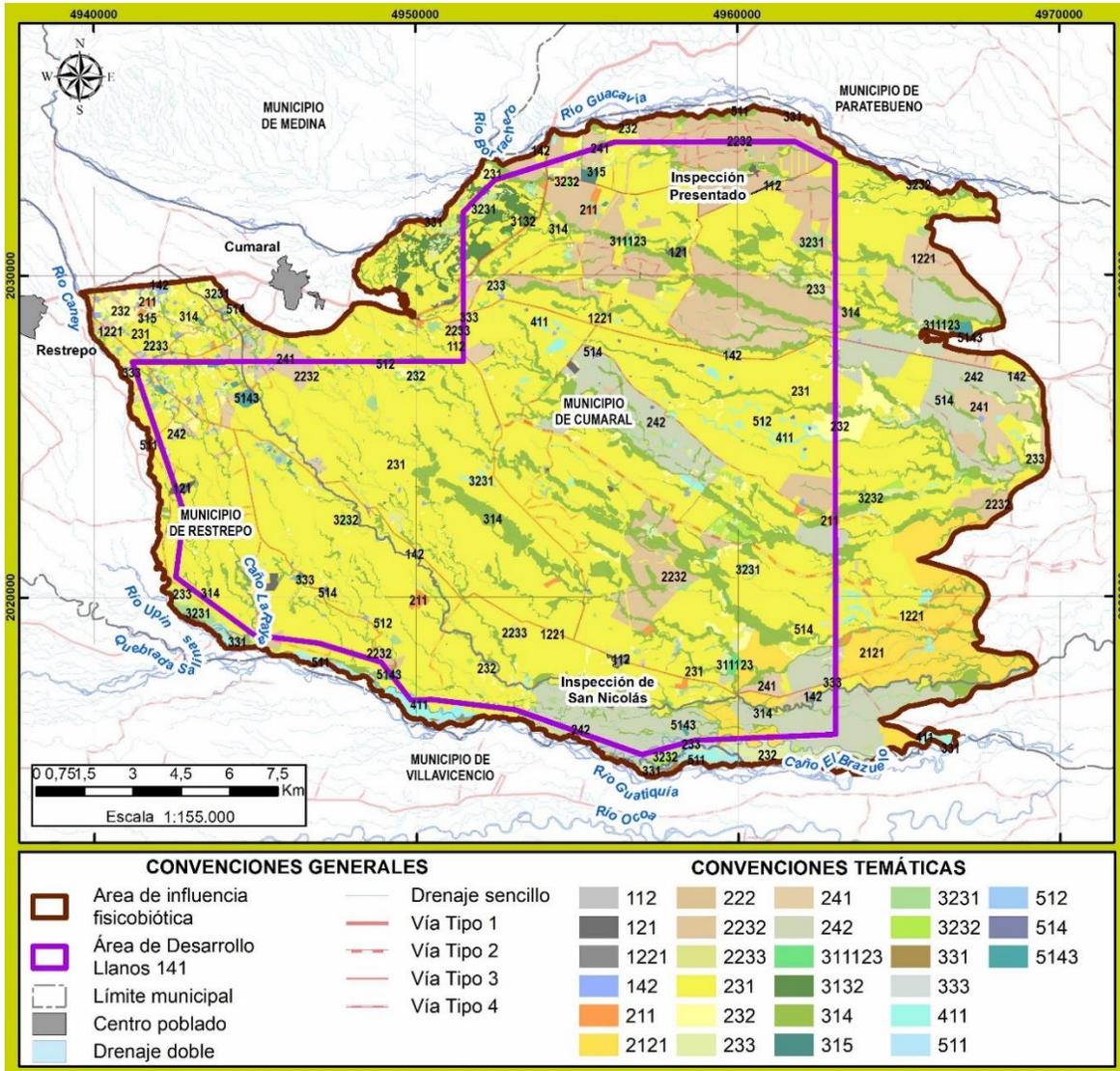
En el año 2012 se registraron un total de veintisiete (28) coberturas de la tierra, donde se identificaron ocho (8) coberturas de carácter natural y seminatural identificadas en la **Tabla 3.3.2-1** Coberturas de la Tierra Año escenario 2012 (Bosques y Áreas seminaturales). las cuales corresponden al 15,29%, del área total, equivalentes a 6550,81 ha. Para el área de influencia del proyecto la cobertura con mayor representatividad correspondió a los pastos limpios el cual ocupa el 53,80% (23053,69 ha) del total del área, a esta le siguió la cobertura de bosque de galería y/o ripario con 11,73% del área de influencia con 5027,18 ha. (Ver, **Figura 3.3.2-1**).

Tabla 3.3.2-1 Coberturas de la Tierra Año escenario 2012

SÍMBOLO	COBERTURA	CCLC	SÍMBOLO	2012	
				Área (ha)	Área (%)
Territorios artificializados	Tejido urbano discontinuo	112	Tud	11.31	0.03
	Zonas industriales o comerciales	121	Zic	79.28	0.19
	Red vial y territorios asociados	1221	Rv	168.60	0.39
	Aeropuerto sin infraestructura asociada	333	Asi	2.59	0.01
	Instalaciones recreativas	142	Irc	164.10	0.38
Territorios agrícolas	Otros cultivos transitorios	211	Oct	134.30	0.31
	Arroz	2121	Arz	1603.41	3.74
	Cultivos permanentes arbustivos	222	Cpa	9.40	0.02
	Palma de aceite	2232	Pac	3402.05	7.94
	Cítricos	2233	Ctr	65.01	0.15
	Pastos limpios	231	Pl	23053.69	53.80
	Pastos arbolados	232	Pa	1252.01	2.92
	Pastos enmalezados	233	Pe	794.54	1.85
	Mosaico de cultivos	241	Msc	1350.40	3.15
	Mosaico de pastos y cultivos	242	Mpc	3443.74	8.04
Bosques y áreas seminaturales	Palmares	311123	Palm	46.92	0.11
	Bosque denso alto de tierra firme	3132	Bdatf	358.55	0.84
	Bosque de galería y ripario	314	Bgr	5027.18	11.73
	Plantación forestal	315	Pf	34.06	0.08
	Vegetación Secundaria Alta	3231	Vsa	573.51	1.34
	Vegetación Secundaria Baja	3232	Vsb	422.69	0.99
	Zonas arenosas naturales	331	Zan	80.21	0.19
	Tierras desnudas y degradadas	333	Tdd	7.68	0.02
Áreas húmedas	Zonas Pantanosas	411	Zpn	478.10	1.12
Superficies de agua	Ríos	511	R	128.80	0.30
	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512	LI	11.43	0.03
	Cuerpos de agua artificiales	514	Caa	32.96	0.08
	Estanques para acuicultura continental	5143	Eac	110.62	0.26
Total general				42847.13	100.00

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Figura 3.3.2-1 Coberturas de la tierra Año escenario 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3.3.2.1.2 Coberturas de la Tierra Año escenario 2022

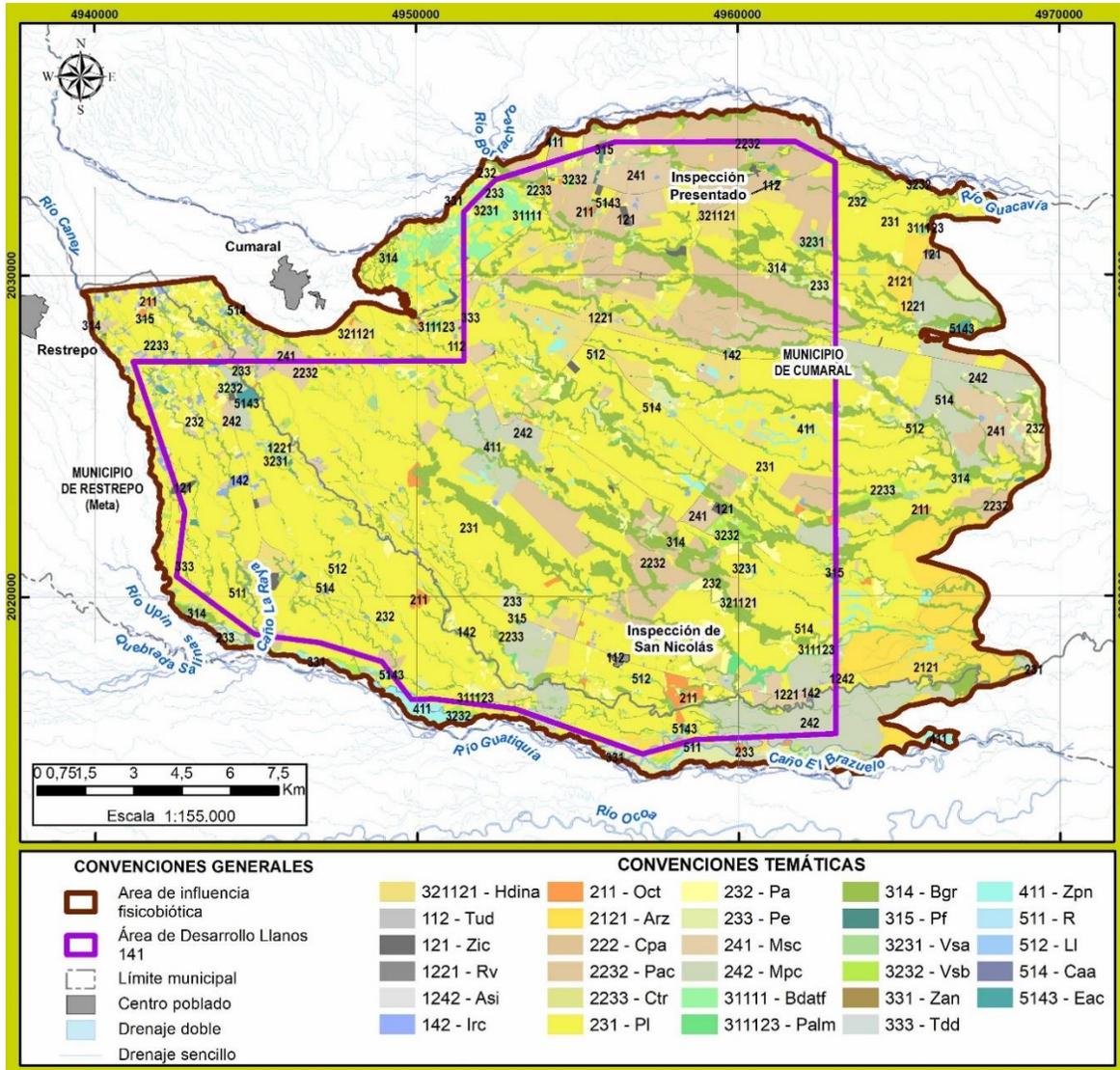
En el año 2023 se registraron **veintinueve (29)** coberturas de la tierra, identificando **nueve (9)** coberturas naturales y seminatural identificadas en la **Tabla 3.3.2-2 Coberturas de la Tierra Año escenario 2023** (Bosques y Áreas seminaturales). las cuales corresponden al **18,68%** del área de influencia, equivalente a **8002,23 ha** la cobertura que presenta mayor área corresponde a pastos limpios siendo el **48,29% (20692,26 ha)** y la cobertura de bosque de galería y/o ripario la segunda cobertura que abarca mayor área con **4992,69 ha (11,65%)** (Ver **Tabla 3.3.2-2** y **Figura 3.3.2-2** y).

Tabla 3.3.2-2 Coberturas de la Tierra Año escenario 2022

SÍMBOLO	COBERTURA	CCLC	Nomecl	AIFB	
				AREA_HA	%
Territorios artificializados	Tejido urbano discontinuo	112	Tud	14.89	0.03
	Zonas industriales o comerciales	121	Zic	137.99	0.32
	Red vial y territorios asociados	1221	Rv	180.81	0.42
	Aeropuerto sin infraestructura asociada	1242	Asi	2.59	0.01
	Instalaciones recreativas	142	Irc	239.54	0.56
Territorios agrícolas	Otros cultivos transitorios	211	Oct	240.48	0.56
	Arroz	2121	Arz	1551.95	3.62
	Cultivos permanentes arbustivos	222	Cpa	9.4	0.02
	Palma de aceite	2232	Pac	3781.06	8.82
	Cítricos	2233	Ctr	82.25	0.19
	Pastos limpios	231	Pl	20692.26	48.29
	Pastos arbolados	232	Pa	1407.51	3.28
	Pastos enmalezados	233	Pe	1141.03	2.66
	Mosaico de cultivos	241	Msc	1849.74	4.32
	Mosaico de pastos y cultivos	242	Mpc	2806.88	6.55
Bosques y áreas seminaturales	Palmares	311123	Palm	203.07	0.47
	Bosque denso alto de tierra firme	31111	Bdatf	357.52	0.83
	Bosque de galería y/o ripario	314	Bgr	4992.69	11.65
	Plantación forestal	315	Pf	37.61	0.09
	Herbazal	321121	Hdina	1283.38	3
	Vegetación secundaria alta	3231	Vsa	595.94	1.39
	Vegetación secundaria baja	3232	Vsb	509.23	1.19
	Zonas arenosas naturales	331	Zan	15.46	0.04
	Tierras desnudas y degradadas	333	Tdd	7.33	0.02
Áreas húmedas	Zonas pantanosas	411	Zpn	454.23	1.06
Superficies de agua	Ríos (50 m)	511	R	72.36	0.17
	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512	LI	34.94	0.08
	Cuerpos de agua artificiales	514	Caa	25.73	0.06
	Estanques para acuicultura continental	5143	Eac	119.24	0.28
Total				42847.113	100

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Figura 3.3.2-2 Coberturas de la tierra escenario 2023



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

En relación con el cambio en las coberturas de la tierra para los dos períodos en el área de influencia biótica del proyecto, en cuanto a las coberturas naturales se evidencia una disminución de 34,49 ha en las áreas de bosque de galería y/o ripario, la cobertura de bosque denso alto de tierra firme presenta disminución de 1,03 ha dentro del área de influencia del proyecto. La ocupación de coberturas agrícolas es menor para el año 2023, esto debido a la identificación de la cobertura Herbazal (321121) la cual se identificó en campo por la presencia de individuos de Andropogon presente en dicha cobertura, lo cual indica que son áreas naturales a diferencia de los pastos limpios. Sin embargo se debe tener en cuenta que el área se encuentra intervenida, lo que conlleva a un comportamiento similar de estas áreas. Es importante resaltar que para la cobertura de Palmares se identificaron 156,15 hectáreas adicionales para el año 2023. (Ver **Tabla 3.3.2-3** y **Tabla 3.3.2-4**).

Tabla 3.3.2-3 Multitemporal para las coberturas presentes en el área de estudio

SÍMBOLO	COBERTURA	CCLC	SÍMBOLO	2012		2023		Cambio promedio
				Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)	
Territorios artificializados	Tejido urbano discontinuo	112	Tud	11.31	0.03	14.89	0.03	3.58
	Zonas industriales o comerciales	121	Zic	79.28	0.19	137.99	0.32	58.71
	Red vial y territorios asociados	1221	Rv	168.60	0.39	180.81	0.42	12.21
	Aeropuerto sin infraestructura asociada	333	Asi	2.59	0.01	2.59	0.01	0.00
	Instalaciones recreativas	142	Irc	164.10	0.38	239.54	0.56	75.44
Territorios agrícolas	Otros cultivos transitorios	211	Oct	134.30	0.31	240.48	0.56	106.18
	Arroz	2121	Arz	1603.41	3.74	1551.95	3.62	-51.46
	Cultivos permanentes arbustivos	222	Cpa	9.40	0.02	9.4	0.02	0.00
	Palma de aceite	2232	Pac	3402.05	7.94	3781.06	8.82	379.01
	Cítricos	2233	Ctr	65.01	0.15	82.25	0.19	17.24
	Pastos limpios	231	Pl	23053.69	53.80	20692.26	48.29	-2361.43
	Pastos arbolados	232	Pa	1252.01	2.92	1407.51	3.28	155.50
	Pastos enmalezados	233	Pe	794.54	1.85	1141.03	2.66	346.49
	Mosaico de cultivos	241	Msc	1350.40	3.15	1849.74	4.32	499.34
	Mosaico de pastos y cultivos	242	Mpc	3443.74	8.04	2806.88	6.55	-636.86
	Bosques y áreas seminaturales	Palmares	311123	Palm	46.92	0.11	203.07	0.47
Bosque denso alto de tierra firme		3132	Bdaf	358.55	0.84	357.52	0.83	-1.03
Bosque de galería y ripario		314	Bgr	5027.18	11.73	4992.69	11.65	-34.49
Plantación forestal		315	Pf	34.06	0.08	37.61	0.09	3.55
Herbazal		321121	Hdina	-	-	1283.38	3	1283.38
Vegetación Secundaria Alta		3231	Vsa	573.51	1.34	595.94	1.39	22.43
Vegetación Secundaria Baja		3232	Vsb	422.69	0.99	509.23	1.19	86.54
Zonas arenosas naturales		331	Zan	80.21	0.19	15.46	0.04	-64.75
Áreas húmedas	Tierras desnudas y degradadas	333	Tdd	7.68	0.02	7.33	0.02	-0.35
	Zonas Pantanosas	411	Zpn	478.10	1.12	454.23	1.06	-23.87
Superficies de agua	Ríos	511	R	128.80	0.30	72.36	0.17	-56.44
	Lagunas, lagos y ciénagas naturales	512	LI	11.43	0.03	34.94	0.08	23.51
	Cuerpos de agua artificiales	514	Caa	32.96	0.08	25.73	0.06	-7.23
	Estanques para acuicultura continental	5143	Eac	110.62	0.26	119.24	0.28	8.62

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Tabla 3.3.2-4 Cambios en las Unidades de cobertura de la tierra entre 2012 y 2022

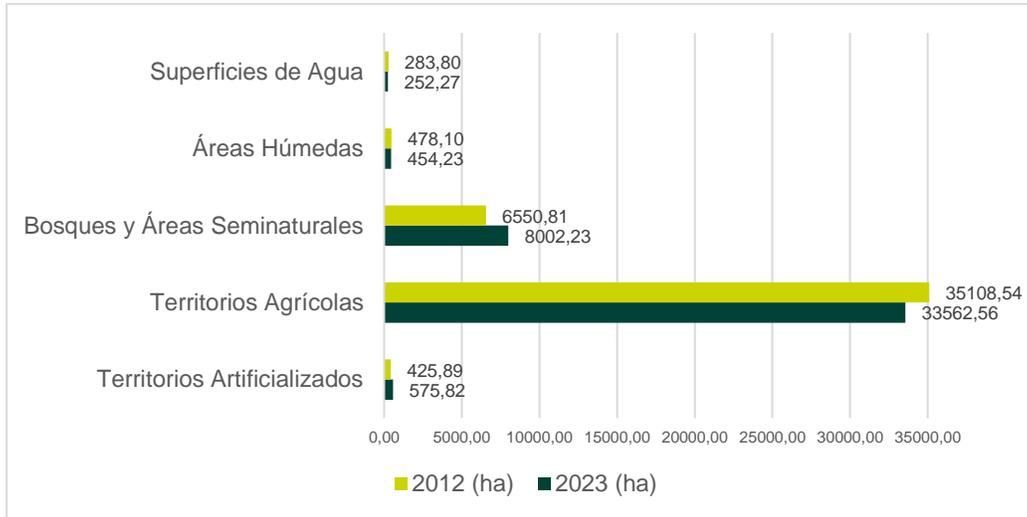
CCL C	COBERTURA DE LA TIERRA ESCENARIO 2022																							Total								
	112	121	122	124	142	211	212	22	223	223	231	232	233	241	242	311	313	314	315	323	323	33	33		411	51	51	51	514			
112	11,3																															11,3
121		78,7									0,5										0,1										79,3	
1221			170,0								1,7	0,0																			171,8	
1242				2,6																											2,6	
142					160,4						0,0	3,7						0,0		2,2										166,3		
211		5,3				123,5					4,4	0,7								0,5										134,3		
2121			0,1				1051,2				150,4	0,2	11,2		126,5			11,1		0,1	1,4	1,7		4,3					3,8	1361,9		
222								9,4																						9,4		
2232									3476,9		20,4		5,3					3,0		0,6	13,5									3519,8		
2233					0,4					64,6																				65,0		
231		38,4	4,4		66,0	32,1	8,6		380,6	7,5	2138,0	73,4	38,5	310,6	714,1	0,0	1,4	44,6	0,1	13,8	32,8		15,0	4,5	0,7	0,7	1,6			2316,9		
232					6,4				19,0	2,7	396,2	793,2	1,7		19,5			6,0		9,0	4,2		0,0	0,0						1257,9		
233			0,1		0,4	13,6	11,8				29,2	19,4	645,0	2,7	25,4			3,9		21,4	20,9	2,5	4,9	20,9						822,0		
241		12,8	0,1		2,2		187,6			1,3	28,3	11,0	68,0	1164,8	1,2			2,5		0,1	0,0							1,6		1481,5		
242		1,6			3,6	16,0	84,2		14,9		1092,7	3,9	64,6	8,4	2052,6			3,6		1,7	7,6	1,1	4,5	13,9						3375,0		
3111	23															46,9														46,9		
3132											6,6								325,7	18,3										350,7		
314		0,2	0,0		8,0	5,5	4,3		6,5		50,1	4,8	21,8	0,8	6,5	2,1		4760,2		57,8	17,9	0,1	1,2	3,4				3,7		4954,8		
315			0,2								4,8		11,4						17,8											34,1		
3231		0,0				0,2			1,5		4,0	1,1	18,6		1,9			53,8		487,4	0,6		0,4	2,8						572,3		
3232		0,1	0,0			0,6	2,8				5,6	0,3	5,2	2,4	1,5			20,8		7,2	372,7		1,1	1,7			0,2		422,4			
331					0,0				0,0		5,1	0,2	43,2					3,9		0,5	4,4	5,7	17,3	4,7					85,1			
333		0,3																				7,3							7,7			
411							0,0				1,4	0,0	75,3		6,9			4,5		3,3	22,8	2,8	351,3	12,0					480,5			
511					0,1				0,1		0,3	0,2	67,3					2,5		5,8	0,7	10,5	39,4	8,3						135,3		
512					9,5																					11,4				20,9		
514					0,1																						32,9			33,0		
5143		0,8									0,6							0,0										109,2		110,6		
Total	11,3	138,3	174,9	2,6	257,1	191,4	1350,4	9,4	3899,4	76,3	2318,2	907,7	1070,3	1501,1	2956,1	49,0	327,1	4938,8	17,9	611,3	499,5	24,4	7,3	439,5	72,4	12,1	33,6	120,0	4288,15			

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Las coberturas de la tierra en lo referente a la pérdida o ganancia, evidencia un aumento de áreas de vegetaciones en transición para el año 2023, esto por causa de procesos de descanso de actividades antrópicas, incremento de turismo y normatividad ambiental, sin embargo se evidencio una ligera disminución para el caso de los bosques; asimismo, se registra un aumento en las coberturas de territorios artificializados de 149,93 hectáreas, ya que como se menciona anteriormente, se incrementaron las construcciones de instalaciones recreativas dentro del área de influencia, producto de nuevas dinámicas socioeconómicas. Para el caso de los territorios agrícolas hubo una disminución en el número de hectáreas para el año 2023, esto puede estar influenciado por temporadas de descanso del suelo, producto de actividades agrícolas así como la identificación en campo de la cobertura de herbazal, atendiendo el Requerimiento No. 18, donde se aclara que las áreas de pastos limpios se diferencian de las coberturas de herbazal por tener individuos de Andropogon y ser coberturas de tipo natural, y finalmente para las coberturas de áreas húmedas y

superficies de agua, estas presentan una variación con tendencia negativa puesto que estos valores están influenciados por las dinámicas del río y sus coberturas aledañas. Los procesos de sedimentación y erosión a lo largo de los ríos pueden llevar a cambios en la configuración y extensión de estas áreas. En conclusión, no se evidencian cambios significativos en los períodos analizados para el análisis multitemporal (ver **Figura 3.3.2-3**).

Figura 3.3.2-3 Comparación Coberturas 2012 – 2023

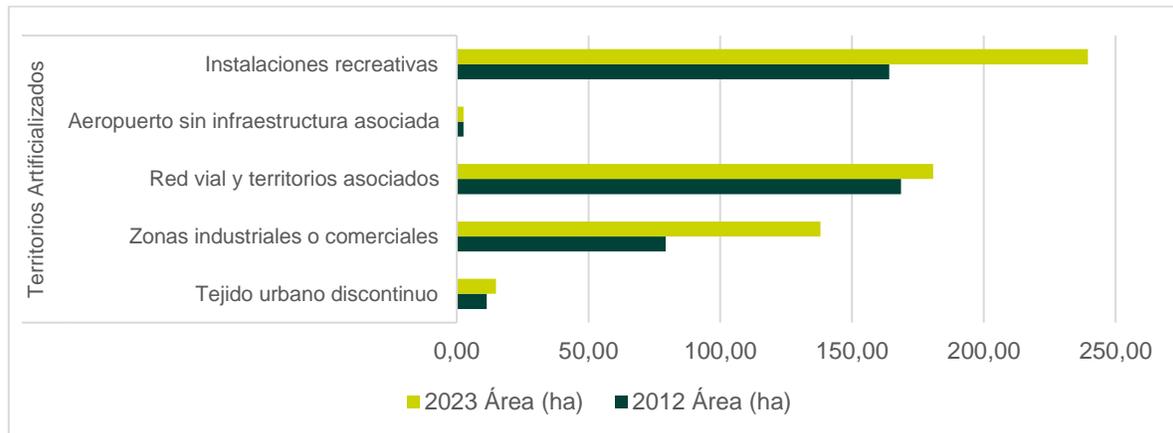


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3.3.2.1.3 Análisis Multitemporal Territorios Artificializados

Dentro de las coberturas de territorios artificializados se evidencia un aumento de 149 hectáreas en estos territorios, específicamente por las coberturas denominadas Zonas industriales o comerciales el cual para el año 2012 contaba con 79,28 ha, incrementando para el 2023, un total de 58,71 hectáreas dejando así un total de 137,99 ha y la cobertura Instalaciones recreativas que para el año 2023 evidencia un total de 74,44 hectáreas más comparadas con las 164,10 ha que tenía en el 2012, siendo dicha actividad el principal factor de cambio para el período de estudio. Ver **Figura 3.3.2-4**.

Figura 3.3.2-4 Comparación Coberturas Territorios Artificializados

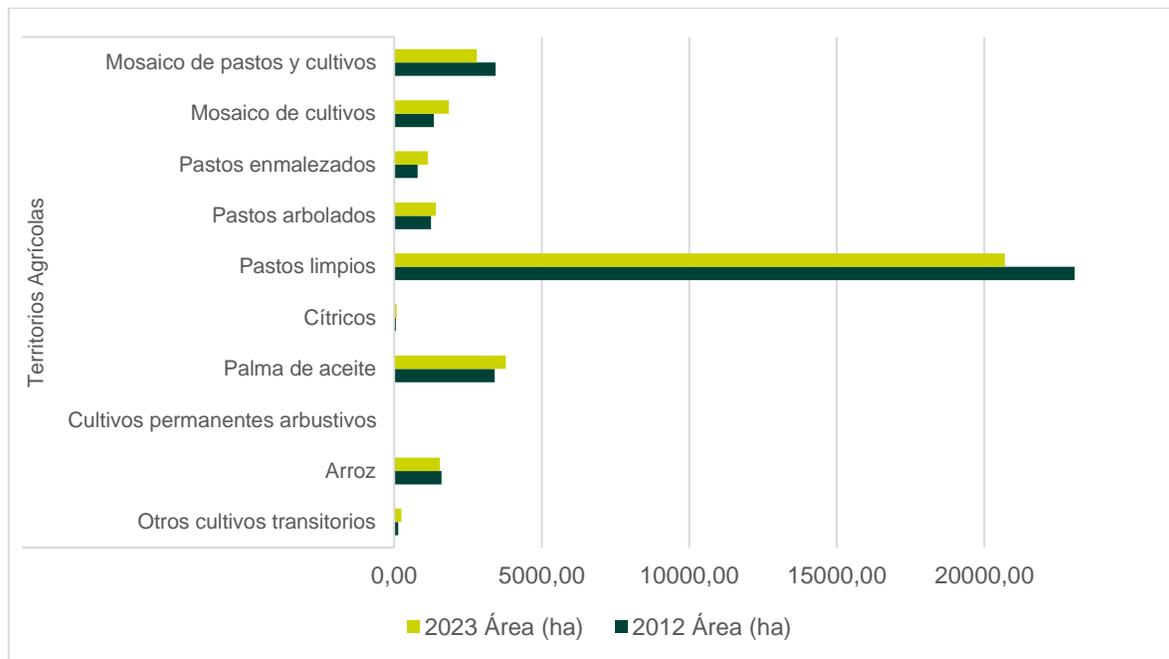


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3.3.2.1.4 Análisis Multitemporal Territorios Agrícolas

En los territorios agrícolas se evidencia una disminución de 1545,98 hectáreas, evidenciado en las coberturas de pastos arbolados **incremientaron para el año 2023**, lo que está asociado a que son **polígonos cercanos a áreas donde se ha conservado la flora local**, así mismo los mosaicos de pastos y cultivos que tuvieron un aumento para el año 2023, esto debido a la implementación de nuevas áreas para producción y la continua actividad antrópica en la zona. Para la cobertura de pastos limpios, se evidencia una disminución de 2361,43 hectáreas; esto debido a la identificación en campo de la cobertura de herbazal, la cual no estaba incluida para el año 2012. Estas áreas se caracterizan por ser de tipo natural a diferencia de los pastos limpios cuyas características se ven influenciadas por las intervenciones antrópicas. Para las coberturas de pastos enmalezados y los cultivos de palma de aceite y cítricos se presentaron incrementos del 23%, 10% y 15% respectivamente. Ver **Figura 3.3.2-5**.

Figura 3.3.2-5 Comparación Coberturas Territorios Agrícolas

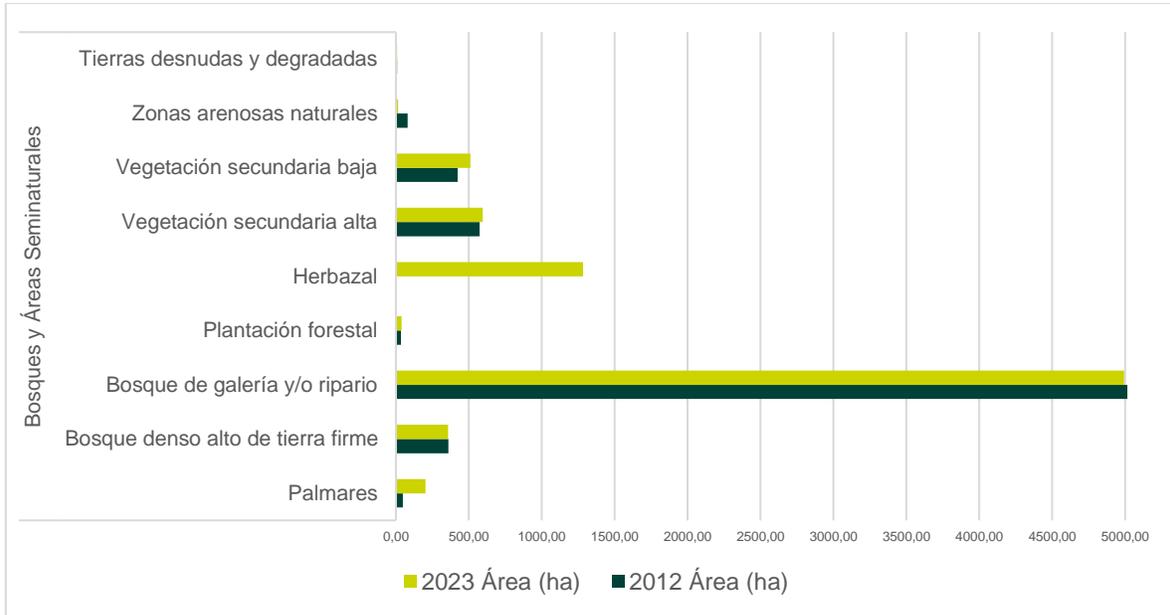


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3.3.2.1.5 Análisis Multitemporal Bosques y Áreas seminaturales

Para el nivel de bosques y áreas seminaturales se evidencia un aumento mínimo de los territorios, de 1451,42 hectáreas, esto debido al aumento en las vegetaciones en transición producto de áreas en descanso y regeneración natural. Sin embargo, se evidencian pérdidas en bosques de galería y/o ripario, **bosque denso alto de tierra firme de 34,49 ha, 1,03 ha** respectivamente. Ver **Figura 3.3.2-6**.

Figura 3.3.2-6 Comparación Bosques y áreas seminaturales

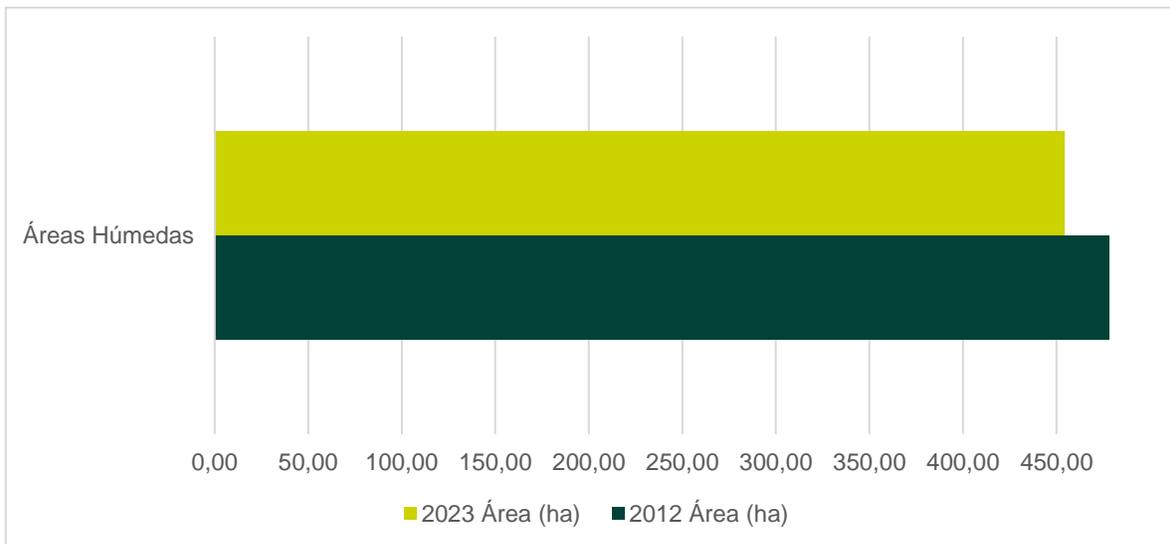


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3.3.2.1.6 Áreas húmedas

En la cobertura de áreas húmedas se registraron zonas pantanosas, se evidencia una disminución de 23,87 ha, pasando de tener 478,10 hectáreas a 454,23 hectáreas, principalmente atribuible a dinámicas del río, sin ser un cambio significativo en relación con el área que ocupa en el proyecto. Ver **Figura 3.3.2-7**.

Figura 3.3.2-7 Comparación Áreas húmedas

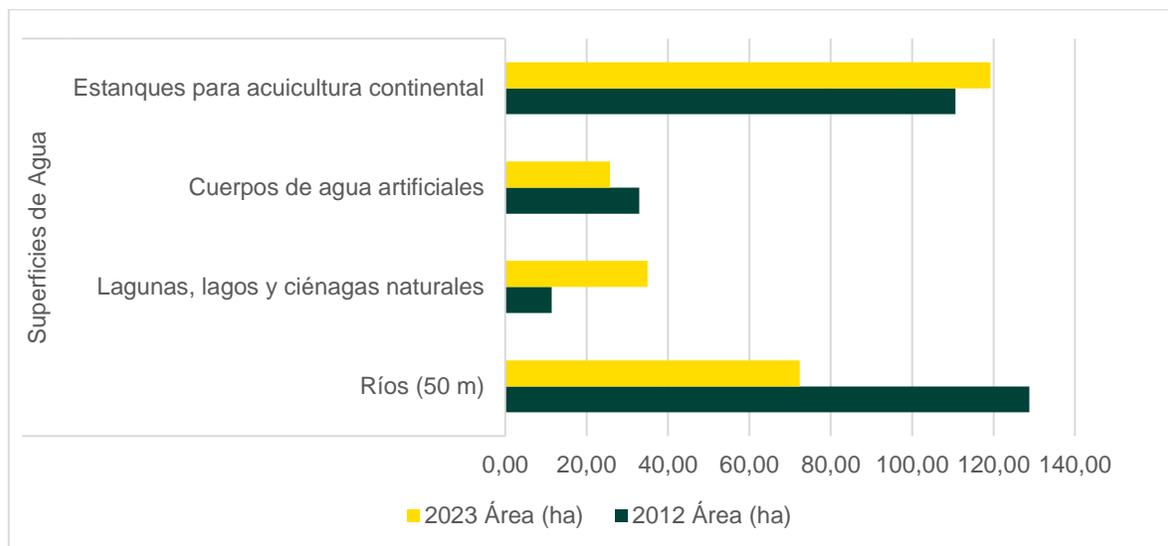


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3.3.2.1.7 Superficies de Agua

De manera similar a las áreas húmedas, para la cobertura de superficies de agua, se evidencia una disminución de 31,53 hectáreas, Esto debido a la dinámica del río y los procesos que tiene a través del tiempo, modificando las coberturas aledañas. Para el caso de los cuerpos de agua artificiales, estos tuvieron una disminución de 7,23 hectáreas, lo cual se atribuye a la identificación en campo de estas áreas como de origen natural; lo que conlleva a un aumento en las áreas de los Lagos, lagunas y ciénagas con un aumento de 25,51 hectáreas. Así mismo los estanques para acuicultura continental que se incrementaron pasando de ser 110,62 hectáreas a 119,24 hectáreas dentro del área de influencia. Ver **Figura 3.3.2-8**.

Figura 3.3.2-8 Comparación Superficies de Agua



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3.3.2.2 Fragmentación de las coberturas

La fragmentación de ecosistemas es un fenómeno observado en diversos lugares del país. Esta ocurre cuando un hábitat natural se divide en fragmentos más pequeños y aislados debido a la acción humana, como la construcción de infraestructuras, la expansión urbana o la conversión de tierras para la agricultura o la ganadería. Esta fragmentación puede tener efectos negativos significativos en la flora, la fauna y los procesos ecológicos, alterando los patrones de movimiento de las especies, la disponibilidad de recursos y la interconectividad de los ecosistemas. Esta situación plantea desafíos para la conservación de especies endémicas y amenaza la integridad de los paisajes naturales. Es fundamental comprender y abordar este problema para garantizar la preservación y el uso sostenible de los ecosistemas colombianos, protegiendo así su riqueza biológica y los servicios ambientales que brindan a las comunidades locales y al país en su conjunto.

Para comprender y estimar los efectos de la fragmentación se encuentra la evaluación estructural y funcional del paisaje. La evaluación estructural involucra la disposición espacial de los elementos, mientras que la evaluación funcional incorpora las dinámicas ecológicas y las preferencias de hábitats de las especies, especialmente aquellas que puedan ser más vulnerables a la fragmentación.

Para un análisis efectivo de los efectos de la fragmentación, se considera la cobertura vegetal como unidad apropiada de análisis, ya que ésta es el resultado de la asociación de elementos biológicos vegetales que forman unidades estructurales y funcionales en el paisaje. De esta manera el análisis se realizó para las coberturas naturales (áreas de bosque) y coberturas seminaturales (Vegetación secundaria). Así mismo atendiendo el Requerimiento No. 22, se realizaron los ajustes de la fragmentación teniendo en cuenta los ajustes realizados al área de influencia, el mapa de coberturas y la geomorfología.

3.3.2.2.1 Métricas del paisaje

Las métricas de paisaje son herramientas fundamentales en la comprensión y evaluación de la estructura y dinámica de los paisajes. En el contexto de la conservación y manejo de los ecosistemas, estas métricas permiten analizar y cuantificar la fragmentación, la conectividad y otros aspectos clave de la configuración espacial de los paisajes.

Estas métricas se basan en medidas estadísticas que permiten analizar la estructura y composición de un paisaje. Adicionalmente, se han incluido dos métricas de diversidad para mejorar el análisis. Ver **Tabla 3.3.2-5**.

Tabla 3.3.2-5 Descripción de métricas de paisaje que describen la fragmentación

ESCALA	INDICADOR	DESCRIPCIÓN	DESCRIPCIÓN
Métricas de parche	ENN	Distance Euclidian to Nearest Neighbour	Distancia euclidiana al vecino más cercano
Métricas de clase	CA	Total, Área (ha)	Área total (ha)
	NP	Number of Patches	Número de parches
	ED	Edge Density	Densidad de borde
	GYRATE	Radius of Gyration	Radio de giro
	SHAPE	Shape Index	Índice de forma
	FRAC	Fractal Dimensión Index	Índice de dimensión fractal
Métricas de clase	PROX MN	Proximity Index	Índice de proximidad
	CONNECT	Connectance Index	Índice de conectancia
Métricas de diversidad	SHD	Shannon's Diversity Index	Índice de diversidad de Shannon
	SHEI	Shannon's Evenness Index	Índice de diversidad de Shannon Uniforme

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A continuación, se presenta el análisis de cada una de las métricas desarrolladas, para las cuales se realizó el cálculo teniendo en cuenta el escenario actual (2023), comparado con el escenario anterior correspondiente al año 2012, con lo cual se realiza un análisis multitemporal representativo del área de influencia del proyecto. Ver **Anexo**

3.3.2.1 Flora/Cálculos/3.Fragmentación/1.Fragstats

3.3.2.2.1.1 Métricas de parche

➤ Distancia euclidiana al vecino más cercano (ENN)

El índice de distancia euclidiana es una herramienta que analiza el comportamiento de los fragmentos de un paisaje de acuerdo con su conectividad, considerando la distancia entre los parches de una misma clase. Con la finalidad de medir en unidades de distancia (a partir de cero metros), la cercanía entre los bordes de cada parche, este parámetro permite identificar las restricciones o facilidades de movilidad que afrontan los organismos del paisaje. Esta condición determina la persistencia regional de las poblaciones, por lo que es de gran utilidad en la formulación de estrategias de conservación, como la establecer corredores de conservación.

La medida se refleja como la distancia en línea recta desde el centro de las celdas del ráster hasta el parche más cercano, es decir, la distancia entre los bordes inmediatos de los fragmentos del mismo tipo. Aunque su interpretación es diferente según la bioecología de cada especie, en general, es importante para determinar la conectividad entre fragmentos y la sensibilidad a la persistencia regional de las poblaciones. Sin embargo, es necesario considerar que la fragmentación opera en diferentes escalas relacionadas con las poblaciones de diferentes especies y sus requerimientos de hábitat.

Debe tenerse en cuenta que lo que se considera un hábitat fragmentado para una especie, puede no serlo para otra, en función de su capacidad de dispersión y/o movilidad. Por otro lado, puntualizar la existencia de barreras fisiográficas debe ser tomado en cuenta, debido a que pueden limitar la dispersión de una especie. Sin embargo, es importante destacar que dos fragmentos que estén muy cercanos no garantizan una oferta adecuada de hábitat para una especie, ya que pueden existir barreras naturales como ríos, actividad agropecuaria, geformas abruptas o taludes que limiten radicalmente la movilidad o vías de alta movilidad.

De acuerdo con estas métricas, registradas en la **Tabla 3.3.2-6**, para las coberturas vegetales del 2012, se puede evidenciar que la distancia euclidiana entre vecinos más cercanos tiene una distancia mínima promedio de 16 metros entre parches. Para el caso de la cobertura de **bosque denso alto de tierra firme** que la máxima distancia entre parches es de **277,70** metros siendo parches grandes relativamente bien conectados, para el caso del Bosque de galería y/o ripario se evidencia una distancia máxima de **880** metros entre parches y en el caso de los palmares estos presentan los valores más altos entre parches llegando a alcanzar **10444** metros. Posteriormente se puede evidenciar que al igual que las métricas de la cobertura del año 2012, en la cobertura del año **2023** la distancia euclidiana entre vecinos más cercanos tiene una distancia mínima promedio de 16 metros entre parches esto debido al tamaño de celda utilizado en el cálculo y los cambios mínimos que presentaron las coberturas a través del tiempo. Respecto a los **bosques densos altos de tierra firme** se observa que la distancia máxima entre parches de **305,68** metros, evidenciando una fragmentación y separación entre parches para esta cobertura, es relevante que la distancia promedio de los bosques es la de menor longitud en comparación con las otras dos categorías analizadas. Cabe destacar que para el caso del Bosque de galería y/o ripario, y las vegetaciones en transición no se presentaron grandes cambios a través del tiempo, ya que el área de influencia se encuentra mayormente intervenida por actividades antrópicas desde el 2012. Para el caso de las zonas pantanosas, estas presentan una variación en la distancia euclidiana entre vecinos mostrando una tendencia decreciente en sus valores ya que estas áreas están intrínsecamente ligadas a las dinámicas fluviales y a las características circundantes de la región. Estas áreas se encuentran en su mayoría en ubicadas cerca de los ríos Guacavía y Guatiquía, ubicados al norte y sur del área de influencia biótica respectivamente. Factores como la topografía, geología juegan un papel fundamental para la formación de estas zonas, por lo que se distribuyen de manera heterogénea por el área, evidenciado en distancias máximas de **5942,81** metros. Las lagunas encontradas en el área de influencia presentan áreas mínimas de cobertura, lo que conlleva que sean coberturas altamente fragmentadas con distancias promedio de **4183,33** metros entre parches. Estas a diferencia de las zonas pantanosas no varían entre escenarios ya que la mayoría son ecosistemas permanentes son embargo se pueden ser afectados por acciones antrópicas o cambios medio ambientales. **Así mismo dando respuesta a los requerimientos solicitados por la autoridad frente al ajuste de las coberturas y del área de influencia, se incluyó la cobertura de Herbazal. Esta inclusión genera unas pérdidas mayormente en la cobertura de pastos limpios como se evidencia en los demás parámetros.**

Tabla 3.3.2-6 Análisis coberturas naturales 2012-2023 Distancia euclidiana promedio- ENN

Cobertura	2012			2023		
	Min. de ENN	Máx. de ENN	Promedio de ENN	Min. de ENN	Máx. de ENN	Promedio de ENN
Bdatf	16	277.70	94.40	16	305.68	104.43
Bgr	16	880.00	71.71	16	974.06	73.47

Cobertura	2012			2023		
	Min. de ENN	Máx. de ENN	Promedio de ENN	Min. de ENN	Máx. de ENN	Promedio de ENN
Hdina	0	0.00	0.00	16	6427.17	995.03
LI	29	4177.23	1007.60	36	4183.33	991.56
Palm	24	10044.08	1833.55	16	3018.38	393.05
Vsa	18	2107.71	404.22	16	1736.00	321.01
Vsb	16	1909.79	345.54	16	3021.35	348.27
Zpn	18	2606.97	432.64	16	5942.81	524.10
Total	16	10044.08	302.76	16	6427.17	302.16

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3.3.2.2.1.2 Métricas de clase

Para estas métricas se optó por el nivel de clase para identificar los índices de fragmentación, que representa un grupo de coberturas naturales que cuentan con múltiples fragmentos. Se evaluaron tres categorías dentro de cada clase, las cuales incluyen medidas de área, borde, forma y diversidad. Estos indicadores estadísticos permiten examinar la composición y estructura del paisaje en cuestión.

➤ Área total (CA)

El área total es una métrica que se obtiene a partir del tamaño promedio de los fragmentos de una cobertura, sumando la superficie de todos los fragmentos en un área de interés y dividiendo el resultado por el número de fragmentos. De este modo, se determina la cantidad de superficie neta que ocupa una clase específica de cobertura por hectárea del paisaje, y de acuerdo con McGarigal (1995), esta permite determinar la composición del paisaje a través del análisis de la cobertura, lo que tiene importantes implicaciones en las dinámicas ecológicas.

Diversos estudios han comprobado que la desaparición de especies en zonas específicas se incrementa en lugares más pequeños, lo que puede generar una mayor explotación de recursos del bosque y modificar la composición y estructura de la vegetación (Arroyo-Rodríguez, 2007; Fischer & Lindenmayer, 2007).

Tabla 3.3.2-7 Área total (CA) 2012- 2023

COBERTURA	CA - Área (ha)	
	2012	2023
Bosque denso alto de tierra firme	358.57	357.57
Bosque de galería y/o ripario	5027.32	4992.22
Palmares	46.99	202.78
Vegetación secundaria alta	573.48	595.63
Vegetación secundaria baja	422.71	509.29
Herbazal denso inundable no arbolado	-	1283.41
Lagos, Lagunas y ciénagas	22.80	34.88
Zonas Pantanosas	477.94	454.41

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

Teniendo en cuenta las métricas, al nivel del área se observa que las coberturas naturales y seminaturales en el área de influencia presentan diferencias notables en cuanto a su extensión (ver **Tabla 3.3.2-7**), siendo el bosque de galería y ripario la cobertura con mayor área ya que cuenta con **5027,32** ha en el escenario 2012; y manteniendo su posición para el 2023 con un total de **4992,22** ha con una ligera disminución del **34,49** ha, mientras que el **Bosque denso alto de tierra firme** abarca únicamente un área de **358,57** ha para el escenario 2012 y **357,57** ha para el 2023, lo que significa que hubo una disminución del **2%** del total del área. En el caso particular de la vegetación secundaria alta y baja natural y seminatural, con predominio de bosque de galería. Para el caso de las coberturas seminaturales, particularmente se comporta como un área en regeneración después de una

intervención antrópica y no como una pérdida de bosque. Estas áreas para el escenario 2012, contaban con un total de 573,48 ha para el caso de las vegetaciones secundarias altas y 422,71 ha las vegetaciones secundarias bajas, presentando un aumento del 6% y 15% respectivamente. Para el caso de las zonas pantanosas, estas presentan un aumento en el tamaño promedio de los parches a pesar de tener una disminución en el área total de estos dentro del área de influencia, valores que esta intrínsecamente ligados a los procesos fluviales.

➤ Número de parches (NP)

El cálculo del número de fragmentos presentes en un ecosistema es una medición sencilla para evaluar su subdivisión o fragmentación. Sin embargo, este indicador, según lo reportado por MacGarigal (1995), tiene limitaciones interpretativas al no considerar información acerca del área, distribución o densidad de los parches.

La cantidad de fragmentos de una clase determinada se determina mediante la suma del número de divisiones en que se encuentra el ecosistema en un área específica. El valor de esta medida aumenta conforme se fragmenta el ecosistema o la clase evaluada (Humboldt, 2003).

El número de parches es una métrica concluyente en relación con la fragmentación de bosques. Una fragmentación excesiva, en unidades poco significativas, reduce considerablemente las posibilidades de restauración ecológica, ya que los componentes primarios de cada parte podrían desaparecer al permanecer aislados por periodos de tiempo prolongados. La forma y el tamaño de los parches se relacionan directamente con su funcionalidad, y la pérdida de área de un sistema natural conlleva problemas generados por la deforestación.

Tabla 3.3.2-8 Número de parches (NP) 2012 – 2023

COBERTURA	NP	
	2012	2023
Bosque denso alto de tierra firme	8	8
Bosque de galería y/o ripario	390	384
Palmares	18	87
Vegetación secundaria alta	184	205
Vegetación secundaria baja	247	281
Herbazal denso inundable no arbolado	-	24
Lagos, Lagunas y ciénagas	36	42
Zonas Pantanosas	74	86

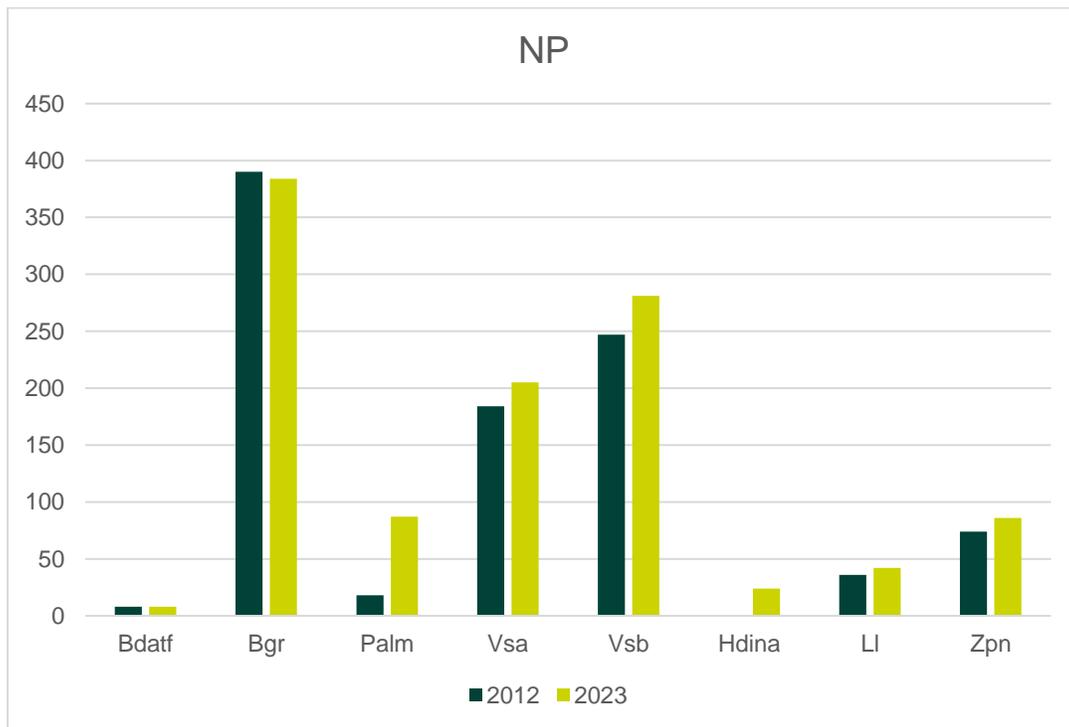
Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

El área de influencia presenta resultados variados, como es el caso de la cobertura del bosque denso alto de tierra firme que cuenta con un total de ocho (8) parches sin presentar cambios en ambas temporadas, lo que evidencia que esta cobertura no ha tenido intervenciones apreciables en este tiempo, siendo el tamaño promedio del parche de 43,75 ha y 40 ha respectivamente con una distancia mínima de 8 metros entre ellos reflejando así una conectividad estructural del territorio.

Con respecto al Bosque de galería, este presenta 384 parches en el año 2023 disminuyendo un 1,54% con respecto al año 2012, y de acuerdo al área total mencionada anteriormente, esta cuenta con tamaños de parches de 12,71 ha para el escenario 2012 y 11,43 ha para el escenario 2023, cabe aclarar que esta cobertura cuenta con los valores más altos debido a su forma alargada y al grado de intervención de la zona ya que estos se encuentran asociados a los cauces, de manera similar ocurre para las coberturas de palmares que presenta un incremento de 69 parches siendo esta la que presenta mayor sensibilidad con un promedio de parche de 2 ha. Finalmente, la vegetación secundaria alta cuenta con un 11,41% de incremento en el número de parches, donde se evidencia un tamaño menor entre parches para el escenario 2012 y el 2022 debido a que el área es pequeña respecto al número de parches y las dinámicas de estos ecosistemas están

estrechamente vinculadas a coberturas con influencia antrópica, determinando que el tamaño del parche promedio para la cobertura Vsa es de 2,8 ha (Área total CA/NP) y para la cobertura Vsb 1,8 ha según el cálculo (Área total CA/NP), como se mencionó respecto al área de estos, no se observa una fragmentación significativa de las coberturas naturales y seminaturales respecto al número de parches. Para el caso de las coberturas de zonas pantanosas y lagos, lagunas y ciénagas, estas se presentan en menor media para el año 2012. Esta variación puede deberse a varias razones relacionadas con la dinámica de estos ecosistemas y las características del terreno circundante, así como el aumento de actividades antrópicas que incluyen en el incremento de parches para el año 2023. (Ver **Figura 3.3.2-9**).

Figura 3.3.2-9 Coberturas naturales 2012 – 2023 NP



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

➤ **Densidad de borde (ED)**

La densidad de borde se calcula sumando las longitudes de todos los segmentos del borde de los fragmentos del hábitat de interés, dividiendo por el área total del paisaje (en m²) y multiplicando por 10.000 para convertir a hectáreas. Este valor aumenta en parches pequeños y tiene una relación directa con la fragmentación. Si la fragmentación aumenta significativamente, la densidad de borde puede disminuir debido a una mayor razón perímetro área. (ver **Tabla 3.3.2-9**) Esta métrica expresa la sumatoria de todas las longitudes de borde de una clase dividida entre el área total del paisaje y multiplicada por 10.000 para relacionar el cálculo en hectáreas.

Tabla 3.3.2-9 Análisis de coberturas naturales densidad de borde 2012 - 2023 – ED

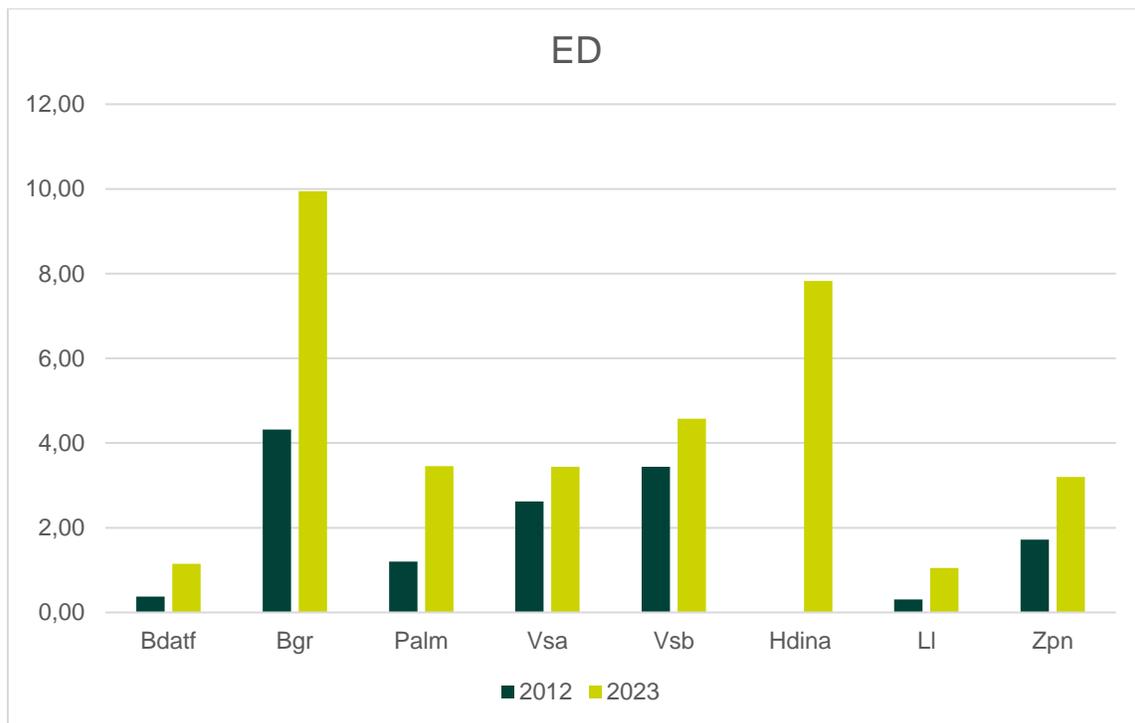
COBERTURA	ED	
	2012	2023
Bosque denso alto de tierra firme	0.38	1.15
Bosque de galería y/o ripario	4.32	9.95
Palmares	1.20	3.46

COBERTURA	ED	
	2012	2023
Vegetación secundaria alta	2.62	3.44
Vegetación secundaria baja	3.44	4.57
Herbazales	-	7.83
Lagos, Lagunas y ciénagas	0.30	1.05
Zonas Pantanosas	1.72	3.20

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

La **Tabla 3.3.2-9** muestra el indicador ED en ambos escenarios (2012 y 2022) para el área de estudio. En la **Figura 3.3.2-10**, es posible inferir que, para la cobertura de Bosque de galería y/o ripario, presentó un aumento del 30,87% en el indicador referente a la densidad de borde (ED), siendo esta la cobertura con el mayor aumento durante el periodo de tiempo determinado para el estudio, pasando de un total de 4,32 ha en el año 2012 a un total de 9,95 ha en el año 2023, esto debido a que para el caso del bosque de galería, se presenta una mayor cantidad de bordes debido a su forma alargada, cuyos efectos benéficos influyen directamente en la fauna ya que proporciona refugio y alimento a diversas especies. Sin embargo, la densidad de la cobertura del bosque de galería se ve disminuida a medida que se avanza hacia su interior y sus polígonos son menos regulares y más alargados e irregulares. Así mismo, lo ecosistemas de Zonas pantanosas y Lagos, lagunas y ciénagas presentan valores de 0,30 y 1,05 debido a que son áreas pequeñas razón por la cual este valor es menor en relación con el área total que ocupan lo que los define como áreas sensibles. La densidad de borde de la cobertura vegetación secundaria alta presento un incremento del 31.30% esto debido a procesos naturales y/o presiones antrópicas y para la cobertura de vegetación secundaria baja, se presentó un incremento del 32,85%. En general se debe tener en cuenta que estos cambios de las densidades de borde para las coberturas se ven influenciados por las actividades socioeconómicas que mantienen sus dinámicas en áreas intervenidas como lo son los territorios agrícolas que ocupan aproximadamente el 80% del territorio para los años evaluados.

Figura 3.3.2-10 Análisis de coberturas naturales densidad de borde 2012 - 2023 – ED



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

➤ **Radio de giro (GYRATE)**

El índice de longitud de correlación se utiliza para medir la conectividad estructural dentro de un hábitat fragmentado. Concretamente, se basa en el radio de giro del fragmento y la distancia media entre cada celda y el centroide de este, lo que permite entender la distancia que puede recorrer un organismo dentro del fragmento. Además, este parámetro muestra la distancia desde los núcleos hacia los bordes del hábitat, y su disminución indica los efectos negativos de la fragmentación. (ver **Tabla 3.3.2-10**).

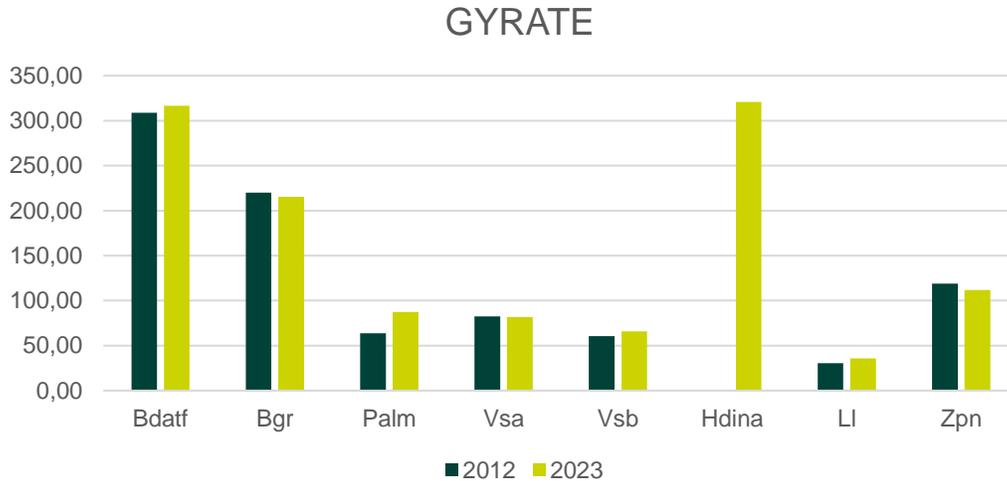
Tabla 3.3.2-10 Análisis de coberturas naturales índice de giro 2012 - 2023 (GYRATE)

COBERTURA	GYRATE_MN	
	2012	2023
Bosque denso alto de tierra firme	308.86	316.57
Bosque de galería y/o ripario	220.15	215.34
Palmares	63.80	87.27
Vegetación secundaria alta	82.32	81.63
Vegetación secundaria baja	60.53	65.89
Herbazales	-	320.89
Lagos, Lagunas y ciénagas	30.63	35.79
Zonas Pantanosas	119.02	111.75

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Se evidencia que la categoría con mayor radio de giro es el bosque fragmentado con vegetación secundaria ya que cuenta con un valor de 308,86 metros para el año 2012 y 316,57 para el año 2023, observando un aumento en el radio de giro, lo cual puede indicar que las áreas del parche con una mayor densidad de cobertura vegetal son las que presentan las mejores condiciones para el mantenimiento de la conectividad estructural entre hábitats dentro del mismo. Estas zonas ofrecen una mayor superficie para el desplazamiento de los organismos y una mayor distancia entre el núcleo del parche y su borde, lo que se traduce en valores significativamente más altos en comparación con las áreas de menor densidad vegetal. Se observó una ligera reducción en los valores de estos índices para las coberturas de Bosque de galería y Vegetación secundaria alta, atribuible en gran medida a procesos de fragmentación. No obstante, cabe destacar que, a pesar de esta disminución, ambas coberturas mantienen índices similares. Este hecho se evidencia al comparar con los índices previos, indicando que las coberturas naturales y seminaturales en el área de influencia no experimentan cambios significativos debido a las dinámicas ya presentes en la zona. Para el caso de las zonas pantanosas, estas presentan una disminución en el radio de giro para el año 2023, producto de la naturaleza de este ecosistema, que se ve influenciado por los sistemas fluviales y los cambios en las coberturas terrestres circundantes. Sin embargo, para la cobertura de Vegetación secundaria baja, se evidenció un aumento del radio de giro producto del aumento de estas áreas cuyas dinámicas están fuertemente influenciadas por las actividades agrícolas presentes, siendo áreas en descanso. Finalmente, para el caso de los Palmares, estos presentaron una variación en el escenario del año 2023 con respecto al escenario 2012 del 36,8%. La **Tabla 3.3.2-10** y **Figura 3.3.2-11** muestra el valor del indicador para las coberturas analizadas.

Figura 3.3.2-11 Análisis de coberturas naturales índice de giro 2012 - 2023 (GYRATE)



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

➤ **Índice de forma (Shape index)**

El índice de forma permite medir la proporción entre el área y el perímetro ajustada a un cuadrado en un parche determinado. Esta relación es representada por la suma del perímetro de los parches dividido por la raíz cuadrada del área de estos. Cuando el valor de este índice se acerca o es igual a 1, significa que los parches tienen una forma más circular y compacta.

La forma compacta es importante para proteger los recursos interiores del ambiente exterior, lo cual es fundamental para la conservación de la fauna y su hábitat. Por esta razón, los parches con una forma más redondeada y mayor área son los más aptos para mantener poblaciones de fauna y organismos especialistas adaptados a los ambientes interiores con menor incidencia de los efectos exteriores.

La métrica de forma también influye en procesos inter-parche, como la migración de mamíferos y la colonización de plantas leñosas. El índice de forma está relacionado con el "efecto de borde", lo que significa que su valor aumenta cuando la complejidad de la forma del parche incrementa y se acerca a una forma más alargada y menos compacta. En resumen, el índice de forma es una medida importante en la composición del paisaje y en la comprensión de su relación con la fauna y su hábitat.

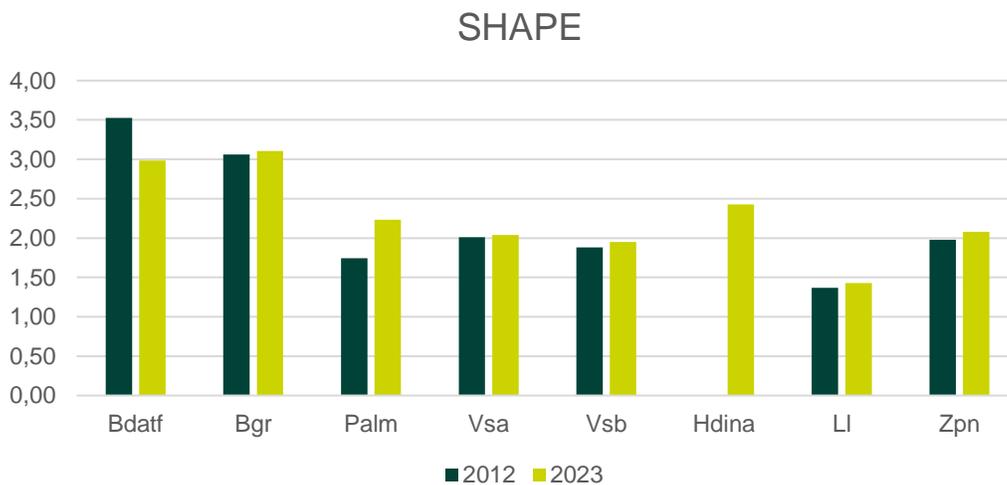
Tabla 3.3.2-11 Análisis de coberturas naturales índice de forma 2012 - 2023 (SHAPE)

COBERTURA	SHAPE MN	
	2012	2023
Bosque denso alto de tierra firme	3.53	2.98
Bosque de galería y/o ripario	3.06	3.11
Palmares	1.74	2.23
Vegetación secundaria alta	2.01	2.04
Vegetación secundaria baja	1.88	1.95
Herbazales	-	2.43
Lagos, Lagunas y ciénagas	1.37	1.43
Zonas Pantanosas	1.98	2.08

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

En la **Tabla 3.3.2-11**, se destaca que la cobertura con el mayor valor de índice de forma para el año 2012 es el bosque denso alto de tierra firme, el cual para el año 2023 cuenta con una reducción del 15,6% lo que significa un cambio en la forma de estos y para el caso del bosque de galería y/o ripario presenta un cambio del 1,16% ajustando su forma de manera más alargada, lo que sugiere que las formas de este tipo de vegetación se asocian a cauces, esto puede tener un efecto limitado en su capacidad para albergar a la fauna como es el caso de las zonas pantanosas para el año 2022. Así mismo, se puede notar que los valores de los Palmares y las coberturas de vegetaciones en transición, lagos, lagunas y ciénagas y palmares tienden a acercarse a 1, lo que indica que las formas que tomó el parche de vegetación son relativamente compactas. (Ver **Figura 3.3.2-12**)

Figura 3.3.2-12 Análisis de coberturas naturales índice de forma 2012 – 2023 (SHAPE)



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

➤ Índice de dimensión fractal (FRAC)

El Índice de Dimensión Fractal-FRAC es un método utilizado para medir la complejidad de las formas de las teselas. Este indicador es el más adecuado para cuantificar la fragmentación de diferentes tipos de paisajes debido a su invariante de escala y su capacidad para ofrecer resultados estadísticamente robustos. La escala de categorización del índice varía de 1 a 2, siendo 1 representativo de formas euclidianas simples (como cuadrados y círculos) y 1.001 a 2 para formas complejas análogas y objetos fractales.

Se debe tener en cuenta los valores cercanos a 1 (entre 1.1 y 1.19) para las coberturas analizadas, lo que sugiere que las formas presentes en las áreas naturales son relativamente simples. Asimismo, se puede inferir que las formas distribuidas en el paisaje suelen ser más compactas, ya que los resultados obtenidos por el análisis general también fluctúan cerca de 1.

La **Tabla 3.3.2-12** muestra los cambios en el índice de dimensión fractal para cada una de las coberturas naturales en el periodo de tiempo comprendido entre el año 2012 y el año 2023, de lo cual se puede observar que la variación entre los valores del índice en coberturas tales como el Bosque de galería y/o ripario es nulo indicando una estabilidad en la complejidad de esta cobertura, sin embargo, la cobertura de Bosque denso alto de tierra firme es la que presenta la mayor reducción del índice en este periodo de tiempo en un 3,42% indicando una disminución en la complejidad e irregularidad de su estructura, finalmente se puede destacar que la cobertura correspondiente a Palmares aumento su índice de dimensión fractal en un 3,57%. Es te indicador también sugiere que

las coberturas detalladas no presentan formas muy complejas puesto que sus valores se acercan a 1.

Tabla 3.3.2-12 Análisis de las coberturas naturales índice de dimensión fractal 2012 - 2023 (FRAC)

COBERTURA	FRAC_MN	
	2012	2023
Bosque denso alto de tierra firme	1.17	1.13
Bosque de galería y/o ripario	1.19	1.19
Palmares	1.12	1.16
Vegetación secundaria alta	1.13	1.14
Vegetación secundaria baja	1.13	1.14
Herbazales	-	1.13
Lagos, Lagunas y ciénagas	1.08	1.09
Zonas Pantanosas	1.13	1.14

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

➤ **Índice de proximidad (PROX)**

Por medio del uso de esta métrica, se puede calcular el grado de aislamiento espacial de los parches al considerar todos los parches cercanos dentro de un radio de búsqueda de 500 metros siendo este el rango establecido por las especies cuya distribución es media a baja. Si el índice es alto, significa que los parches vecinos son grandes y están agrupados (conectividad estructural alta o menos aislados). Si el índice es bajo, puede indicar que los parches están aislados y son pequeños.

Tabla 3.3.2-13 Análisis de las coberturas naturales Proximidad 2012 - 2023

COBERTURA	PROX_MN	
	2012	2023
Bosque denso alto de tierra firme	839.53	1601.56
Bosque de galería y/o ripario	442.26	637.98
Palmares	3.18	7.79
Vegetación secundaria alta	20.37	21.12
Vegetación secundaria baja	7.00	9.56
Herbazales	-	114.11
Lagos, Lagunas y ciénagas	0.18	0.15
Zonas Pantanosas	35.76	118.15

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

La **Tabla 3.3.2-13** muestra el valor del indicador de proximidad en la temporalidad analizada, los cuales reflejan una baja fragmentación de la cobertura de Bosque de galería y/o ripario al encontrarse próxima al rango de 500 metros, a diferencia de las demás coberturas cuyos valores oscilan entre 3 y 22 para el año 2012 y 2 y 26 en el año 2023. El indicador muestra valores altos para las áreas de Bosque denso alto de tierra firme, específicamente 839,53 metros para la temporada 2012 y 1601,56 metros para la temporada 2023, evidenciando una disminución de su conectividad y aun manteniendo una distribución agrupada. Para el caso de los bosques de galería y/o riparios, presentan igualmente valores altos debido a sus formas y distribución asociadas a cauces dentro del área de influencia, aunque evidenciando una disminución de esa conectividad con el tiempo. Finalmente, para las vegetaciones en transición se presentan valores bajos, esto se debe a la distribución espacial y tamaño de las áreas las cuales reflejan una baja conectividad entre los parches de la misma naturaleza, así como el caso de los palmares cuyas condiciones al ser específicas por estar asociados a zonas pantanosas, se distribuyen de manera puntual, limitando así su conectividad entre los parches. En el caso de las zonas pantanosas, estas a pesar de tener una disminución de área para el año 2023, el valor del indicador de proximidad refleja una baja fragmentación al encontrarse próximos en el rango de 500 metros ya que los grandes parches

encontrados se encuentran localizados en zonas aledañas los ríos de manera puntual con unos mínimos fragmentos distribuidos en el área.

3.3.2.2.1.3 Métricas de diversidad

Para el análisis de diversidad a nivel de paisaje donde lo que se busca es la medición de la composición y estructura del paisaje, se utilizó como métrica de cobertura el índice de diversidad de Shannon, siendo utilizado por la sensibilidad a la riqueza y unidades ecosistémicas más comunes.

➤ Índice de diversidad Shannon (SHDI)

El índice de diversidad de hábitats (SHDI) indica cómo se distribuyen los distintos ecosistemas en una zona determinada, y se basa en la abundancia relativa de cada uno de ellos. Este índice es especialmente sensible a la rareza de algunos hábitats, lo que significa que dará una mayor importancia a aquellos ecosistemas que sean poco comunes en la zona de estudio. Si sólo existe un tipo de hábitat en el área analizada, el SHDI será cero, ya que no hay variabilidad. Por otro lado, el SHDI aumentará a medida que se vayan incorporando nuevos parches de distintos tipos de ecosistemas, o si la distribución de estos se hace más equitativa.

La puntuación del índice es de 1,00 para el año 2012 y de 1,35 para el año 2023, lo que indica que la diversidad en la zona es baja y que las áreas con intervención antrópica son dominantes en comparación con las áreas naturales para ambos casos. Esto sugiere que la zona presenta un proceso de cambio impulsado por la actividad humana, en la que se observan unidades antropogénicas. Cabe aclarar que este valor aumentó ligeramente con el tiempo. La **Tabla 3.3.2-14** muestra el valor del indicador para el AI.

Tabla 3.3.2-14 Multitemporal coberturas naturales Diversidad SHDI

DIVERSIDAD	2012	2023
SHDI	1,00	1,35

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

➤ Índice de equitatividad de Shannon uniforme (SHEI).

Para el caso de la medición de la uniformidad en la distribución del área entre distintos tipos de parches se utilizó el Índice de Uniformidad de Shannon (SHEI), puesto que este mide la distribución y abundancia de los distintos tipos de parches presentes en un paisaje, lo que nos permite conocer la presencia o ausencia de regularidad espacial. Si el resultado del índice es 1, esto significa que la distribución y abundancia son uniformes, mientras que, si el resultado es 0, esto indica que no existe regularidad espacial entre los distintos tipos de parches en el paisaje.

El índice arroja un valor de 0,51 para el año 2012 y 0,65 para el año 2023, señalando una distribución moderada con tendencia irregular en la extensión de los parches y en su disposición en el entorno de las coberturas naturales y seminaturales, esto debido a que solo representan el 15% del total del área de influencia para cada temporada. La **Tabla 3.3.2-15** muestra el valor del indicador SHEI para el temporal analizado.

Tabla 3.3.2-15 Multitemporal coberturas naturales SHEI

DIVERSIDAD	2012	2023
SHEI	0,51	0,65

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

3.3.2.3 Áreas núcleo en la estructura del paisaje escenario 2012

Las áreas núcleo se refiere al área no afectada por el borde en un parche de bosque, lo que permite conservar las condiciones originales del ecosistema. El efecto borde crea diferencias micro climáticas que varían entre el interior y el borde de cada parche y se extinguen alrededor de los 50 metros hacia el interior. Así, las áreas núcleo son las mejor preservadas del tipo de ecosistema analizado.¹

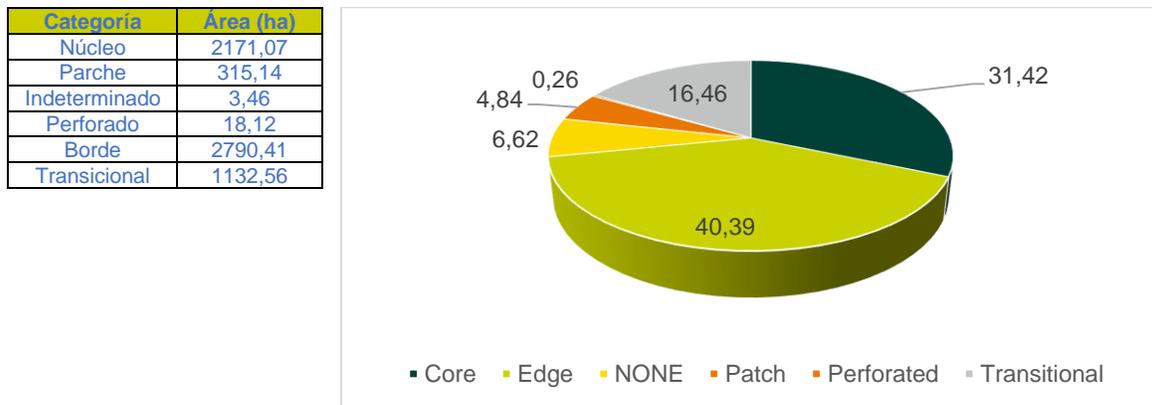
Por otro lado, las categorías de borde, transición y parche abarcan la mayor área de la cuenca y reflejan la mayor probabilidad de fragmentación de los pequeños parches remanentes.

El análisis de fragmentación de la cobertura se centra en los cambios que se producen en los ecotonos o áreas de borde de las coberturas boscosas con el tiempo. Estos cambios afectan las interacciones entre especies y procesos ecológicos, como la dispersión de semillas o la polinización, lo que puede alterar el funcionamiento y la productividad de las comunidades en el borde de los fragmentos.

En las áreas de borde se observa que la composición de especies varía con relación al área núcleo, con valores más altos de riqueza, diversidad y abundancia, que tienden a disminuir hacia el interior. Este aumento de diversidad se explica por el incremento de recursos tróficos y una mayor distribución de especies en las áreas de borde, aunque en general, está asociado a especies generalistas y a vegetación en transición.²

Para el análisis de áreas núcleo del área de influencia del proyecto en el escenario 2012, se agruparon las categorías boscosas y vegetación secundaria, observando que **las áreas núcleo total de 2171,07 hectáreas**, principalmente en la masa boscosa ubicada en la parte sur del área de influencia. Sin embargo, el área de borde ocupa el **40,39%** del área total de las coberturas, lo que indica una pérdida de densidad, aumentando la vulnerabilidad a la fragmentación. (Ver **Figura 3.3.2-13**)

Figura 3.3.2-13 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) área de influencia escenario 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

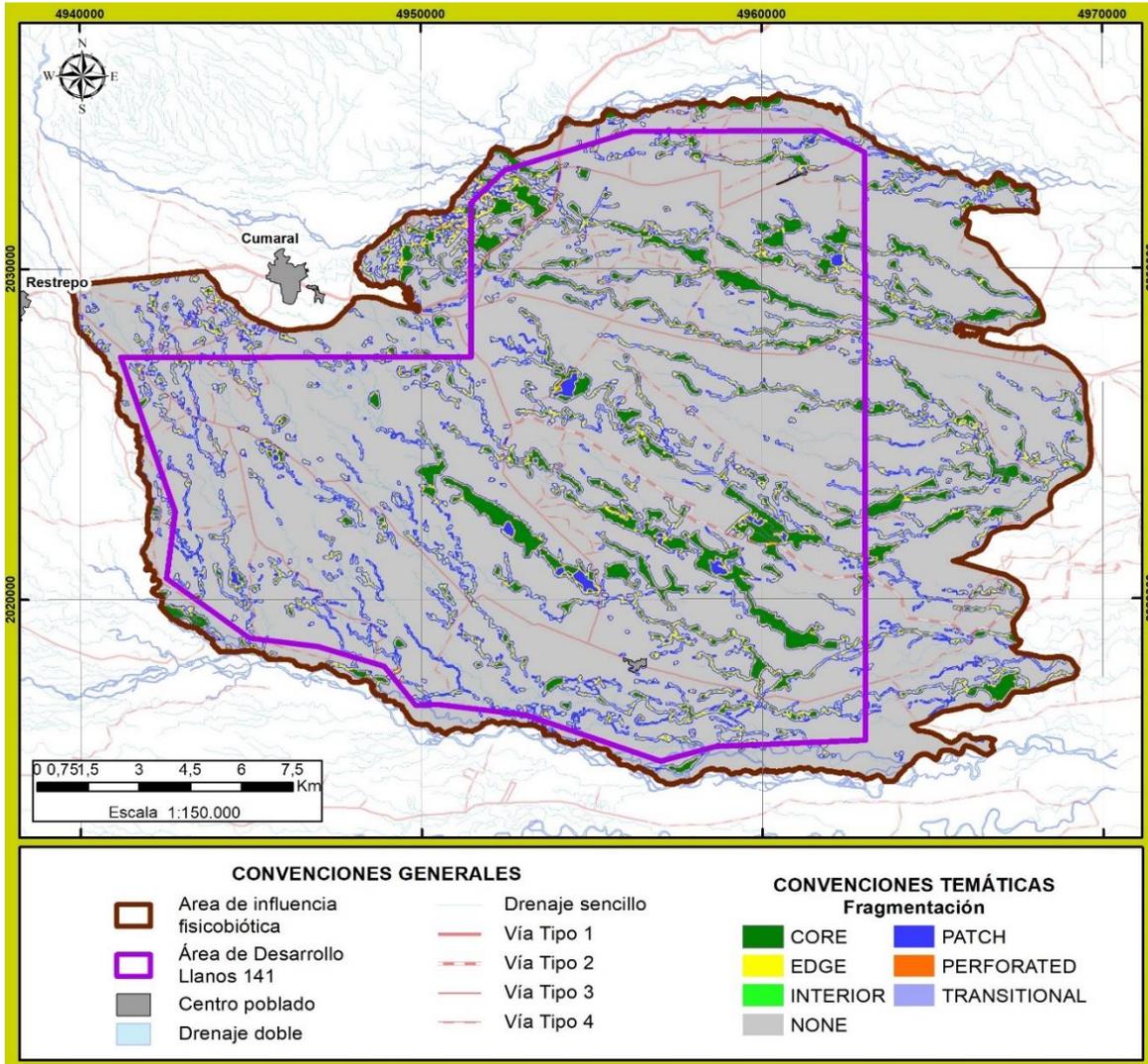
La especialización de las áreas núcleo totales para el área de influencia en el primer escenario deja en evidencia que los **Bosques y Áreas seminaturales** con un total de **6509,06 ha** se encuentra ejerciendo una fuerte influencia sobre las mismas generando la mayor cantidad de áreas núcleo,

1 MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. TREE, 1995. 10: 58–62.

2 Granados, C, Serrano, D y García A. EFECTO DE BORDE EN LA COMPOSICIÓN Y EN LA ESTRUCTURA DE LOS BOSQUES TEMPLADOS. SIERRA DE MONTEALTO, CENTRO DE MÉXICO Edge effect on composition and structure of temperate forests. Sierra de Monte Alto, Central México. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/calculasia/v36n2.47486>.

esto debido al tamaño de los parches y a la densidad de los mismos, en este sentido, estas áreas se convierten en áreas potenciales para la presencia de fauna y el proyecto debe evitar la afectación a las mismas, resaltando que estas coberturas, son el 15% del total del área para ambos escenarios, evidenciando así que el área de influencia presenta una representatividad de territorios con actividades antrópicas. (Figura 3.3.2-14).

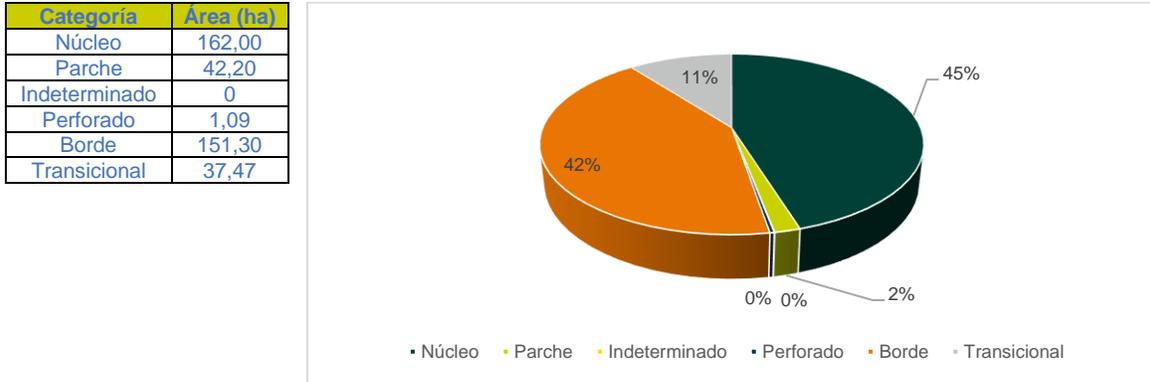
Figura 3.3.2-14 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización área de influencia escenario 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

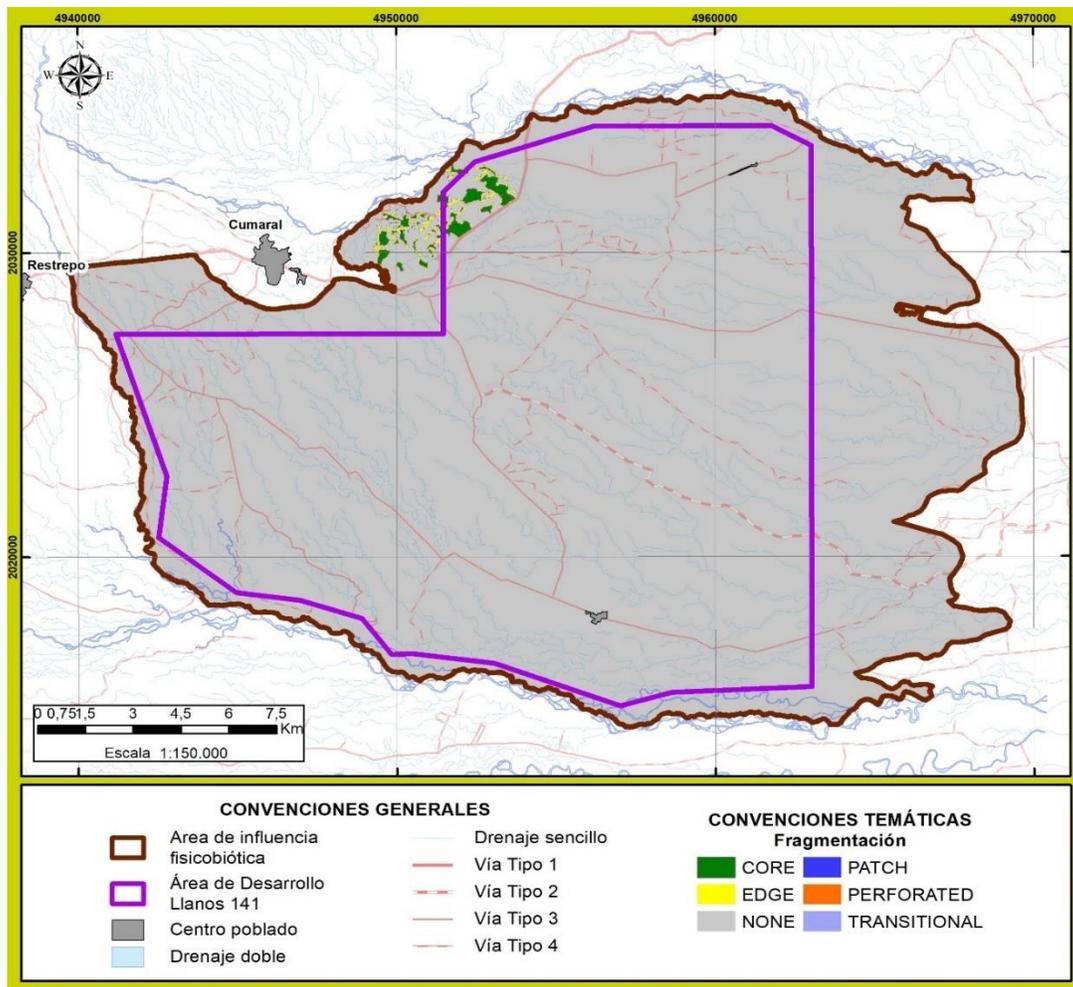
Para la cobertura de **bosque denso alto de tierra firme** para el año 2012 se encontró que las áreas núcleo abarcan 162,00 hectáreas que representan un 45,18% de la cobertura, se debe mencionar que esta cobertura se localiza únicamente en zona nororiental del área de influencia, que junto con los bosques de galería y vegetaciones en transición. En esta cobertura se destacan valores como 151,30 del borde, lo que aumenta la sensibilidad a la fragmentación y representa una disminución en la disponibilidad de hábitat para la fauna. (Ver Figura 3.3.2-15 y Figura 3.3.2-16)

Figura 3.3.2-15 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Bosque denso alto de tierra firme (Bdatf) escenario 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

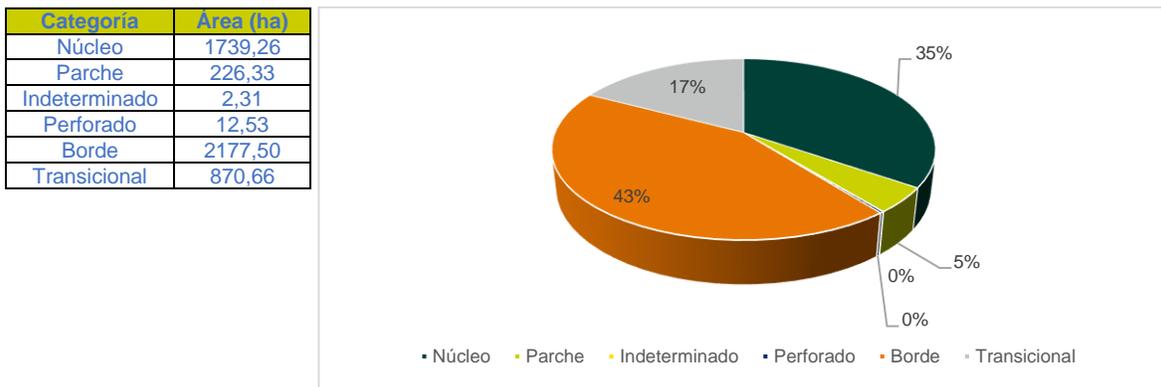
Figura 3.3.2-16 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización del Bosque denso alto de tierra firme 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Para los **bosques de galería** se observa que el efecto borde es la categoría dominante para la cobertura en el año 2012, encontrándose un total de **2177,50** hectáreas representando un **43,30%** de la superficie total del área forestal estudiada. El denominado efecto borde tiene lugar en este espacio y se caracteriza por la presencia de cambios micro climáticos entre ambos lados del borde, generando un gradiente de temperatura, humedad y luminosidad que se diferencia entre el interior y el borde de cada parche de bosque³. Esta particularidad climática se extiende hasta unos 50 metros al interior del bosque, aproximadamente, para luego disiparse, entre más marcada sea esta categoría es más alta la probabilidad de ser fragmentada la cobertura analizada, en este caso los bosques de galería, que cuenta con **5027,78** hectáreas que representa un **11,23%** de la cobertura para el 2012. Las áreas núcleo para la cobertura equivalen al **34,59%**, con **1739,26** hectáreas, ya que cuentan con una fuerte presión debido a sus formas alargadas evidenciadas en métricas anteriores, característico de estas coberturas que se encuentran asociadas a los cauces. (Ver **Figura 3.3.2-17** y **Figura 3.3.2-18**)

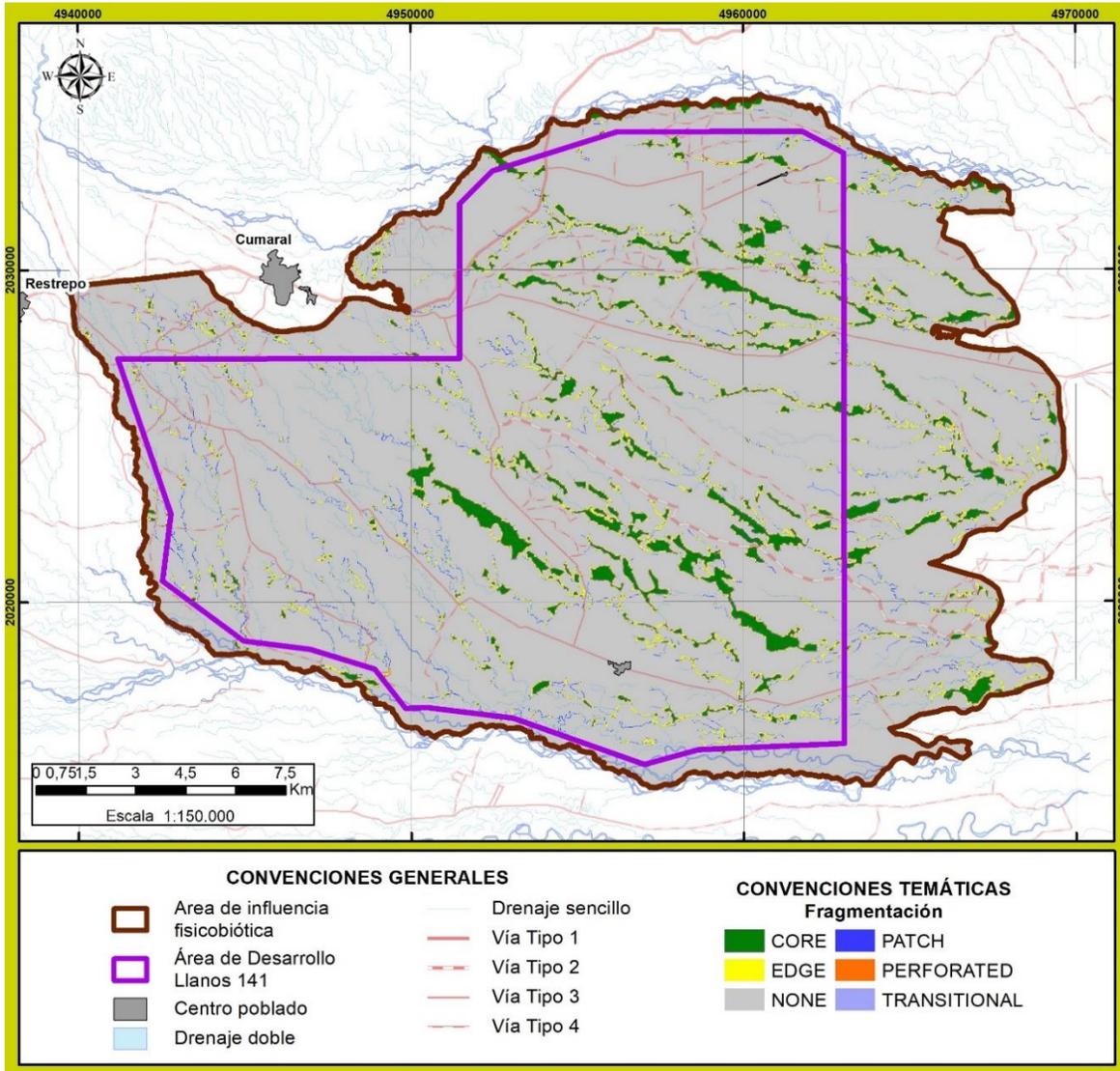
Figura 3.3.2-17 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Bosque de galería y ripario escenario 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3 MURCIA, C. Edge effects in fragmented forests: implications for conservation. TREE, 1995. 10: 58–62.

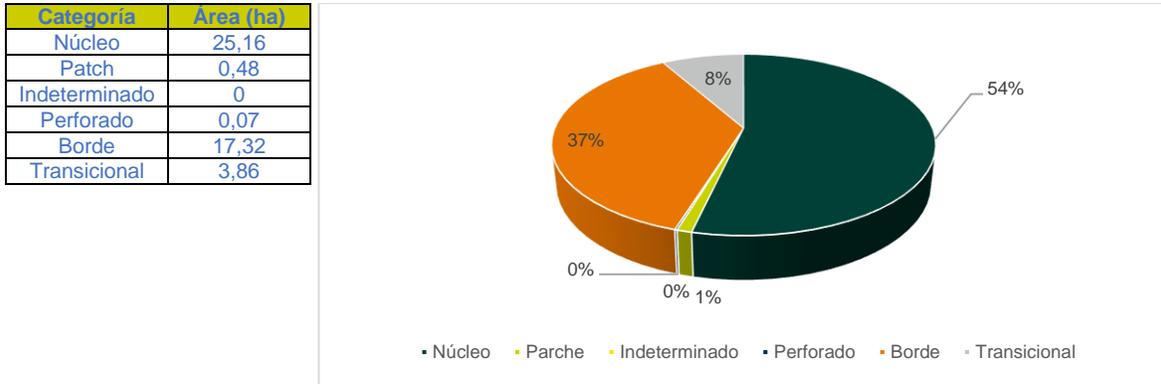
Figura 3.3.2-18 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Bosque de galería escenario 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

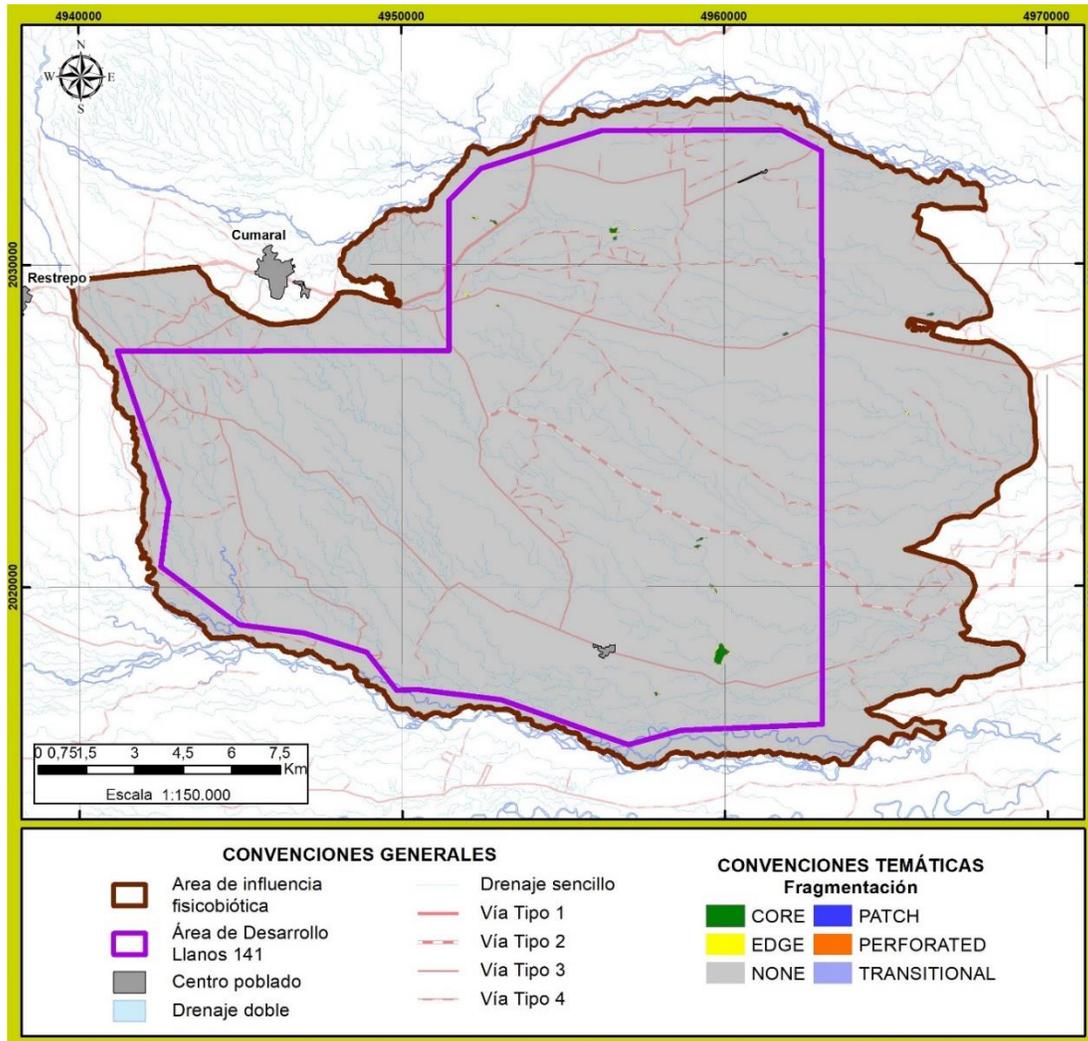
Para el caso de los **palmares** se encontró que el **36,92%** (17,32 hectáreas) corresponden a la categoría borde dejan en evidencia las transformaciones del paisaje y la mayor probabilidad de sufrir fragmentación de estos pequeños parches residuales. Se observa como la categoría de núcleo es la que representa mayor conectividad con un total de **53,63%** con 25,16 hectáreas agregadas, por lo cual, no se consideran coberturas con representatividad de áreas núcleo, sin embargo, funcionan como fuente de alimento y refugio transitorio para la fauna, asociadas a cuerpos de agua. (Ver **Figura 3.3.2-19** y **Figura 3.3.2-20**)

Figura 3.3.2-19 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Palmar escenario 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

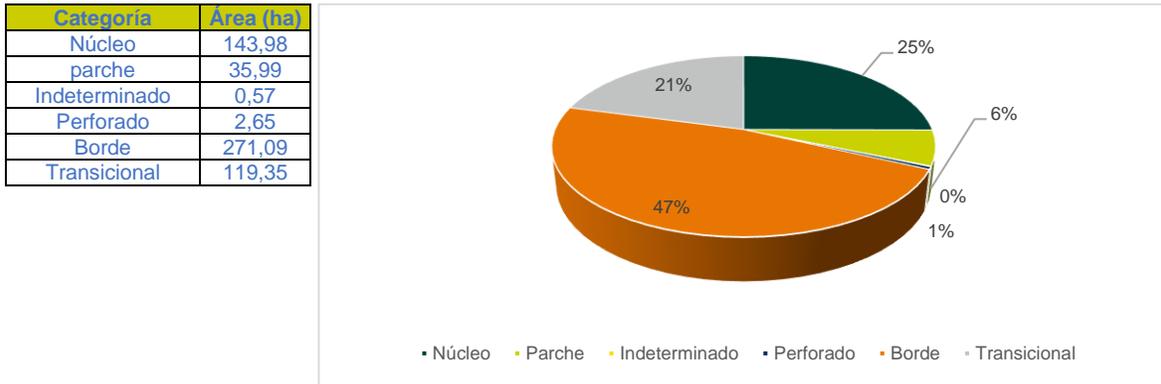
Figura 3.3.2-20 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Palmar escenario 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

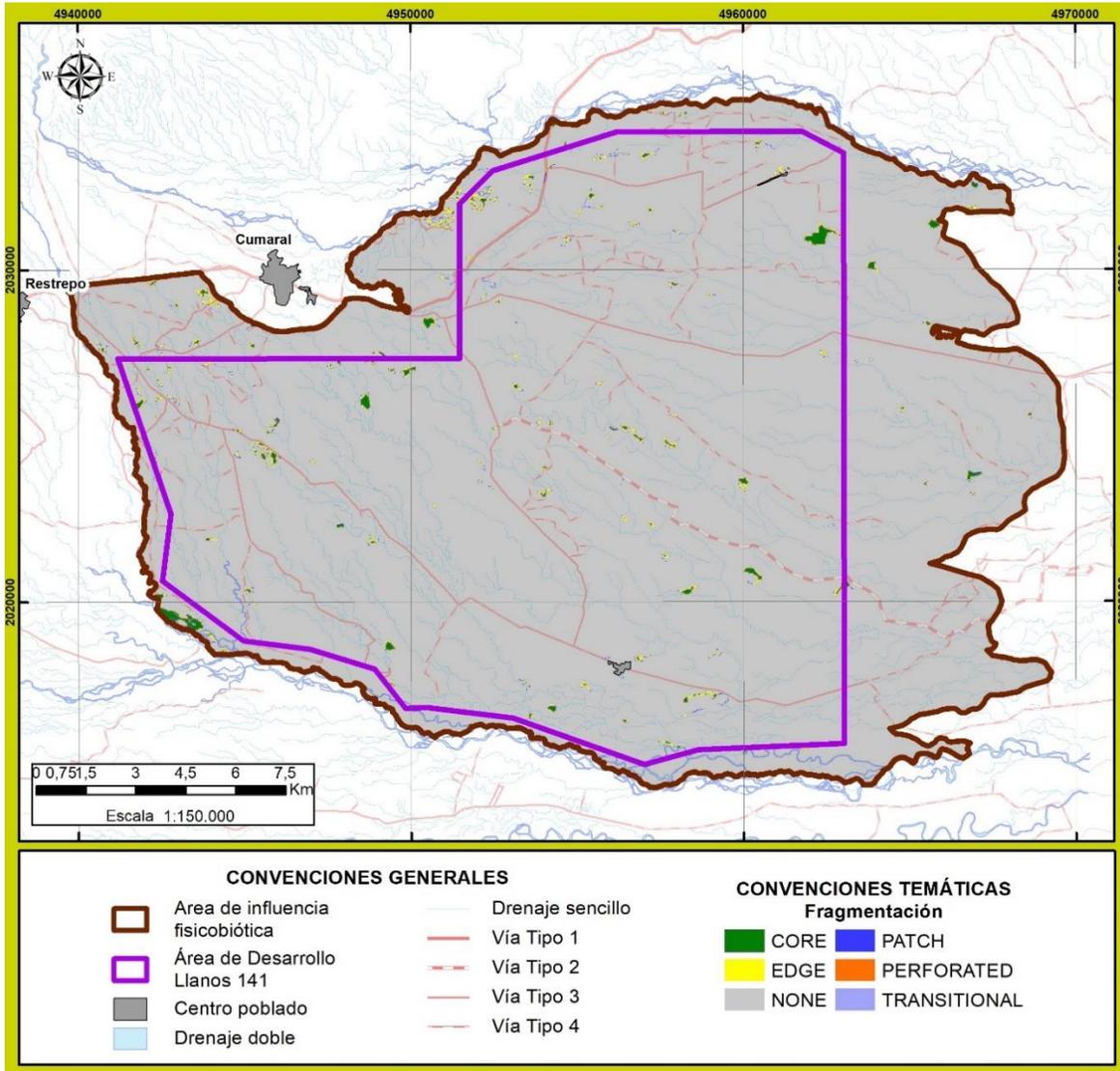
Al analizar la **vegetación secundaria alta**, se determinó que el **47,26%** (271,09 hectáreas) y el **20,81%** (119,35 hectáreas) corresponden a las categorías de "borde" y "Transicional", lo cual evidencia las transformaciones del paisaje y la alta probabilidad de fragmentación de estos pequeños parches residuales. Estos asociados a coberturas aledañas con presencia de actividades antrópicas, lo que genera una mayor presión a las coberturas aumentando el efecto borde y disminuyendo las áreas núcleo afectando las dinámicas de la fauna. (Ver **Figura 3.3.2-21** y **Figura 3.3.2-22**)

Figura 3.3.2-21 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Vegetación secundaria alta escenario 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

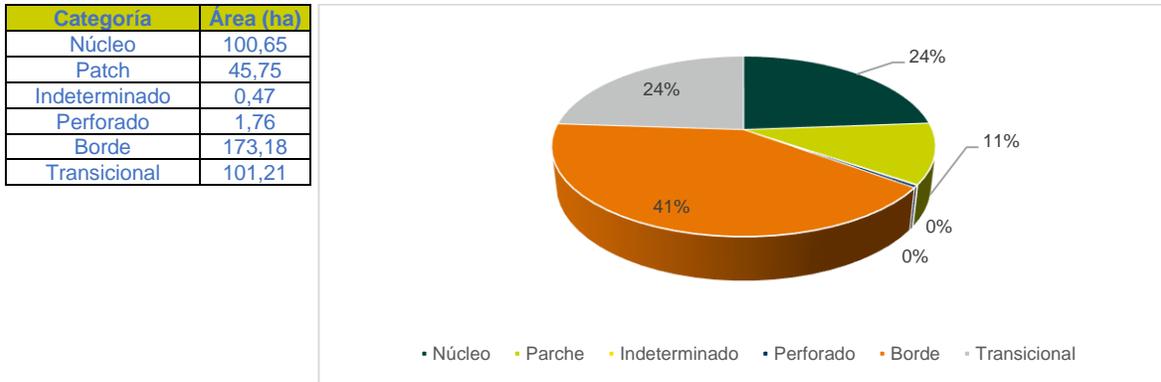
Figura 3.3.2-22 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Vegetación secundaria alta escenario 2012.



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

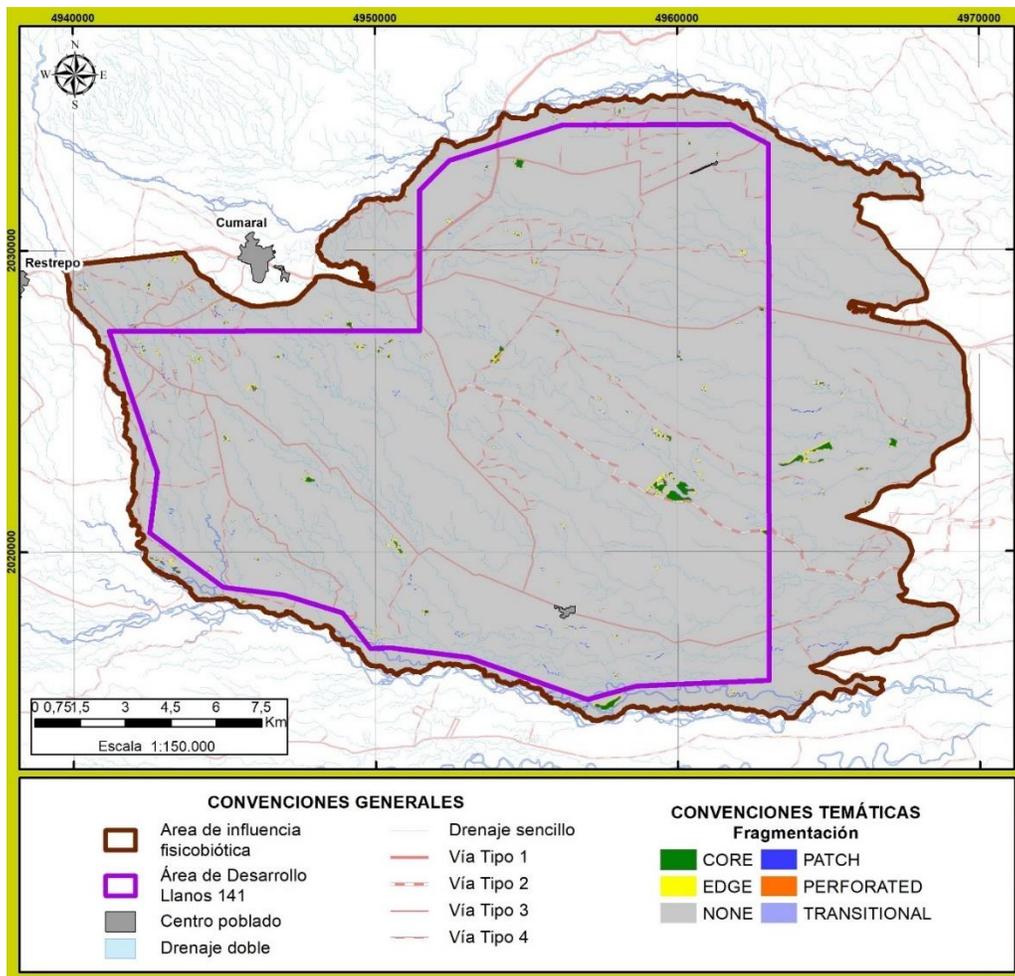
Para la **vegetación secundaria baja** se encontró que los valores más altos para el año 2012 corresponden a la categoría Transicional con el **23,93%** (101,21 hectáreas) evidenciando las transformaciones que conllevan a la alta probabilidad de fragmentación de estas coberturas, que usualmente son influenciadas por periodos de descanso de áreas dedicadas a la producción agrícola. Se observa que para la categoría de núcleo con un total de **23,79%** (100,65 hectáreas) no se consideran representativas para este caso, sin embargo, al igual que los palmares y la vegetación secundaria alta, se consideran factores indispensables para las dinámicas ecosistémicas. (Ver **Figura 3.3.2-23** y **Figura 3.3.2-24**)

Figura 3.3.2-23 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Vegetación secundaria baja escenario 2012



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Figura 3.3.2-24 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Vegetación secundaria baja escenario 2012

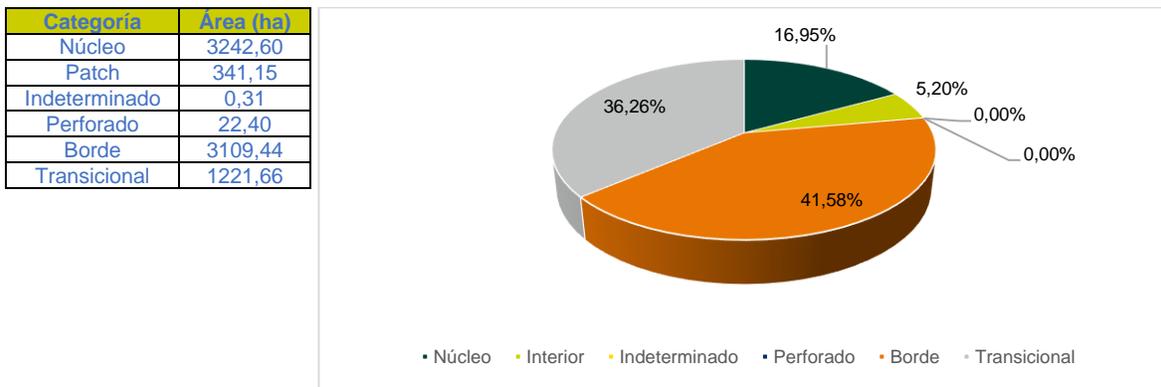


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3.3.2.4 Áreas núcleo en la estructura del paisaje escenario 2023

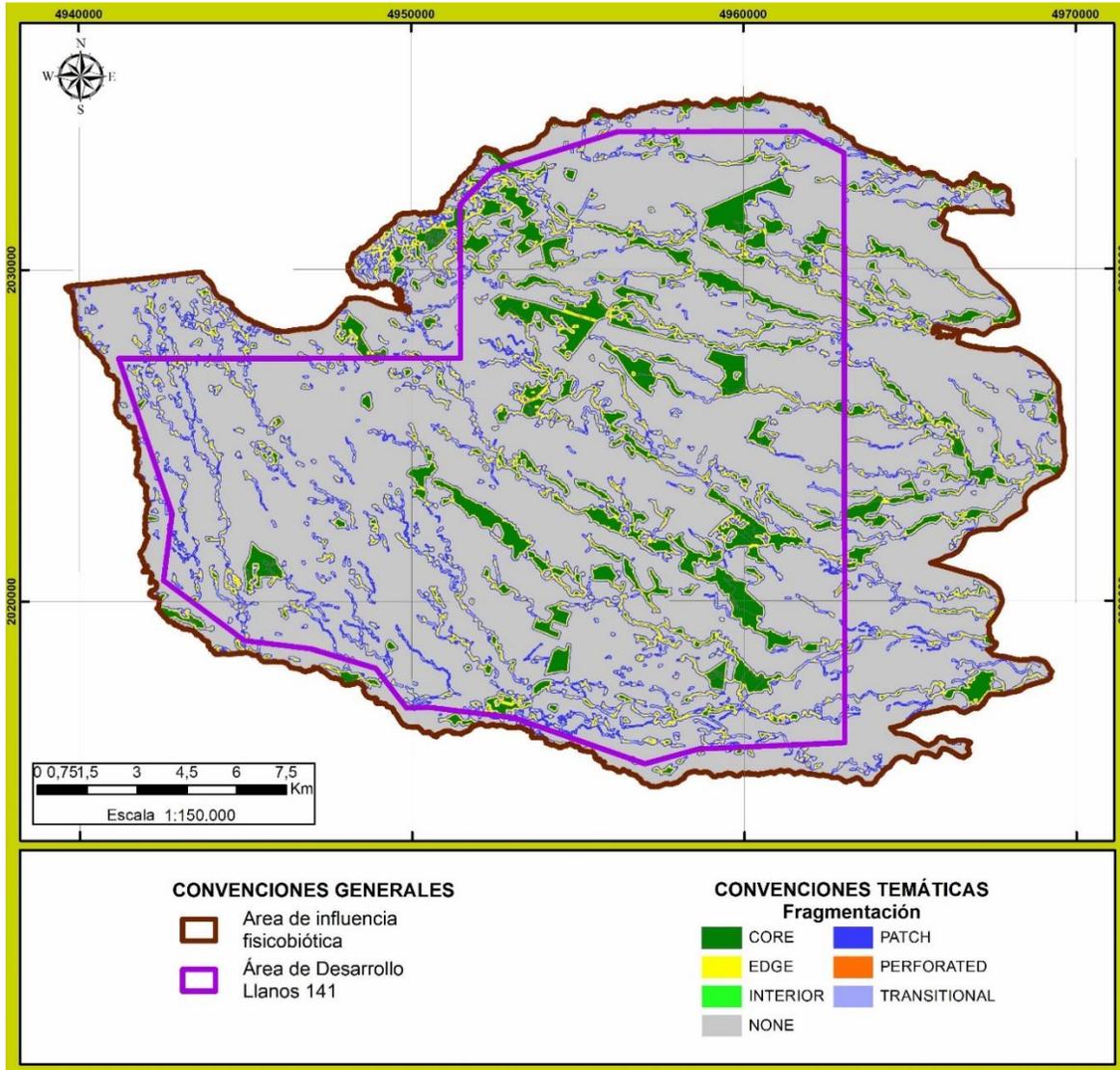
Para el análisis de áreas núcleo del área de influencia del proyecto en el escenario actual, se agruparon las categorías boscosas y vegetación secundaria. Las coberturas boscosas de área de influencia presentan un área núcleo total de **3242,60** hectáreas, principalmente en la masa boscosa ubicada en la parte sur del área de influencia. Sin embargo, el área de borde ocupa el **39,17%** del área total de las coberturas, lo que indica una pérdida de densidad, aumentando la vulnerabilidad a la fragmentación. Teniendo en cuenta que, para el escenario actual, las coberturas boscosas no tuvieron cambios significativos y siguen siendo el 15% del total del área de influencia con una dominancia de los territorios agrícolas. (Ver **Figura 3.3.2-25** y **Figura 3.3.2-26**)

Figura 3.3.2-25 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) área de influencia escenario 2022



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Figura 3.3.2-26 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización área de influencia escenario 2023

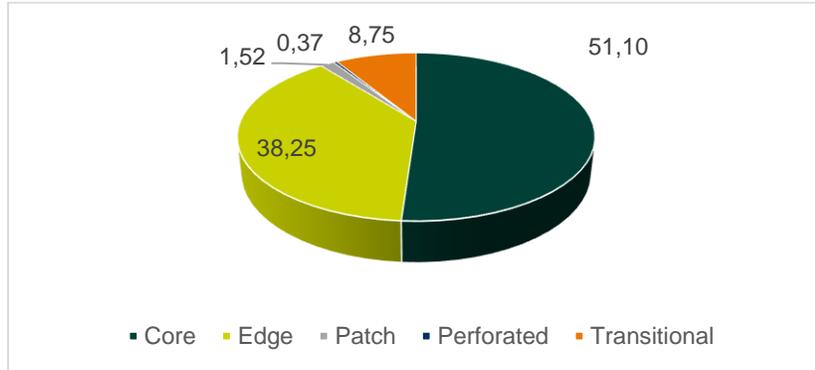


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Para la cobertura de **bosque denso alto de tierra firme** se encontró que las áreas núcleo abarcan **182,67 hectáreas** que representan un **51,10%** de la cobertura actual, con una diferencia de **0,39 hectáreas** del escenario 2012. En esta cobertura se destacan valores como **136,74** del borde, característico de coberturas con fuerte influencia a las transformaciones como se mencionó en el escenario anterior. Esta cobertura presenta cambios debido al aumento de las vegetaciones en transición aledañas, sin embargo, cuenta con los valores más altos conectancia al encontrarse agregada en su totalidad. (Ver **Figura 3.3.2-27** y **Figura 3.3.2-28**)

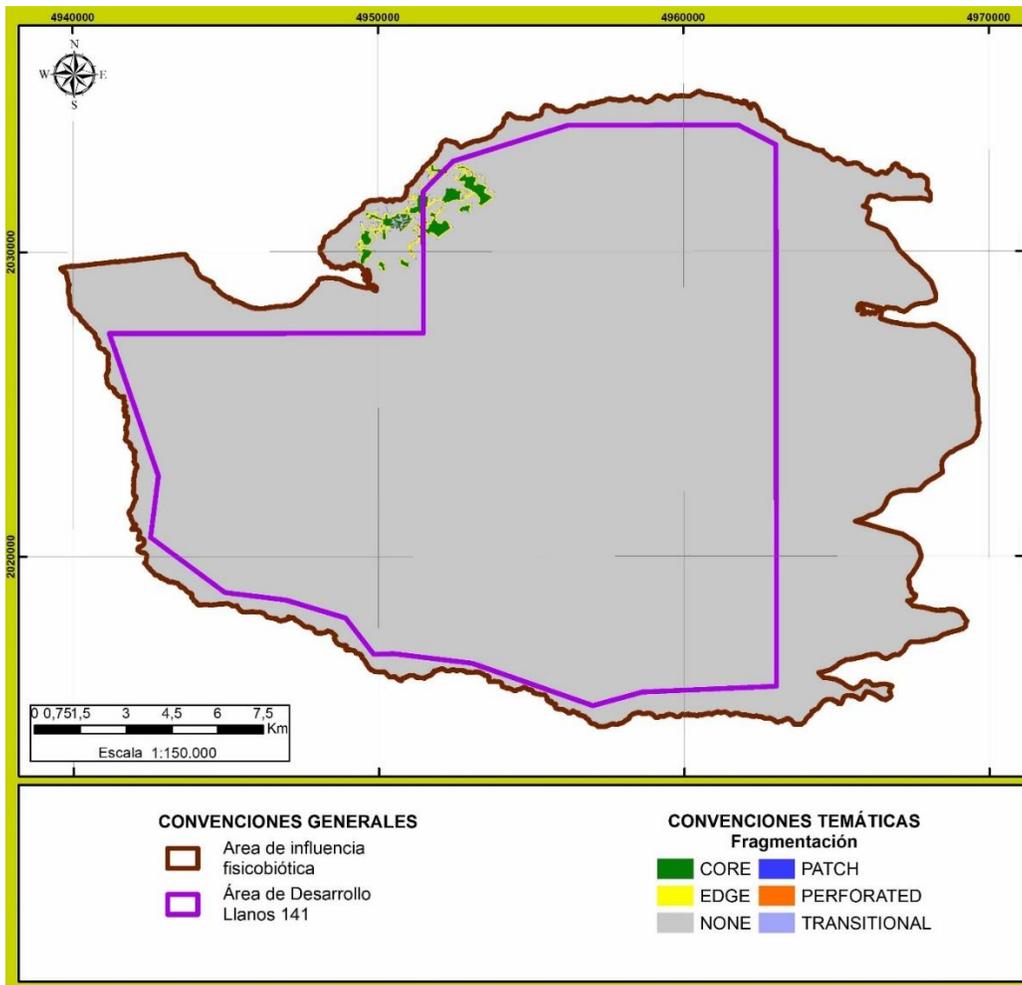
Figura 3.3.2-27 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Bosque denso alto de tierra firme (Bdatf) escenario 2023

Categoría	Área (ha)
Núcleo	182,68
Patch	5,43
Indeterminado	-
Perforado	1,33
Borde	136,74
Transicional	31,28



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Figura 3.3.2-28 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización del Bosque denso alto de tierra firme a escenario 2023

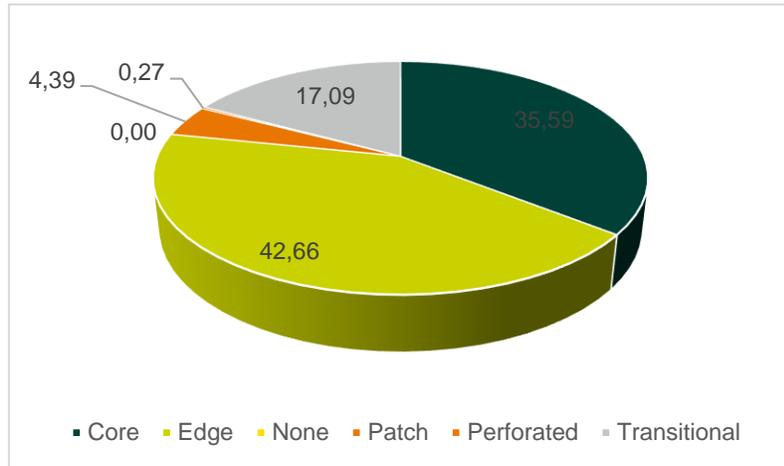


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Para los **bosques de galería** se observa que el efecto borde es la categoría dominante nuevamente en el escenario actual ya que no presenta cambios significativos en la cobertura, para el escenario actual se encontró un total de 2128,65 hectáreas representando un 42,66% de la superficie total del área forestal estudiada, en este caso los bosques de galería, cuentan con un total de 4992,69 hectáreas que representa un 11,65% de la cobertura evidenciando una disminución del 0,16% equivalente a 7,98 hectáreas respecto al escenario 2012. Las áreas núcleo para la cobertura equivalen al 35,59%, con 1776,14 hectáreas. (Ver **Figura 3.3.2-29** y **Figura 3.3.2-30**).

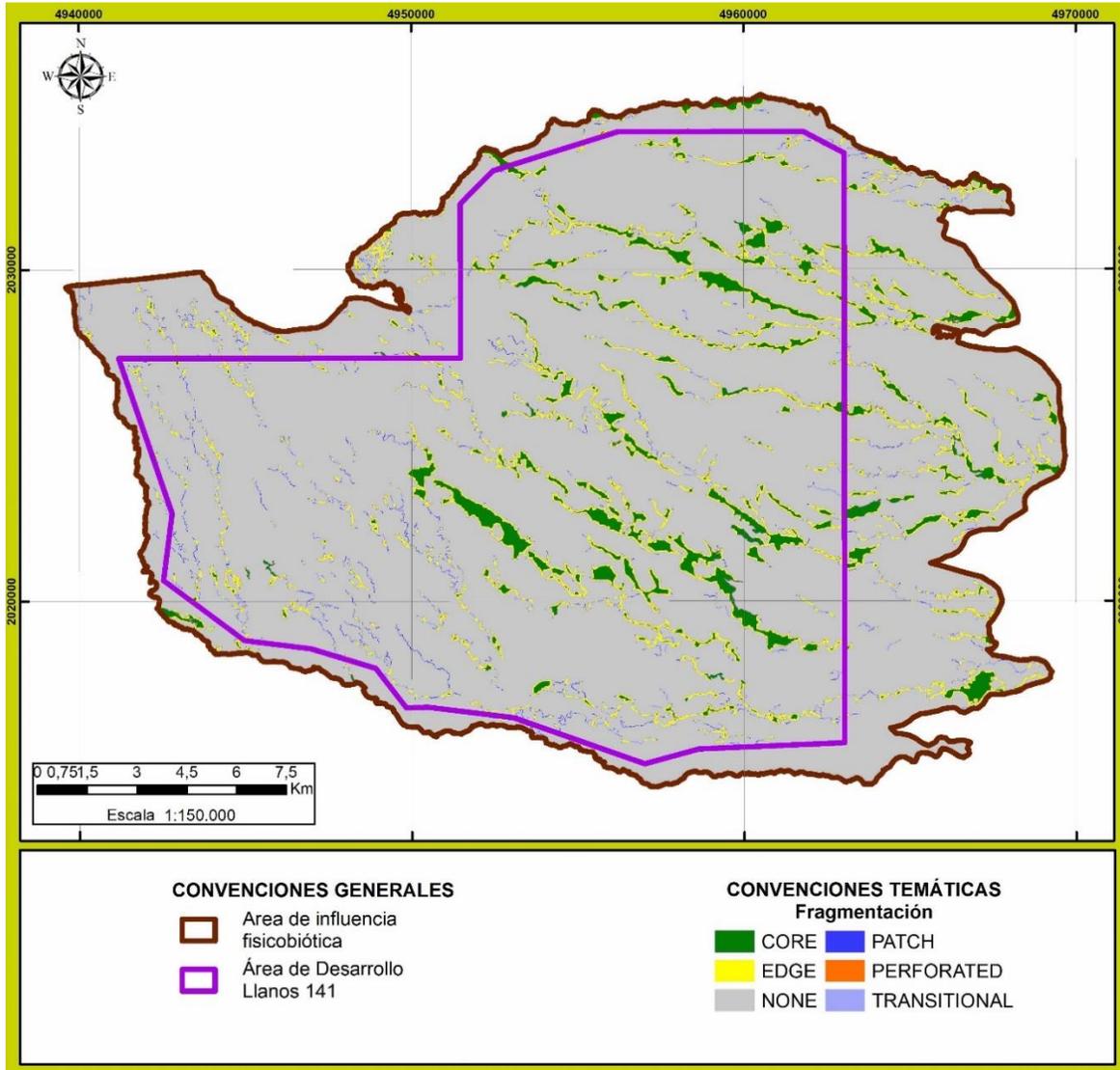
Figura 3.3.2-29 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Bosque de galería y ripario escenario 2023

Categoría	Área (ha)
Núcleo	1176,15
Patch	219,06
Indeterminado	0,11
Perforado	13,57
Borde	2128,66
Transicional	852,62



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

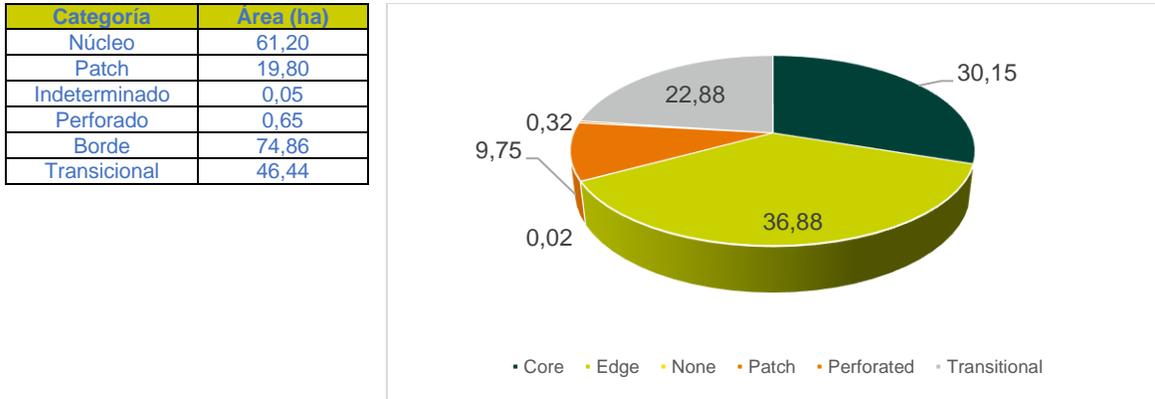
Figura 3.3.2-30 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Bosque de galería escenario 2023



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

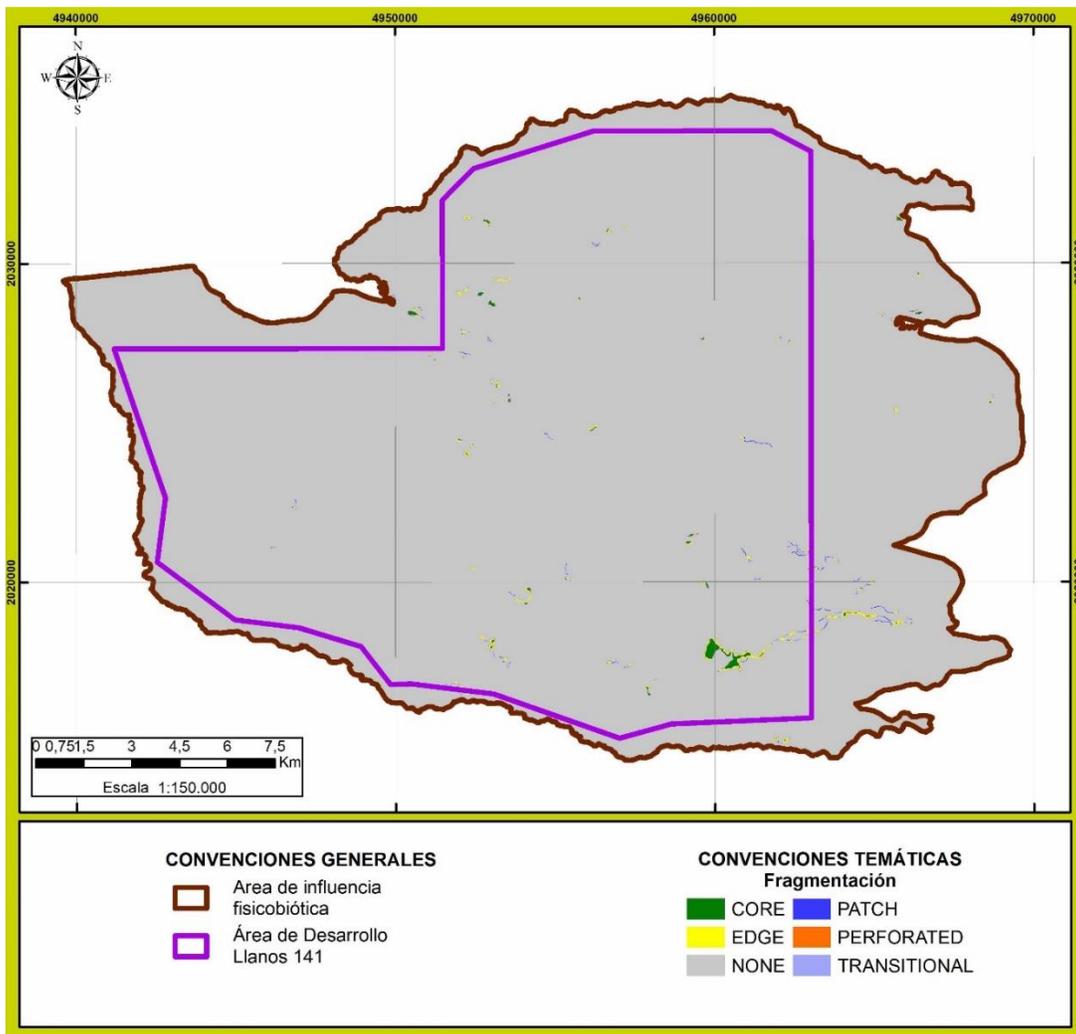
Para el caso de los **palmares** se encontró que el **36,88%** (74,86 hectáreas) corresponden a la categoría borde dejan en evidencia las transformaciones del paisaje y la mayor probabilidad de sufrir fragmentación de estos pequeños parches residuales. Se observa como la categoría de núcleo es la que representa mayor conectividad con un total de **40,15%** con **61,19** hectáreas agregadas, por lo cual, no se consideran coberturas con representatividad de áreas núcleo, sin embargo, funcionan como fuente de alimento y refugio transitorio para la fauna, asociadas a cuerpos de agua. (Ver **Figura 3.3.2-31** y **Figura 3.3.2-32**).

Figura 3.3.2-31 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Palmar escenario 2023



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Figura 3.3.2-32 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Palmar escenario 2023

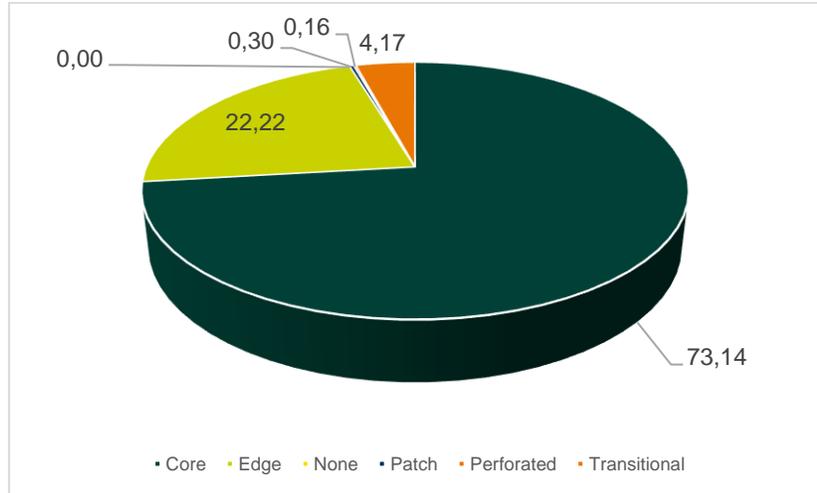


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Al analizar los **Herbazales densos inundables no arbolados**, se determinó que el 73,14% (938,71 hectáreas) y el 22,22% (285,20 hectáreas) corresponden a las categorías de "núcleo" y "Borde", lo cual evidencia características de intervención de las actividades antrópicas que vienen generando una presión con el tiempo. A pesar de ser coberturas naturales, se ven altamente influenciadas por las dinámicas del área. (Ver **Figura 3.3.2-35** y **Figura 3.3.2-36**).

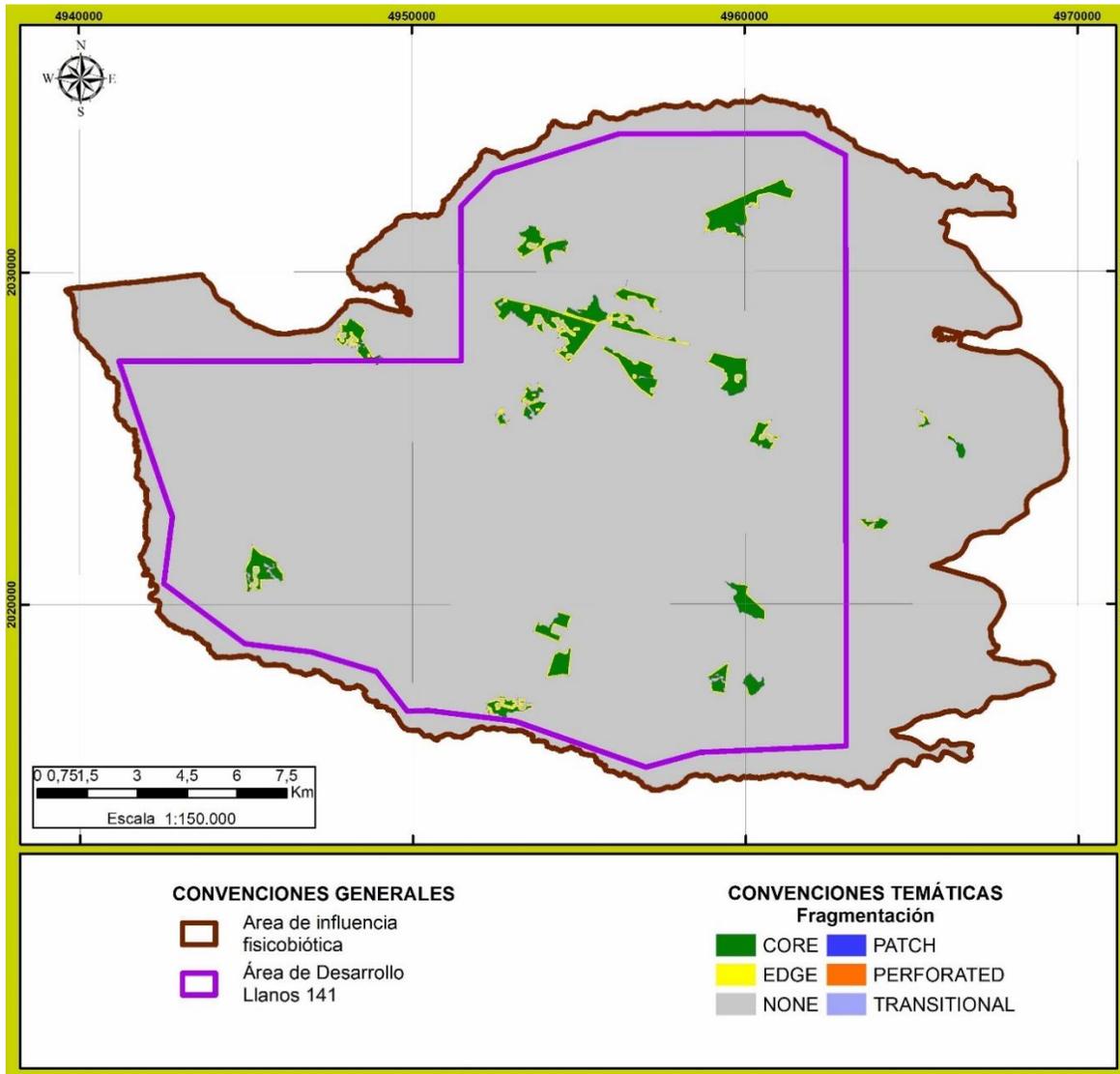
Figura 3.3.2-33 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Herbazales escenario 2023

Categoría	Área (ha)
Núcleo	938,71
Patch	3,81
Indeterminado	0
Perforado	2,10
Borde	285,20
Transicional	53,52



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

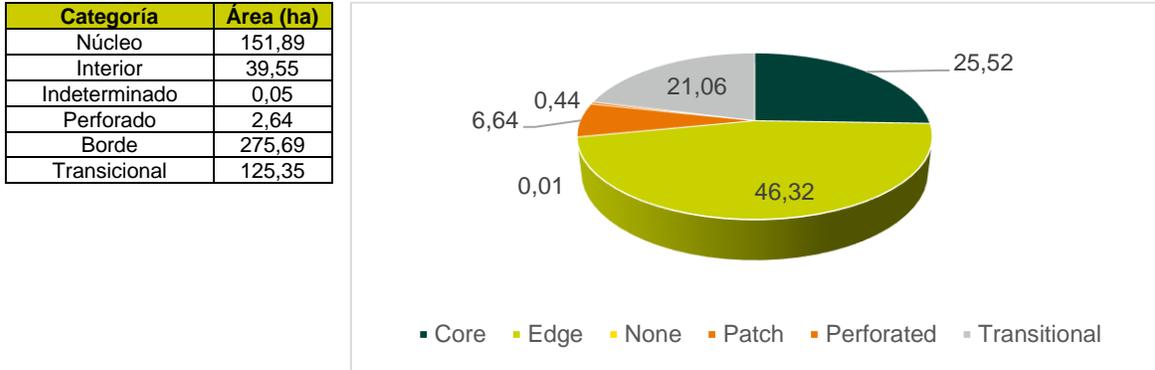
Figura 3.3.2-34 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Herbazales alta escenario 2023



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

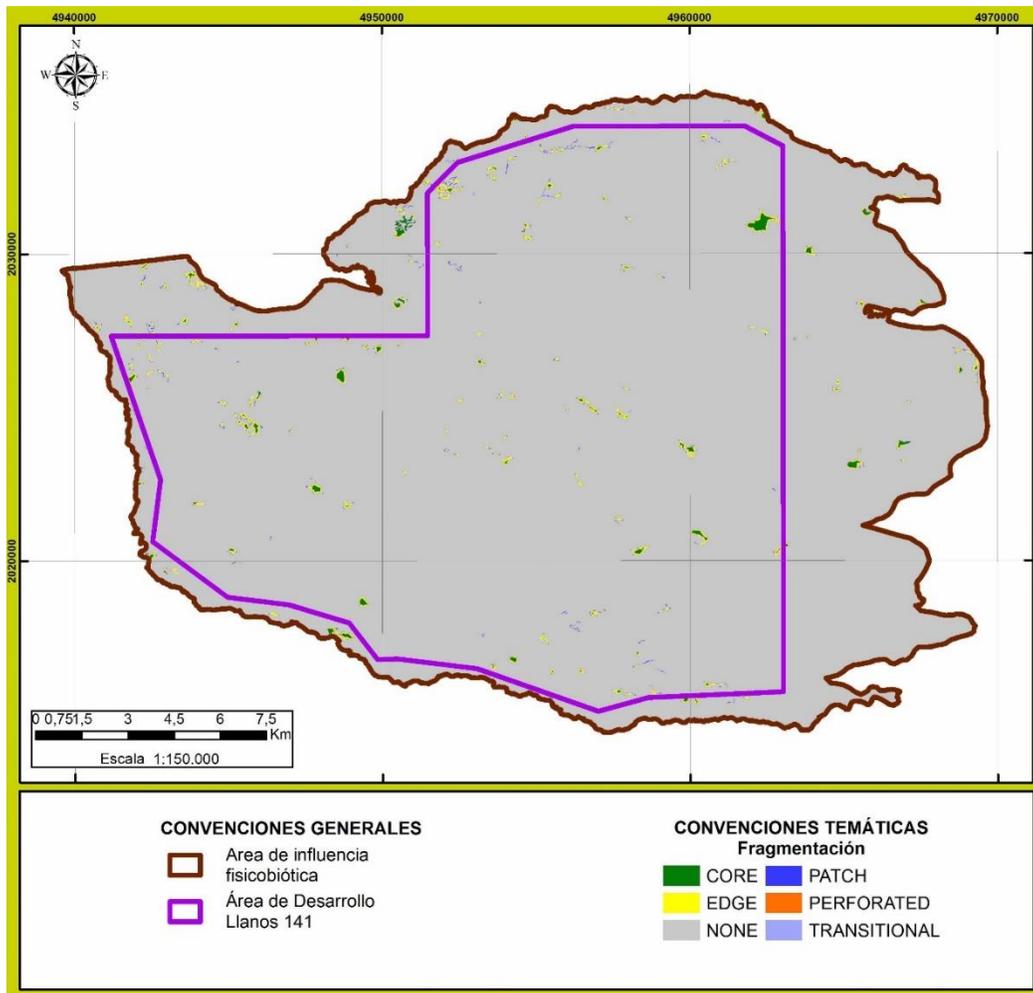
Al analizar la **vegetación secundaria alta**, se determinó que el **46,32%** (275,68 hectáreas) y el **21,06%** (125,35 hectáreas) corresponden a las categorías de "borde" y "Transicional", lo cual evidencia características típicas de estas coberturas y la susceptibilidad de estas a las actividades antrópicas que vienen generando una presión con el tiempo, sin presentar cambios significativos. (Ver).

Figura 3.3.2-35 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Vegetación secundaria alta escenario 2023



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Figura 3.3.2-36 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Vegetación secundaria alta escenario 2023

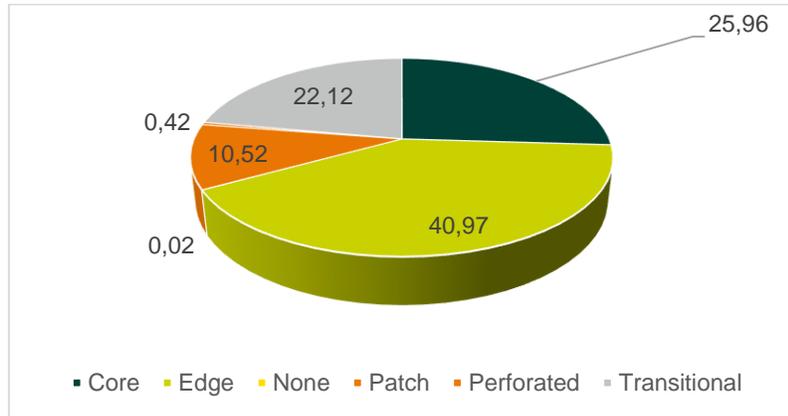


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Para la **vegetación secundaria baja** se encontró que los valores más altos corresponden a la categoría **Borde** con el 40,97% (208,28 hectáreas) y **núcleo** con el 25,96% (131,97 hectáreas) cuyos cambios no son significativos para el escenario actual, representando áreas en descanso con alta regeneración natural y coberturas clave para el albergue de fauna de manera temporal. (Ver **Figura 3.3.2-37** y **Figura 3.3.2-38**)

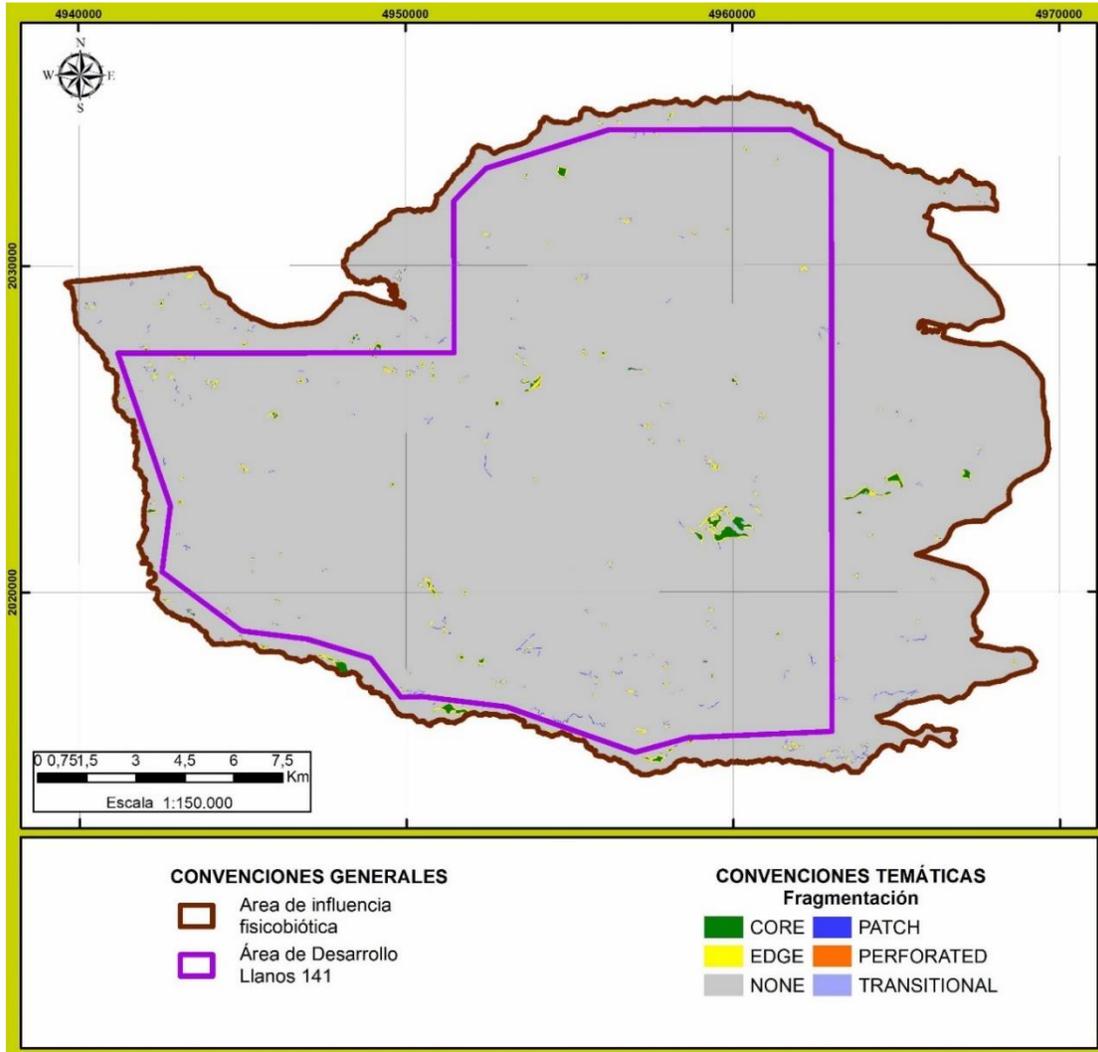
Figura 3.3.2-37 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) Vegetación secundaria baja escenario 2023

Categoría	Área (ha)
Núcleo	131,98
Patch	53,50
Indeterminado	0,10
Perforado	2,11
Borde	208,29
Transicional	125,35



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

Figura 3.3.2-38 Análisis de coberturas áreas núcleo (%) espacialización Vegetación secundaria baja escenario 2023



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

3.3.2.5 Conectividad

La conectividad se refiere al grado en que el paisaje permite la interacción de los flujos ecológicos, en cuyo caso, se enfoca en la disposición espacial de los diferentes tipos de hábitats y se define como la medida de la conexión física entre los parches que conforman el paisaje visto desde el ámbito estructural. Esta conexión se establece en función del criterio de distancia y se basa en el número de enlaces funcionales entre parches del mismo tipo. Por otro lado, la conectividad funcional hace referencia a la continuidad de los flujos ecológicos que se desarrollan a lo largo del paisaje.

3.3.2.5.1 Conectividad estructural

La importancia de la conectividad espacial se ve aún más acentuada en el contexto actual de cambio climático. La creación de redes de conectividad es una estrategia frecuentemente propuesta para

reducir los efectos negativos del cambio climático sobre la biodiversidad, puesto que puede ser medida mediante conectividad interna CONNECT⁴.

➤ **Índice de conectancia (CONNECT)**

La conectividad en un paisaje hace referencia al grado de conexión física entre los distintos parches que lo conforman, lo que se traduce en una medida directa de su capacidad de conexión espacial. Esta medida se define a través del número de enlaces funcionales entre fragmentos del mismo tipo que se encuentran conectados o no en función de una distancia de referencia. Para ello, se emplea una escala de medición que oscila entre 1 y 100, donde un valor más cercano a 100 indica una mayor posibilidad de conexión entre los distintos parches de un mismo tipo.

Existen diferentes métodos para medir la conectividad en un paisaje, siendo los más comunes aquellos que se basan en funciones de la distancia. Estas funciones reflejan la probabilidad de conexión entre los distintos hábitats a una distancia dada, a través del uso de caminos mínimos en una superficie de fricción que tiene en cuenta los costos ecológicos de desplazamiento.

La conectividad en un paisaje no es independiente del uso y aprovechamiento del suelo que se lleva a cabo en él. De hecho, para la fauna, el contexto paisajístico en el que se desarrollan estos elementos es un factor determinante de su capacidad de movimiento. Es por esto que la conectividad juega un papel muy importante en la resistencia que encuentran los diferentes hábitats en función de su contexto, favoreciendo la conexión entre los distintos parches de un paisaje.

Los resultados del índice connect para la cobertura de bosques denso alto de tierra firme es de **42,86%** para el año 2012 y **39,29%** para el escenario actual, siendo la cobertura con mayor valor de índice de conectancia, debido principalmente a la agregación que presenta localizado al noroccidente del área de influencia y que cuenta con parches con mayor conectividad con relación a los parches adyacentes.

Caso contrario, el Bosque de galería y/o ripario, con **1,17%** de conectancia, la vegetación secundaria alta con un valor de **1,02%**, los lagos, Lagunas y ciénagas con un valor de **1,43%** y la vegetación secundaria baja con un valor de **0,74%** de conectancia para el escenario 2012, esto relacionado con los valores altos de borde y transicional mencionados en numerales anteriores, lo que se da por el tamaño reducido de los parches, sin embargo, para el caso de las vegetaciones secundarias altas y bajas, se comportan como áreas en regeneración después de una intervención antrópica y no como una pérdida de bosque. Cabe aclarar que para la cobertura de **Herbazal denso inundable no arbolado**, presentó una conectancia de **3,26** lo cual indica que presenta un mejor índice comparado con otras coberturas como las vegetaciones en transición o los palmares.

Tabla 3.3.2-16 Análisis de coberturas naturales índice de Conectancia (CONNECT)

COBERTURA	CONNECT	
	2012	2023
Bosque denso alto de tierra firme	42,86	39,29
Bosque de galería y/o ripario	1,17	1,21
Palmares	3,27	1,92
Vegetación secundaria alta	1,02	0,91
Vegetación secundaria baja	0,74	0,66
Herbazal denso inundable no arbolado	-	3,26
Lagos, Lagunas y ciénagas	1,43	1,16
Zonas Pantanosas	2,92	1,72

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

⁴Vargas, Gilbert. (2008). Fragmentación y conectividad de ecosistemas en el sector del proyecto geotérmico Miravalles y sus alrededores. 1975 – 2007. Sistema de Información Científica Redalyc. Reflexiones 2008, 87 (2)

3.3.2.5.2 Conectividad funcional

Para mejorar la conectividad ecológica en el paisaje, se requiere de medidas de gestión y planificación que consideren tanto la conservación de hábitats naturales como la conectividad entre ellos. Esto implica la creación de corredores ecológicos, la restauración de hábitats degradados y la minimización de barreras a la movilidad de las especies. La conectividad ecológica es esencial para garantizar la continuidad de los procesos ecológicos y el mantenimiento de la biodiversidad a escala de paisaje, y resulta fundamental para asegurar la sostenibilidad del uso del territorio y el bienestar humano a largo plazo.

La conectividad ecológica se refiere a la medida en que los hábitats naturales están conectados entre sí, permitiendo la interacción de los flujos de especies y materiales a través del paisaje. La mayoría de los paisajes actuales sufren una gran fragmentación debido a la actividad humana, lo que limita la capacidad de las especies para moverse a través del paisaje y mantener sus interacciones ecológicas. Por tanto, la conectividad ecológica es un factor clave para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos en el paisaje.

La conectividad ecológica se puede medir desde diferentes perspectivas, como la conectividad estructural, analizada anteriormente, que se enfoca en la disposición espacial de los diferentes tipos de hábitats, o la conectividad funcional, que hace referencia a la continuidad de los flujos ecológicos que se desarrollan a lo largo del paisaje. Ambas perspectivas tienen importantes implicaciones para la gestión del territorio y la planificación de la conservación de la biodiversidad. Para este cálculo se utilizaron los análisis de SAGA. Ver Anexo 3.3.2.1_Flora/Cálculos/3.Fragmentación/2.Saga y CONEFOR Ver Anexo 3.3.2.1_Flora/Cálculos/3.Fragmentación/3.Conefor, para los cuales se tuvieron en cuenta las coberturas arbóreas de Bosque de galería y ripario, Vegetación secundaria alta y Bosque fragmentado con vegetación secundaria, principalmente.

Estas coberturas son usadas por la fauna silvestre como corredores biológicos, siendo evidenciado en el trabajo de campo durante la caracterización de fauna silvestre; el grupo de primates fue el más registrado usando este tipo de coberturas, puntualmente las especies registradas: *Alouatta seniculus* (Mono aullador), *Saimiri cassiquiarensis* (Mono ardilla) y *Plecturocebus ornatus* (Zocay). Las coberturas arbóreas son indispensables para las especies de primates debido a la adaptación mecánica que tiene este grupo para el desplazamiento entre los árboles, además de la importancia que tienen estas coberturas en su alimentación, refugio y reproducción (Tabla 3.3.2-17).

Otras especies de fauna requieren más de un tipo de estrato y tipo de cobertura vegetal para su subsistencia; es el caso de las especies de mirmecófagos registrados en la fase de campo, como los osos hormigueros (*Myrmecophaga tridactyla* y *Tamandua tetradactyla*), que usan las coberturas abiertas de pastos para su desplazamiento y alimentación, principalmente, pero también las coberturas arbóreas para refugio y reproducción.

Por otra parte, especies netamente terrestres como *Cerdocyon thous* (Zorro, Perro lobo) y *Dasyprocta fuliginosa* (Guara, Ñeque), usan, en su mayoría, estratos herbáceos, donde se refugian, desplazan y buscan su alimento; no obstante, los tipos de cobertura de estas especies varían de pastos a coberturas arbóreas.

A partir de lo anterior, se realizó el análisis de conectividad funcional únicamente para algunos de los mamíferos registrados en campo puesto que son especies que requieren el estrato arbóreo dentro de sus hábitats y la fragmentación de los corredores, así como la disminución de las coberturas arbóreas los afectan a nivel poblacional o de grupos de individuos, especialmente a los primates, para los que estas coberturas son indispensables.

Para la escogencia de las especies en el análisis de conectividad funcional no se incluyeron especies de aves registradas en campo debido a que estas no requieren de las coberturas boscosas para su desplazamiento, puesto que, por su capacidad de vuelo, las Áreas de Dominio Vital (Home Range) abarcan distancias cuya extensión es de mayor tamaño a la del área de influencia, con un valor muy lejos del promedio de las otras especies; de modo que implicaría un resultado uniforme donde cada uno de los parches estaría conectado con todos los parches. Así mismo, no se incluyeron especies de herpetofauna registrada en campo debido a que sus Áreas de Dominio Vital (Home Range) son demasiado pequeñas y una fragmentación no afecta de manera notoria sus hábitos de desplazamiento.

De esta manera, se buscó que las especies consideradas para los análisis de conectividad funcional son por lo general especies sombrilla, que cubren con sus necesidades de hábitat, a otras especies con menores requerimientos. Dentro de estos requerimientos se incluye el desplazamiento diario mínimo necesario para las especies, así como su *Home Range* o área de dominio vital, que en otras palabras es una zona mínima necesaria para que la especie desarrolle y cubra sus necesidades básicas esenciales referidas a reproducción, alimentación y refugio, entre otras.

Para determinar las áreas de dominio vital de las especies, se usa la herramienta SAGA que determina las áreas núcleos disponibles para cada especie y refleja espacialmente la distribución de estos parches en el área de estudio.

Tabla 3.3.2-17 Especies de fauna definidas preliminarmente para el análisis de conectividad funcional

Clase	Familia	Especie	Nombre común	Home Range (Área Territorial Promedio)	Distancia De Dispersión
Mammalia	Myrmecophagidae	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	Oso hormiguero palmero	77-207 hectáreas (Rojano et al., 2015)	1650 - 4960 metros (Rojano et al., 2015)
		<i>Tamandua tetradactyla</i>	Oso hormiguero	25 hectáreas (Tirira, 2007)	1000 metros (Tirira, 2007)
	Canidae	<i>Cerdocyon thous</i>	Zorro, Perro lobo	110-280 hectáreas (Maffei y Taber, 2003)	3520-4000 metros (Maffei y Taber, 2003)
	Dasyproctidae	<i>Dasyprocta fuliginosa</i>	Guara, Ñeque	2-3 hectáreas (Tirira, 2007)	10-200 metros para <i>D. punctata</i> (Aliaga- Rossel et al., 2008).
	Atelidae	<i>Alouatta seniculus</i>	Mono aullador	4-60 hectáreas, es común 10 hectáreas	340 metros
	Cebidae	<i>Saimiri cassiquiarensis</i>	Mono ardilla/Soldado	65-130 hectáreas	1500 - 3200 metros
	Pitheciidae	<i>Plecturocebus ornatus</i>	Zocay	0,5 ha	268-1152 metros

Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2023)

A partir de la revisión bibliográfica presentada en la **Tabla 3.3.2-17**, donde se relacionan las características ecológicas de las especies, se escogieron dos primates que, de acuerdo a sus requerimientos de hábitats, se ven más afectados por la fragmentación. Así mismo, Los primates han sido considerados de gran interés para la conservación, ya que pueden ser usados como especies bandera (Karanth, 1992)⁵ (Vargaz *et al.*, 2002)⁶, debido a que la mitad de las especies de primates en el mundo están en peligro de extinción, son carismáticos y permiten la conservación en

5 KARANATH, U. 1992. Conservation prospects for lion-tailed macaques in Karnataka, India. *Zoo Biology*. 11(1): 33-41.

6 VARGAZ, A. JIMENEZ, I. PALOMARES, F. PALACIOS, J. 2002. Distribution, status and conservation needs of the golden-crowned sifaka (*Propithecus tattersalli*). *Biological Conservation*. 108(3): 325-334.

hábitats de gran importancia biológica cubriendo otras especies amenazadas (Chapman & Peres, 2001)⁷.

De acuerdo con estas consideraciones, para el análisis de conectividad funcional, se tuvieron en cuenta los primates: *Saimiri cassiquiarensis* (Mono Soldado) y a *Plecturocebus ornatus* (Zocay), las cuales fueron seleccionadas entre las identificadas para el área de influencia, dado que su hábitat principal son las coberturas arbóreas existentes y objeto del análisis de conectividad. Así mismo, las dos especies están listadas en el apéndice II de la CITES (CITES, 2023)⁸, y la especie *Plecturocebus ornatus* (Zocay) es endémica de Colombia, se encuentra en estado de Amenaza como Vulnerable (VU) por la UICN (IUCN, 2023)⁹ y por la Resolución 1912 (MADS, 2017)¹⁰. Por sus características ecológicas, la especie *Saimiri cassiquiarensis* (Pineda-Cendales *et al.*, 2021)¹¹, se usa como especie bandera (Karanth, 1992)⁵ (Vargaz *et al.*, 2002)⁶ o sombrilla en este análisis, debido a que requieren de grandes extensiones de tierra para subsistir de manera natural y funcionan como un canal para la conservación de todo el ecosistema asociado (WWF, 2022)¹².

De este modo, son especies de primates relevantes para el análisis de conectividad entre parches, considerando los servicios ecosistémicos de refugio, reproducción y alimentación ofrecidos por dichas coberturas que constituyen sus Áreas de Dominio Vital (Home Range), y que están limitados por la distancia entre parches boscosos (De la Ossa-V. y Galván-Guevara, 2017)¹³ (Camacho-D., 2021)¹⁴. Los hábitos de desplazamiento entre parches en la literatura (Pineda-Cendales *et al.*, 2021)¹¹ y registrados por observaciones directas en campo para la especie *Saimiri cassiquiarensis* tienen lugar en aquellos separados hasta por 30 metros aproximadamente, siendo esta la distancia máxima para analizar la conectividad funcional. Según los registros en ecosistemas transformados, la especie evita el desplazamiento cuando las distancias entre parches son amplias (Pineda-Cendales *et al.*, 2021)¹¹. Dentro de este rango queda incluido el desplazamiento entre parches de la especie *Plecturocebus ornatus* (Zocay), que por literatura (Buitrago y Ceballos, 2018)¹⁵ y observaciones directas en campo sólo alcanza a conectar en distancias de aproximadamente 7 metros entre parches por medio de saltos y no frecuenta desplazarse a nivel del suelo.

En este orden de ideas, en la **Tabla 3.3.2-18** y **Tabla 3.3.2-19** se presenta una descripción de las especies de mamíferos utilizadas para la determinación de la conectividad funcional en el área de influencia establecida para el proyecto, teniendo en cuenta sus hábitos de desplazamiento, áreas de acción (Home Range) y hábitos ecológicos.

7 Chapman, C. & Peres, C. 2001. Primate conservation in the new millennium. The role of scientists. *Evolutionary Anthropology*. 10: 16- 33 p.

8 CITES, 2023 en: <https://cites.org/esp/disc/text.php>

9 UICN, 2023: <https://www.iucnredlist.org/es>

10 RESOLUCIÓN 1912 de 2017 Por la cual se establece el listado de las especies silvestres amenazadas de la diversidad biológica colombiana continental y marino-costera que se encuentran en el territorio nacional, y se dictan otras disposiciones. MADS.

11 S. Pineda-Cendales., N. Pérez-Castillo. & J.E. Carvajal-Cogollo. 2021. *Saimiri cassiquiarensis* (Primates: Cebidae) en áreas naturales y periurbanas en el municipio de Villavicencio-Meta: Aspectos ecológicos y relación con los humanos. pp. 147-167. En J.E. Carvajal-Cogollo., M.I. Bautista., D. Arrieta-Lora. & F. Tafur. (eds). *Ecología y conservación de especies focales en sectores del Piedemonte Llanero en el tramo de la doble calzada Chirajara - Fundadores: Enfoque social y biológico*. Editorial UPTC. Tunja-Boyacá.

12 WWF, 2022 en: <https://www.wwf.org.co/?330510/Glosario-ambiental-Que-son-las-especies-sombrilla>

13 De La Ossa-V., J. y S. Galván-Guevara. 2017. Aspectos poblacionales de primates diurnos simpátricos que habitan parches de bosque seco tropical en los Montes de María, Sucre, Colombia. *Biota Colombiana* 18 (1): 325-334. DOI: 10.21068/c2017.v18n01a19

14 Camacho, M. J. 2021. ¿Cómo conectar los monos en un paisaje ganadero?: priorización de áreas para incrementar la conectividad del hábitat de cuatro especies de primates presentes en el Magdalena medio, Colombia

15 Buitrago Valenzuela, Diana Caterine y Ceballos Ladino, Luiyer Andres. 2018. Estrategia para la conservación de primates diurnos en el área urbana consolidada de Villavicencio con base en su distribución y conflictos. Universidad de los Llanos. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería. Programa de Biología. Villavicencio, Colombia

Tabla 3.3.2-18 Descripción Mono Soldado - *Saimiri cassiquiarensis*

<i>Saimiri cassiquiarensis</i> (Mono Soldado)	
Clase	Mammalia
Orden	Primates
Familia	Cebidae
Apéndices CITES	Apéndice II
Estado de Amenaza (IUCN)	No registra
Estado de Amenaza (Res. 1912 de 2017)	No registra
Tipo de distribución	Cosmopolita
Distribución	Se encuentra en la Amazonia y en el piedemonte de la cordillera Oriental de los Andes, desde límites con Venezuela hasta límites con Ecuador y Perú. Vive en una amplia gama de hábitats: bosques de galería, bosques esclerófilos con dosel bajo, bosques de ladera, morichales, bosques lluviosos, bosques estacionalmente inundables y de tierras altas (Defler, 2004) ¹⁶ .
Intervalo altitudinal	0-1500 msnm (Defler, 2004) ¹⁶ .
Home Range	65-130 hectáreas (Defler, 2004) ¹⁶ .
Desplazamiento diario	1500 - 3200 metros (Defler, 2004) ¹⁶ .
Densidad de la especie	25-45 individuos (Defler, 2004) ¹⁶ .
Tendencia poblacional	La especie puede sobrevivir sin problemas en bosques secundarios y áreas cercanas a poblaciones humanas, por lo cual no se considera amenazada (Defler, 2004) ¹⁶ .
Dieta	Frugívoro-Insectívoro (Defler, 2004) ¹⁶ .

Fuente: Antea Colombia S.A.S, 2023.

¹⁶ Defler, T. 2004. Historia natural de los primates colombianos. Conservación internacional Colombia. Facultad de Ciencias. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia, 2010. 612 p.

Tabla 3.3.2-19 Descripción Zocay - *Plecturocebus ornatus*

<i>Plecturocebus ornatus</i> (Zocay)	
Clase	Mammalia
Orden	Primates
Familia	Pitheciidae
Apéndices CITES	Apéndice II
Estado de Amenaza (IUCN)	VU (Vulnerable)
Estado de Amenaza (Res. 1912 de 2017)	VU (Vulnerable)
Tipo de distribución	Endémico
Distribución	Vegetación ribereña con bosques poco desarrollados, los bajos, las orillas de caños y ríos, y las tierras bajas pobremente drenadas (Defler, 2004) ¹⁶ .
Intervalo altitudinal	0-500 msnm (Defler, 2004) ¹⁶ .
Home Range	0,5 ha, como área mínima según Defler (2004) ¹⁶ .
Desplazamiento diario	268-1152 metros (Defler, 2004) ¹⁶ .
Densidad de la especie	2-4 individuos (Defler, 2004) ¹⁶ .
Tendencia poblacional	No hay población muy grande en Colombia (Defler, 2004) ¹⁶ .
Dieta	Frugívoro (Defler, 2004) ¹⁶ .

Fuente: Antea Colombia S.A.S, 2023.

➤ **Análisis de conectividad funcional dPC intra, flux y conect**

Al analizar los resultados de conectividad funcional, se puede observar que la conectividad de un paisaje está altamente influenciada por la disponibilidad y distribución del hábitat adecuado, aunque en la zona de influencia del proyecto, esta condición aún puede ser encontrada teniendo en cuenta que un 80% se encuentra intervenida (territorios artificializados). En la mayoría de las áreas consideradas de gran importancia, como los bosques de galería y bosques fragmentados con vegetación secundaria presentes en el AI, su relevancia es explicada por el potencial flujo que pueden representar, lo que está asociado a la extensión y cantidad de enlaces que pueden establecer con otras regiones.

Teniendo en cuenta los requerimientos mínimos de hábitat de las dos especies seleccionadas, se observa que el dominio vital (*Home range*) de la especie *Saimiri cassiquiarensis* (Mono Soldado) es de 65-130 hectáreas (Tirira, 2007), mientras que la especie *Plecturocebus ornatus* (Zocay), presenta un dominio vital (*Home range*) de apenas 0,5 ha. Con respecto a la distancia de desplazamiento la especie *Saimiri cassiquiarensis* (Mono Soldado), desde 1.500 hasta 3.200 m (al interior de los parches de bosque), mientras que la especie *Plecturocebus ornatus* (Zocay), presenta rangos de desplazamiento de entre 268 a 1.152 m (también al interior de parches de bosque).

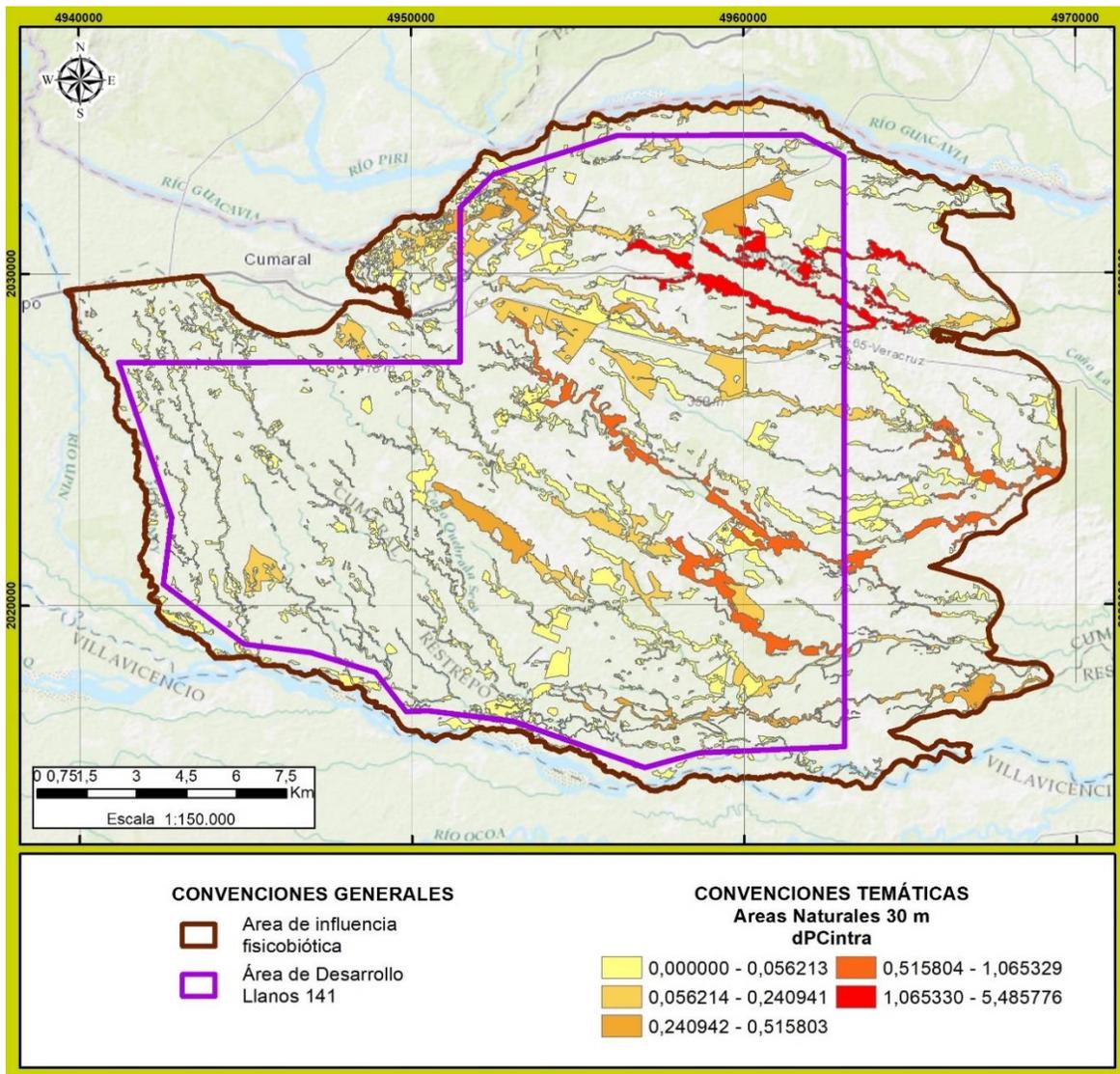
De esta manera, para hallar los valores de conectividad usando el software Conefor 2.6, se tuvieron en cuenta únicamente aquellos parches con área mayor a 0,5 ha, pues aquellos con una menor extensión no presentan oferta suficiente de hábitat para el *Plecturocebus ornatus* (Zocay). Adicionalmente, con respecto a la distancia de conectividad, se usaron 30 metros, debido a que, aunque ambas especies tienen un rango de desplazamiento más amplio, este corresponde únicamente al interior del bosque y cuando se trata de movimientos entre parches este se reduce considerablemente. Por esta razón se usó esta distancia.

Al examinar de manera aislada los componentes que forman parte del índice de conectividad total, se puede notar que los valores de dPC intra se encuentran estrechamente relacionados con el

tamaño de los parches. Para el caso del área de influencia, el **bosque denso alto de tierra firme**, el bosque de galería, presentan los valores mas grandes con aproximadamente de 40 ha y 11,48 ha respectivamente, por lo que tienen un gran impacto en la valoración final de la conectividad.

Los bosques de galería son ecosistemas únicos que se encuentran a lo largo de los ríos y arroyos en todo el mundo. Estos bosques son importantes porque proporcionan una importante fuente de alimento y refugio para una gran diversidad de especies de plantas y animales, incluyendo muchas especies en peligro de extinción. Además, actúan como sumideros de carbono, ayudando a mitigar el cambio climático y a mantener la calidad del agua al retener la erosión del suelo. Los bosques de galería también tienen un valor económico para las comunidades locales, proporcionando recursos forestales sostenibles, turismo y recreación. En la **Figura 3.3.2-39** se evidencia la importancia de estas áreas y como contribuyen en la conectividad ecosistémica al nivel de parche (Intra).

Figura 3.3.2-39 dPCintra

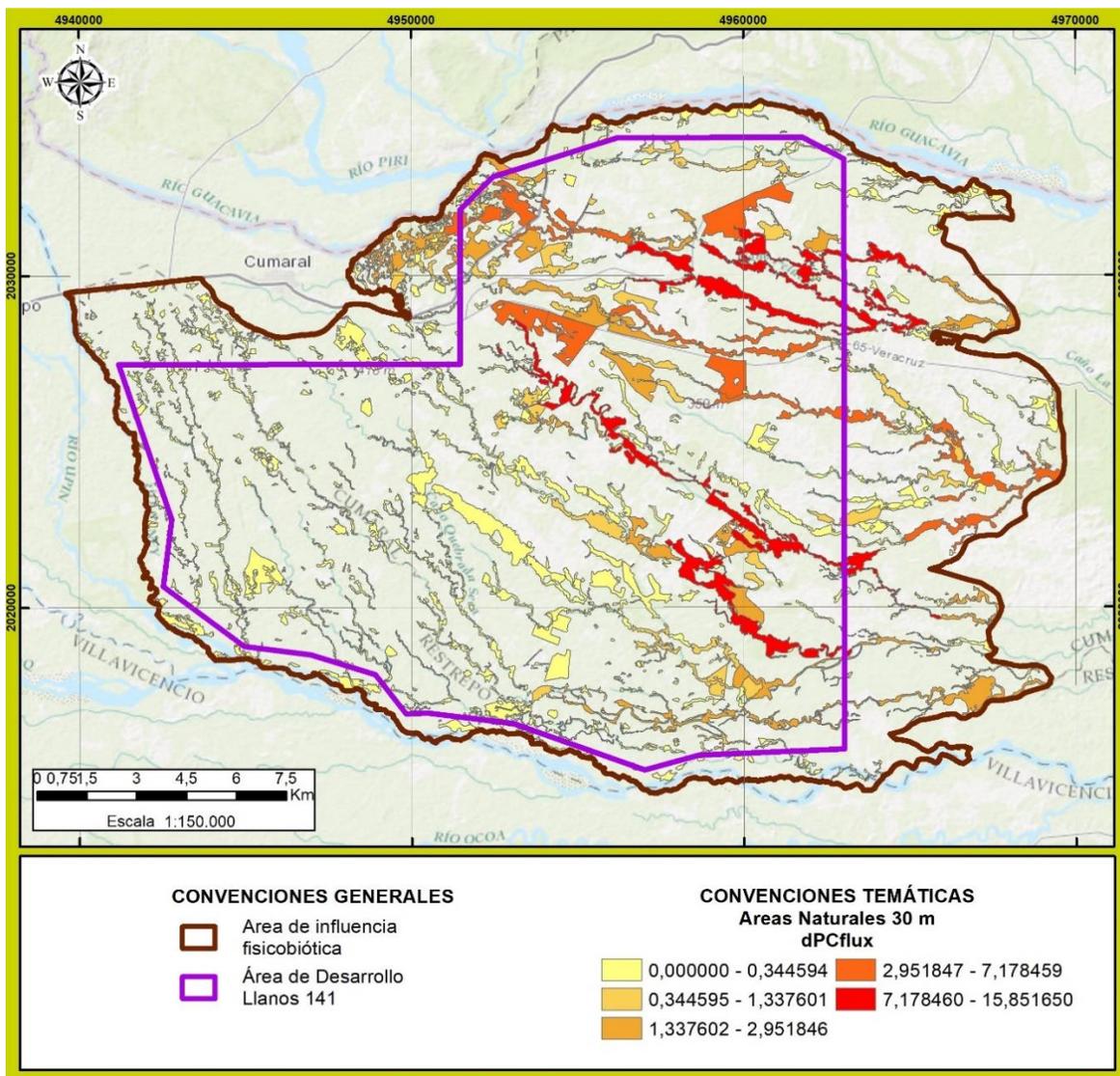


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

En la **Figura 3.3.2-40** se destaca que los parches que tienen una mayor conexión entre fragmentos corresponden a áreas alargadas con mayor conexión a sus pares aledaños las cuales alcanzan valores hasta de 16,4 de conectancia. Estas están estrechamente relacionadas con áreas de bosques de galería y bosques fragmentados distribuidos en toda el área de influencia.

En este sentido se observa que los grupos de parches más conectados se encuentran situados hacia el centro y norte del área de influencia, mientras que, hacia el sur, la desconexión es más grande. Esto se debe a que en general en estas áreas las actividades productivas y en general antrópicas son más intensivas, dejando pocos fragmentos de coberturas naturales y seminaturales, con lo cual los pocos parches remanentes, están desconectados

Figura 3.3.2-40 dPc Flux

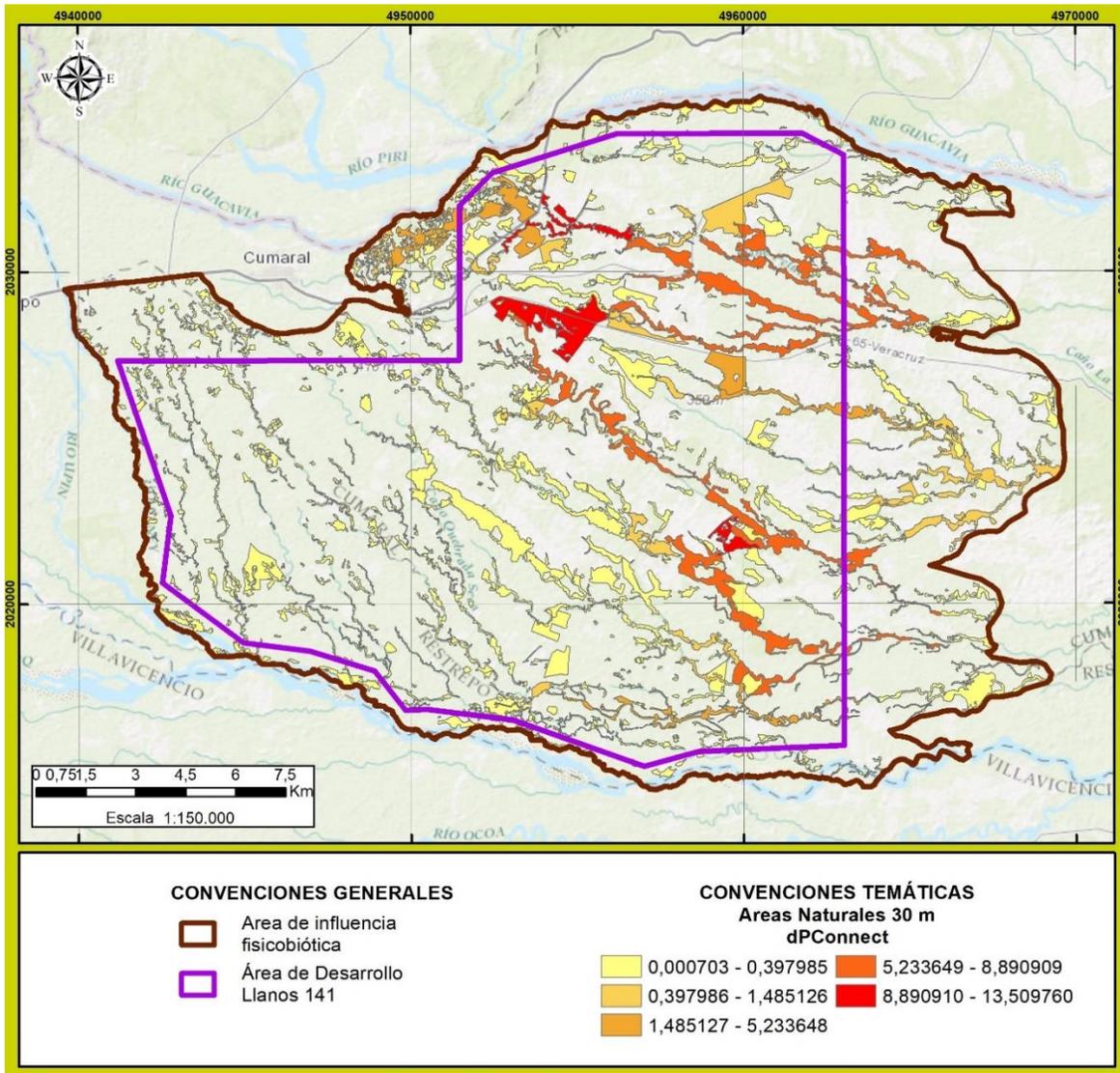


Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

En lo que respecta a la conectividad, se observa que las zonas naturales y seminaturales del área de influencia mantienen una estructura ecosistémica que favorece la interconexión funcional. con lo cual, para estas especies de movilidad limitada en zonas diferentes a bosques y áreas seminaturales, esta zona actúa como corredor entre espacios más amplios, lo que podría facilitar el tránsito de animales con mayores requerimientos de territorio. En este sentido, los bosques de galería son especialmente importantes para la conectividad funcional en el área del proyecto.

Los parches que tienen más probabilidades de estar conectados se encuentran en las áreas núcleo identificadas en el análisis de fragmentación espacial. Estas áreas coinciden con los bosques de galería, herbazales, bosque denso alto de tierra firme y algunos parches de vegetación secundaria alta del AI, los cuales son los que presentan la mejor conservación dentro del área de influencia fisicobiótica. (Ver Figura 3.3.2-41)

Figura 3.3.2-41 dPC Connect



Fuente: (ANTEA COLOMBIA S.A.S., 2024)

➤ **Corredores de fauna**

✓ **Especies por modelar**

Se emplearon las especies *Pleurocebus ornatus* y *Myrmecophaga tridactyla* definidas en el capítulo de delimitación de área de influencia en el numeral 4.2.5.2.1, del apartado correspondiente al componente de fauna y citadas en la (Tabla 3.3.2-20).

Tabla 3.3.2-20 Aspectos importantes de las especies seleccionadas para la modelación de corredores.

Familia	Especie	HOME RANGE	Endémica	IUCN, 2023	Res 1912 de 2017	Tendencia poblacional
<i>Pitheciidae</i>	<i>Pleurocebus ornatus</i>	22 ha*	Sí	VU	VU	Decreciendo. Poblaciones fragmentadas.
<i>Myrmecophagidae</i>	<i>Myrmecophaga tridactyla</i>	200 ha**	No	VU	VU	Decreciendo

*Aún no hay estimados de homerange para esta especie, se reporta un aproximado basado en datos de especies de la misma subfamilia, similar masa corporal y de hábitats fragmentados (mata atlántica) Heiduck, 2001

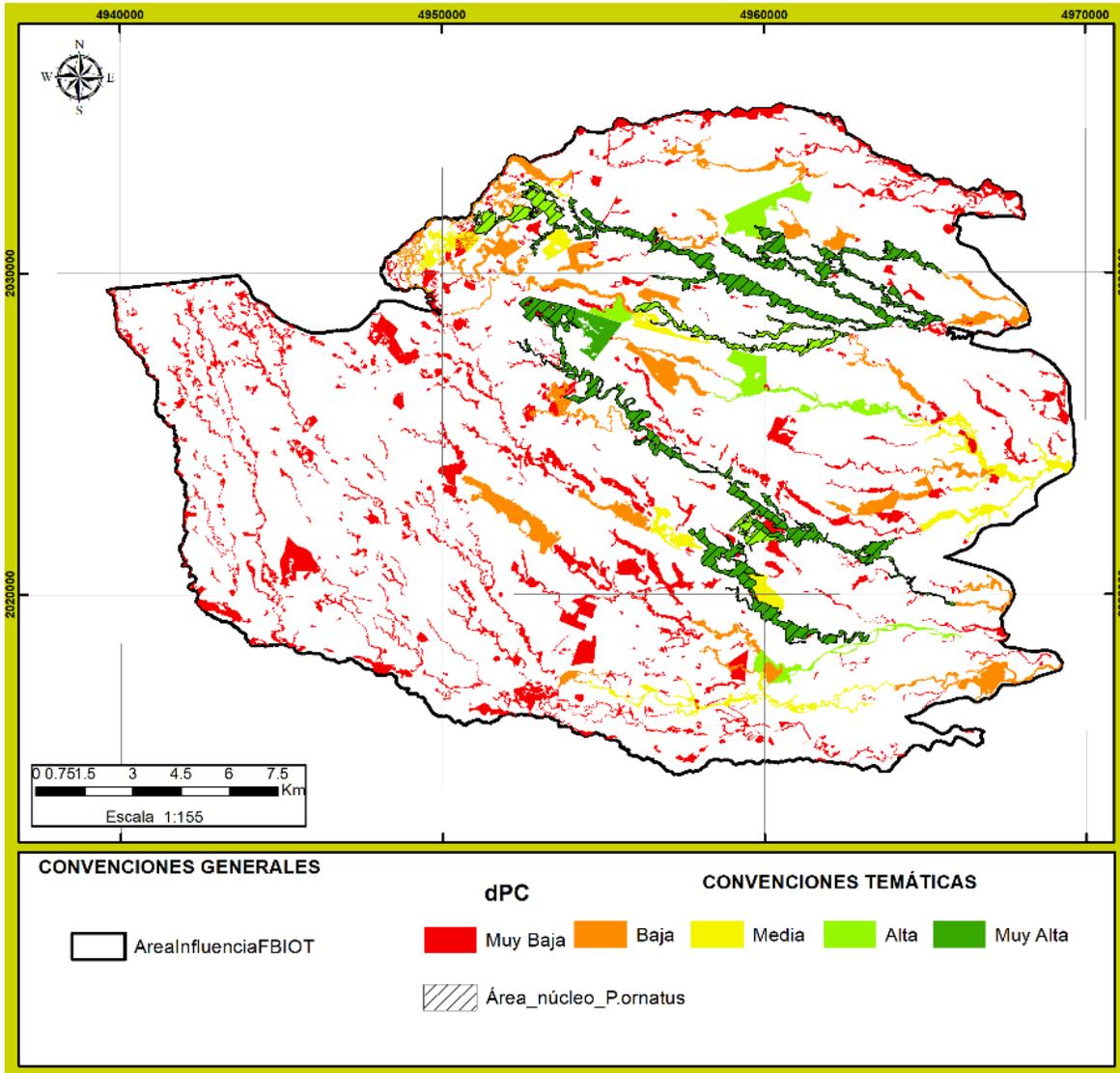
**Homerange reportado para la Orinoquía colombiana, Rojano et al. 2015

Fuente: (Antea Colombia SAS, 2024)

✓ **Áreas núcleo a conectar**

Debido a que los corredores buscan conectar parches con hábitat potencial y disponibilidad de recursos para las especies, se refinó la selección de áreas núcleo para cada especie de la siguiente manera. Para el caso de *P. ornatus* se utilizó el modelo validado por el IAvH en el portal biomodelos (http://biomodelos.humboldt.org.co/species/visor?species_id=7008). Este modelo fue generado a través de un sistema colaborativo que permite proponer hipótesis de distribución de especies y el desarrollo colaborativo de modelos de distribución a partir de registros curados y capas ambientales utilizando el algoritmo de máxima entropía, posteriormente se utilizó un percentil de 0.10 como umbral de idoneidad de hábitat y este modelo fue validado por expertos (Henao-Díaz et al. 2020). Debido a que el modelo del IAvH presenta una resolución espacial mayor con un tamaño de pixel grueso (ca. 1km), la selección de áreas núcleo incluyó las áreas traslapadas entre modelo de hábitat y las coberturas naturales del área de influencia.

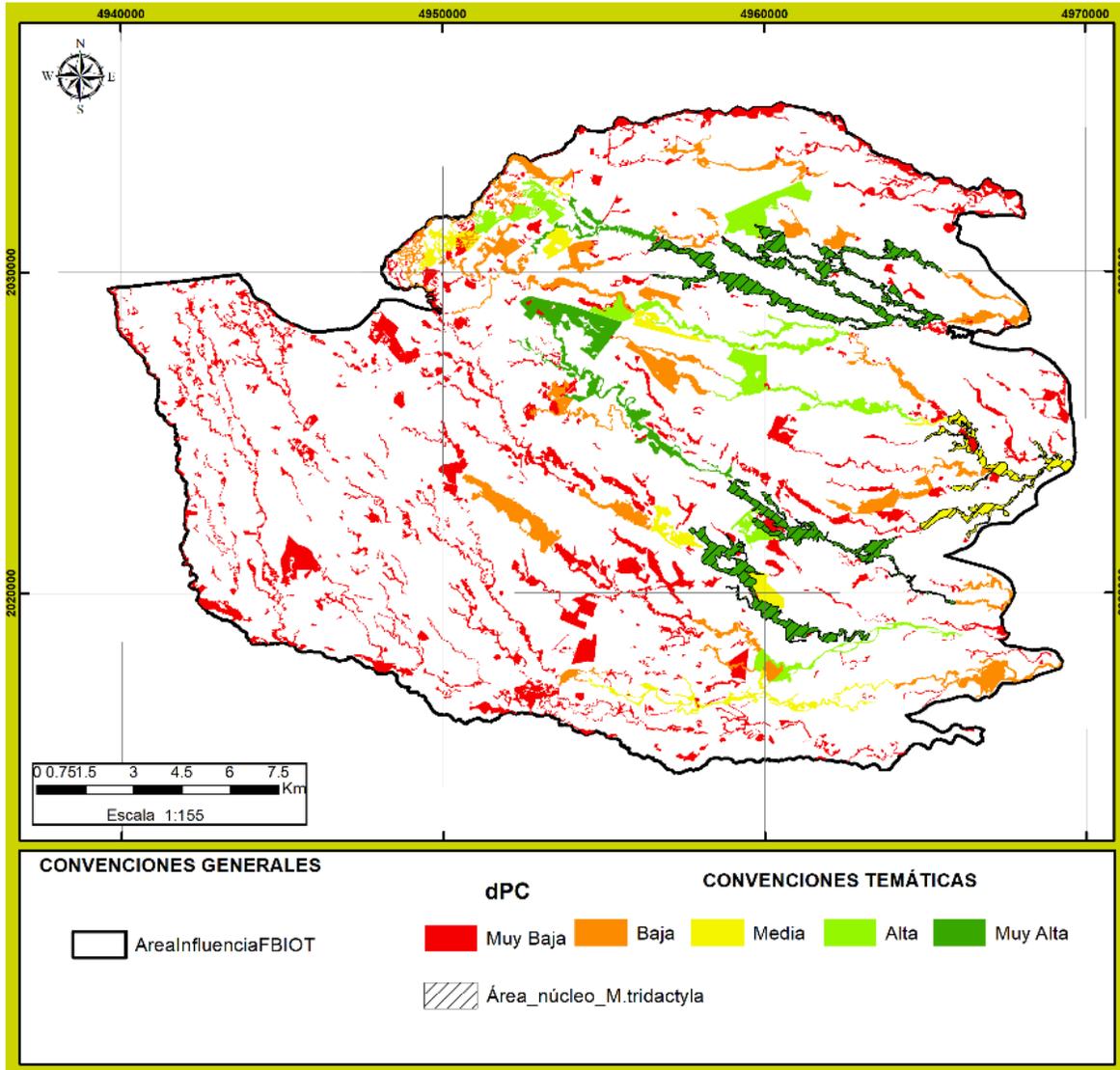
Figura 3.3.2-42 Obtención de áreas núcleo a partir del traslape entre el modelo de idoneidad de hábitat (IAvH) y los parches de mayor importancia para la red de conectividad (>dPC) para *P. ornatus*.



Para el caso de *M. tridactyla* las áreas núcleo se seleccionaron con una aproximación diferente, ya que esta especie no tiene un modelo validado hasta la fecha. Por este motivo los parches de coberturas naturales mayores a 200 ha fueron utilizados como áreas núcleo. La selección de este umbral fue realizada con base a estudios de rango de hogar para *M. tridactyla* en la Orinoquia colombiana, por lo tanto, se puede garantizar que estas áreas proveen, a largo plazo, la extensión de hábitat necesaria para el mantenimiento para individuos y poblaciones de esta especie.

Todos los análisis fueron realizados empleando los paquetes Rgdal (Bivand et al., 2014); Makurhini (Godínez-Gómez & Correa Ayram, 2022); Raster (Hijmans, 2020); gdistance (van Etten, 2017) en el programa R Core Team, (2022).

Figura 3.3.2-43 Obtención de áreas núcleo mayores a 200 ha, las cuales corresponden al rango de hogar reportado para *M. tridactyla* en la Orinoquía colombiana.



Fuente: (Antea Colombia SAS, 2024)

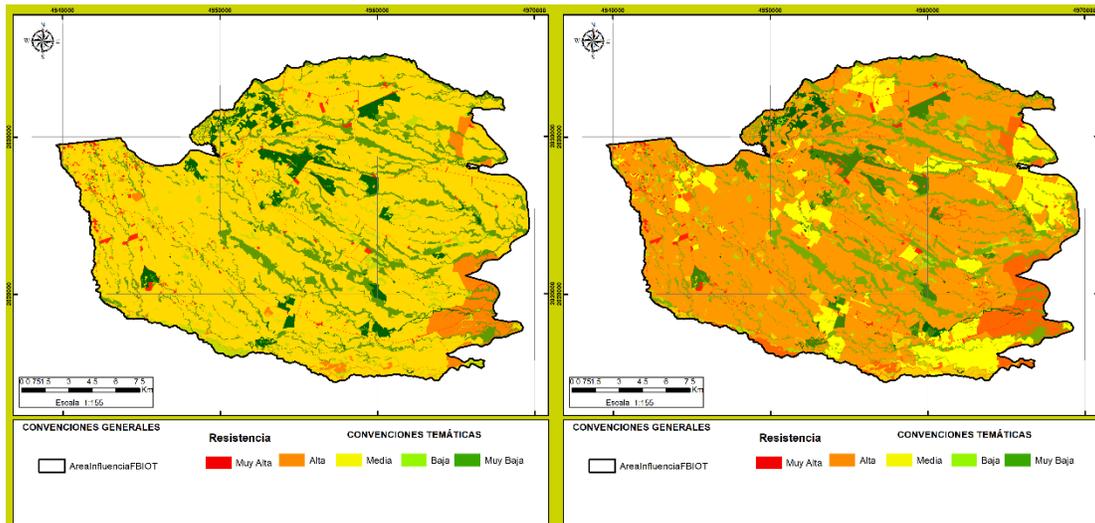
✓ Construcción de la capa de resistencia

Para modelar la resistencia al movimiento se construyó desde una ponderación de las coberturas de la tierra, asumiendo relación lineal entre la resistencia y las áreas con mayor presión antrópica para el movimiento los mamíferos priorizados. La ponderación se realizó con una escala de 1-100, dando mayor peso (100) a áreas con mayor resistencia al movimiento, mientras que el menor peso (1) representa áreas con poca o nula resistencia. Por ejemplo, áreas con vegetación natural como bosques densos no generan mucha resistencia para el movimiento y dispersión de estas especies, por otra parte, áreas con poca o nula vegetación, cercana a carreteras, centros urbanos generarán más resistencia al movimiento de mamíferos debido a que son áreas con menor integridad ecológica

y con mayor huella espacial humana (p.e. cacería, atropellamiento, entre otros) lo que dificultaría una conectividad entre núcleos de hábitat (McRae et al. 2008)

La capa resultante, indica que existe mayor resistencia en gran parte del área que cubre el área de influencia fisicobiótica. En general, la capa de resistencia indica que la matriz de paisaje presenta factores limitantes que pueden influenciar el libre desplazamiento de las especies a lo largo del área de influencia. Además de los territorios artificializados, existen parches de pastizales principalmente dedicados a la ganadería, que no presentan condiciones de hábitat idóneas para las especies modeladas. Esto además indica que la dispersión potencial de las especies seleccionadas para modelación es limitada, aunque se observan diferencias entre ellas. Por un lado, *M. tridactyla* tiene una menor restricción al movimiento en general, principalmente por su masa corporal y capacidad de dispersión. Adicionalmente, utiliza una variedad de hábitats mayor y barreras naturales como humedales no representan una restricción al movimiento como el caso de *P. ornatus*.

Figura 3.3.2-44 Capa de resistencia para la modelación de corredores de conectividad para las especies *M. tridactyla* (izquierda) y *P. ornatus* (derecha).



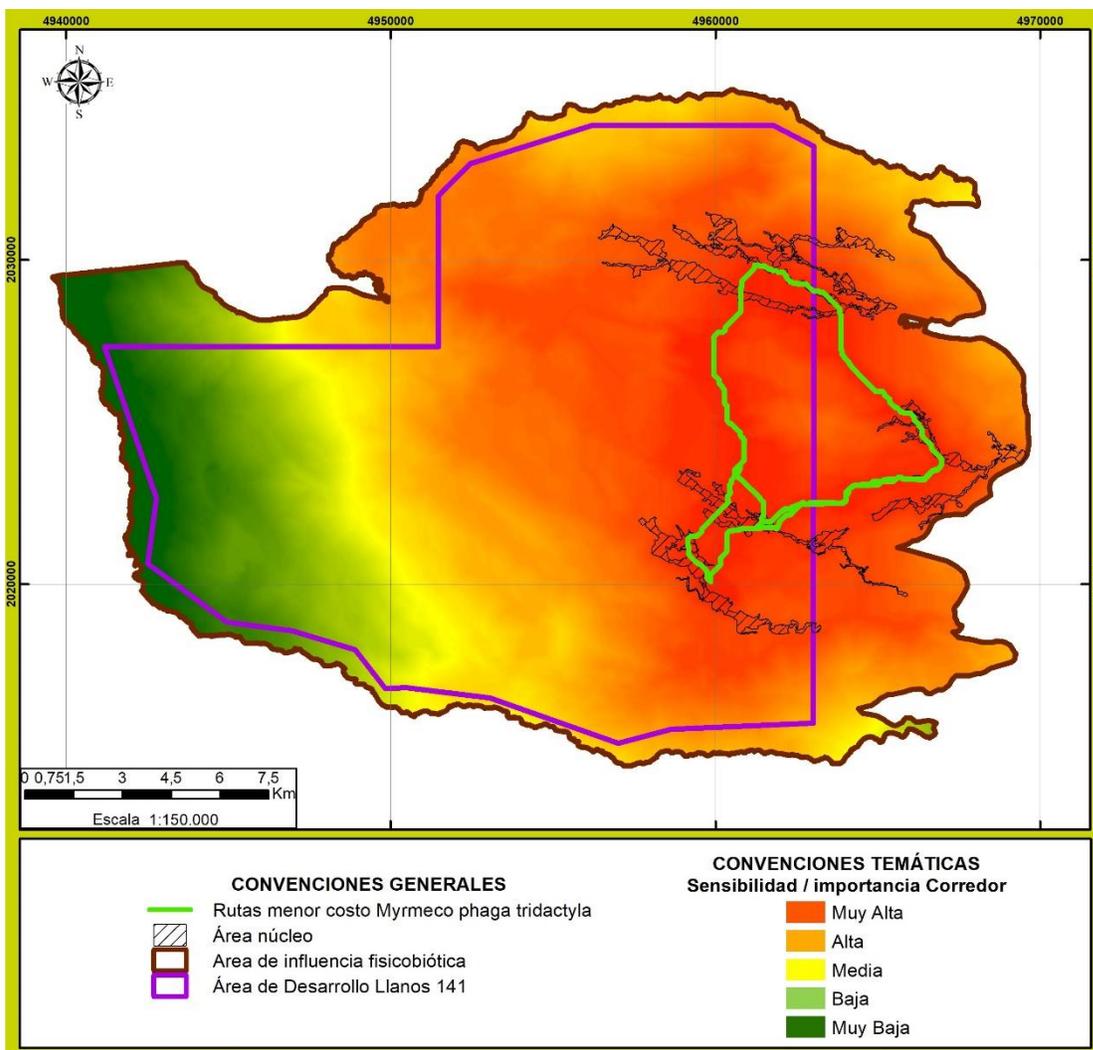
Fuente: (Antea Colombia SAS, 2024)

✓ Obtención de corredores

Para modelar los corredores ecológicos se utilizaron las rutas de menor costo (Least Cost Path) y la teoría de circuitos eléctricos utilizando el software Linkage Mapper y Circuitscape 4.0 (<https://linkagemapper.org/>). En este sentido, la conectividad funcional fue modelada desde la perspectiva de las especies seleccionadas y de la resistencia a su movimiento generada por el uso del suelo (Correa-Ayram et al. 2017; Sánchez-Giraldo et al. 2021). En este análisis es necesario contar con dos insumos principales: 1.) las áreas núcleo a conecta y, 2.) una capa de resistencia al movimiento. En cuanto a las rutas de menor costo (LCP), se obtuvieron a partir de un cálculo único de la distancia ponderada de costo mínimo entre un origen y un destino (Adriaensen et al., 2003); Así mismo, para describir la calidad de cada enlace se establecieron dos relaciones: la primera para indicar que tan difícil es moverse entre áreas núcleo en relación con su cercanía relacionando el costo ponderado de la distancia dividido entre la distancia euclidiana, y la segunda con el fin de identificar la resistencia promedio a lo largo de la ruta óptima entre las áreas núcleo relacionando el costo ponderado de la distancia dividido entre la longitud de la ruta de menor costo (Dutta et al., 2016). A continuación, se describen los resultados de corredores y rutas de menor costo obtenidos por especie.

Pleurocebus ornatus: De los parches que corresponden a coberturas naturales y que se traslaparon con el modelo de hábitat, se seleccionaron nueve áreas núcleo (49.65 -527.38 ha), las que a su vez son los nodos más importantes para el mantenimiento de la red de conectividad (>dPC). La conectividad a través de estos parches se estimó mediante métricas que describen la calidad del enlace entre parches en relación a su costo, identificando un total de cuatro rutas que conectan nodos de hábitat en el sector norte del área fisicobiótica. Las áreas conectadas se identificaron entre las coberturas que corresponden a su hábitat de preferencia asociado a las coberturas bosque de galería, bosque denso alto y vegetación secundaria alta, ubicados dentro del área de influencia y que pueden generar aporte de áreas para la alimentación y el refugio de esta especie, la cual también puede usar parches de diferentes tamaños (17.63-77.63 ha) (Wagner et al. 2009).

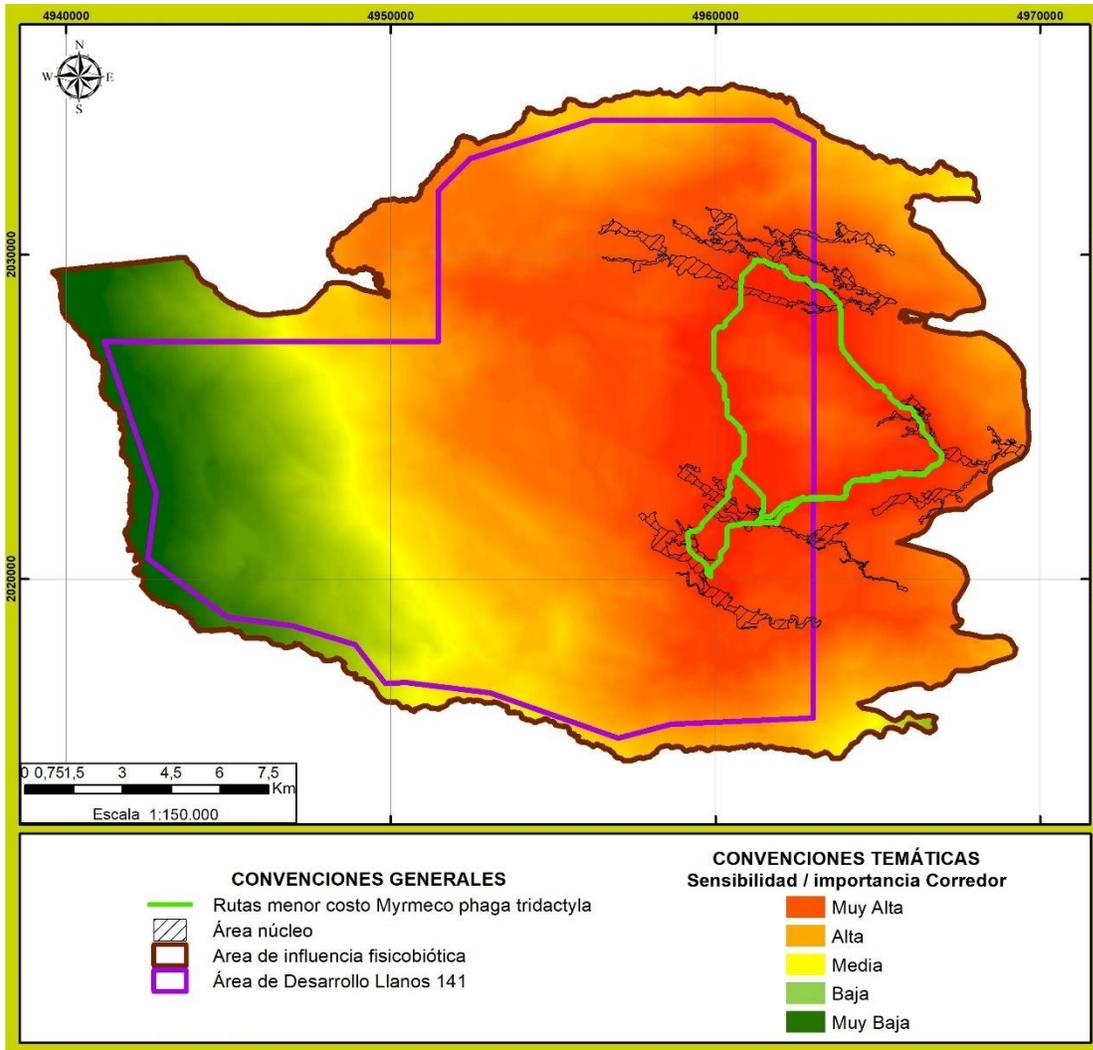
Figura 3.3.2-45 Corredores y rutas de menor costo para la especie *P. ornatus*



Fuente: (Antea Colombia SAS, 2024)

Myrmecophaga tridactyla: Se seleccionaron cuatro áreas núcleo las cuales corresponde a parches de coberturas naturales mayores a 200 ha, por lo tanto, se puede garantizar que estas áreas proveen, a largo plazo, la extensión de hábitat necesaria para el mantenimiento para individuos y poblaciones de esta especie. Se identificaron seis rutas de menor costo para la conectividad de esta especie, principalmente localizadas en el sector oriental del área de influencia fisicobiótica.

Figura 3.3.2-46 Corredores y rutas de menor costo para la especie *M. tridactyla*



Fuente: (Antea Colombia SAS, 2024)

3.3.2.6 Bibliografía

Adriaansen, F., Chardon, J. P., De Blust, G., Swinnen, E., Villalba, S., Gulinck, H., & Matthysen, E. (2003). The application of "least-cost" modelling as a functional landscape model. *Landscape and Urban Planning*, 64(4). [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(02\)00242-6](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(02)00242-6)

Calabrese, J. M., & Fagan, W. F. (2004). A comparison-shopper's guide to connectivity metrics. In *Frontiers in Ecology and the Environment* (Vol. 2, Issue 10). [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2004\)002\[0529:ACGTCM\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0529:ACGTCM]2.0.CO;2)

Chetkiewicz, C. L. B., St. Clair, C. C., & Boyce, M. S. (2006). Corridors for conservation: Integrating pattern and process. In *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* (Vol. 37). <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.37.091305.110050>

Dutta, T., Sharma, S., McRae, B. H., Roy, P. S., & DeFries, R. (2016). Connecting the dots: mapping habitat connectivity for tigers in central India. *Regional Environmental Change*, 16. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0877-z>

Godínez-Gómez, O., & Correa Ayram, C. (2022). Makurhini: Analyzing landscape connectivity (v1.0.0). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3771605>

Hijmans, R. J. (2020). raster: Geographic analysis and modeling with raster data. : R Package Version 3.1-5, 3.1(5).

McRae, B. H., Dickson, B. G., Keitt, T. H., & Shah, V. B. (2008). Using circuit theory to model connectivity in ecology, evolution, and conservation. *Ecology*, 89(10). <https://doi.org/10.1890/07-1861.1>

McRae, B. H., & Kavanagh, D. M. (2011). Linkage Mapper Connectivity Analysis Software. Seattle, WA: The Nature Conservancy. Computer Software Program Produced by the Nature Conservancy in Seattle, WA, USA. Available Online: [Http://Www. Circuitscape. Org/Linkagemapper](http://www.circuitscape.org/linkagemapper) (Accessed on 16 April 2016).

R Core Team. (2022). R core team (2021). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL [Http://Www. R-Project. Org](http://www.R-Project.Org).

van Etten, J. (2017). R package gdistance: Distances and routes on geographical grids. *Journal of Statistical Software*, 76(1). <https://doi.org/10.18637/jss.v076.i13>