



Orden de compra 115 de 2013



ANÁLISIS DE CONECTIVIDAD DE BOSQUE SECO TROPICAL EN CUATRO VENTANAS DEL CARIBE COLOMBIANO ANALIZADAS A UNA ESCALA MÁS DETALLADA QUE 1:250.000..



Proyecto Paisajes para la conservación – Bosque seco |



# CONTENIDO

1	Introducción.....	0
2	Materiales y métodos.....	2
2.1	Conceptos y definiciones .....	2
2.2	Área de estudio .....	4
2.3	Metodología de trabajo .....	5
2.4	Elaboración de la capa de cobertura de la tierra escala 1:100.000.....	6
2.4.1	Descarga de Imágenes.....	6
2.4.2	Pre-procesamiento .....	8
2.4.3	Procesamiento.....	8
2.5	Identificación de rutas para la conectividad entre parches de bosque seco tropical.....	10
2.5.1	Capa de resistencia a la conectividad .....	10
2.5.2	Clasificación por tipo de Bosque.....	13
2.5.3	Análisis Costo Distancia.....	14
2.5.4	Corredores de Conectividad.....	14
3	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	16
3.1	Rio Gaira.....	16
3.1.1	Clasificación de cobertura de la tierra .....	16
3.1.2	Capa de resistencia a la conectividad .....	20
3.1.3	Clasificación por tipo de Bosque .....	24
3.1.4	Análisis Costo Distancia.....	26
3.1.5	Corredores de Conectividad.....	27
3.2	Atlántico – Bolívar.....	30
3.2.1	Clasificación de cobertura de la tierra .....	30
3.2.2	Capa de resistencia a la conectividad .....	32
3.2.3	Clasificación por tipo de Bosque .....	35
3.2.4	Análisis Costo Distancia.....	36
3.2.5	Corredores de Conectividad.....	38
3.2.6	Análisis de resultados .....	40
3.3	Montes de María .....	43
3.3.1	Clasificación de cobertura de la tierra .....	43
3.3.2	Capa de resistencia a la conectividad .....	43
3.3.3	Clasificación por tipo de Bosque .....	50

3.3.4	Análisis Costo Distancia.....	50
3.3.5	Corredores de Conectividad. ....	53
3.4	Rio Seco – Paladines.....	55
3.4.1	Clasificación de cobertura de la tierra .....	55
3.4.2	Capa de resistencia a la conectividad .....	58
3.4.3	Clasificación por tipo de Bosque .....	58
3.4.4	Análisis Costo Distancia.....	59
3.4.5	Corredores de Conectividad. ....	60
4	Bibliografía.....	61

# LISTADO DE GRÁFICOS

1	Introducción.....	0
2	Materiales y métodos.....	2
2.1	Conceptos y definiciones .....	2
2.2	Área de estudio .....	4
	<b>Gráfico 1.</b> Localización del área de estudio .....	4
2.3	Metodología de trabajo .....	5
2.4	Elaboración de la capa de cobertura de la tierra escala 1:100.000. ....	6
	<b>Gráfico 2.</b> Marco de procedimientos desarrollados para la Cobertura Corine Land Cover. ....	6
	<b>Gráfico 3.</b> Cubrimiento de las escenas Landsat en la zona de estudio. ....	7
2.5	Identificación de rutas para la conectividad entre parches de bosque seco tropical.....	10
	<b>Gráfico 4.</b> Definición de las categorías por la herramienta LFT v 2.0 (Tomado de <a href="http://clear.uconn.edu/%5C/tools/lft/lft2/method.htm">http://clear.uconn.edu/%5C/tools/lft/lft2/method.htm</a> ).....	13
3	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	16
3.1	Rio Gaira.....	16
	<b>Gráfico 5.</b> – Ventana Rio Gaira- Clasificación No Supervisada con 30 Clases .....	16
	<b>Gráfico 6.</b> – Ventana Rio Gaira- Resultado de la Segmentación. ....	17
	<b>Gráfico 7.</b> – Ventana Rio Gaira- Efecto de la depuración de áreas menores a 25 ha. ....	17
	<b>Gráfico 8.</b> – Ventana Rio Gaira- Mosaico LANDSAT (Izquierda) e Interpretación de Coberturas (Derecha) 18	
	<b>Gráfico 9.</b> Insumos utilizados para el desarrollo de la capa de costos. ....	21
	<b>Gráfico 10.</b> Superficie Costo para el Escenario 1. ....	22
	<b>Gráfico 11.</b> Superficie de Costo para el Escenario 3.....	23
	<b>Gráfico 12.</b> Comparación entre el Bosque Fragmentado y los cultivos arbóreos. ....	24
	<b>Gráfico 13.</b> Clasificación del Bosque Seco y discriminación de capa Fuente y Capa destino. ....	24
	<b>Gráfico 14.</b> Resultado del costo distancia para el Escenario 1.....	26
	<b>Gráfico 15.</b> Resultado del costo distancia para el Escenario 2.....	26
	<b>Gráfico 16.</b> Resultados de los corredores de conectividad para los escenarios 1 y 2.....	27
	<b>Gráfico 17.</b> Resultados de los corredores de conectividad para el escenario 3. ....	29
3.2	Atlántico – Bolívar.....	30
	<b>Gráfico 18.</b> Cobertura de la tierra .....	30
	<b>Gráfico 19.</b> Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 1.....	33
	<b>Gráfico 20.</b> Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 2.....	33
	<b>Gráfico 21.</b> Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 3.....	34

<b>Gráfico 22.</b>	Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 4.....	35
<b>Gráfico 23.</b>	Clasificación del bosque de origen y destino.....	35
<b>Gráfico 24.</b>	Distancia- Costo y BackLink para el escenario 1 .....	36
<b>Gráfico 25.</b>	Distancia- Costo y BackLink para el escenario 2 .....	36
<b>Gráfico 26.</b>	Distancia- Costo y BackLink para el escenario 3 .....	38
<b>Gráfico 27.</b>	Distancia- Costo y BackLink para el escenario 4 .....	38
<b>Gráfico 28.</b>	Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 1 .....	39
<b>Gráfico 29.</b>	Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 2 .....	39
<b>Gráfico 30.</b>	Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 3 .....	40
<b>Gráfico 31.</b>	Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 4 .....	40
3.3	Montes de María .....	43
<b>Gráfico 32.</b>	Interpretación de coberturas de la tierra escala 1:100.000 para Montes de María. ....	43
<b>Gráfico 33.</b>	Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 1.....	44
<b>Gráfico 34.</b>	Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 2.....	45
<b>Gráfico 35.</b>	Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 3.....	47
<b>Gráfico 36.</b>	Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 4.....	49
<b>Gráfico 37.</b>	Clasificación del bosque de origen y destino.....	50
<b>Gráfico 38.</b>	Distancia- Costo y BackLink para el escenario 1 .....	51
<b>Gráfico 39.</b>	Distancia- Costo y BackLink para el escenario 2 .....	51
<b>Gráfico 40.</b>	Distancia- Costo y BackLink para el escenario 3 .....	52
<b>Gráfico 41.</b>	Distancia- Costo y BackLink para el escenario 4 .....	52
<b>Gráfico 42.</b>	Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 1 .....	53
<b>Gráfico 43.</b>	Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 2 .....	53
<b>Gráfico 44.</b>	Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 3 .....	54
<b>Gráfico 45.</b>	Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 4 .....	54
3.4	Rio Seco – Paladines.....	55
<b>Gráfico 46.</b>	Áreas clasificadas en el nivel 2 de detalle.....	57
<b>Gráfico 47.</b>	Resistencia a la conectividad .....	58
<b>Gráfico 48.</b>	Clasificación por tipos de bosque (origen y destino). ....	58
<b>Gráfico 49.</b>	Back link Ventana Rio Seco y Paladines .....	59
<b>Gráfico 50.</b>	Costo distancia Ventana Rio Seco y Paladines .....	59
<b>Gráfico 51.</b>	Rutas de conectividad .....	60
4	Bibliografía.....	61

# LISTADO DE TABLAS

1	Introducción.....	0
2	Materiales y métodos.....	2
2.1	Conceptos y definiciones .....	2
2.2	Área de estudio .....	4
2.3	Metodología de trabajo .....	5
	<b>Tabla 1.</b> Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional escala 1.100.000, de acuerdo con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia. ....	5
2.4	Elaboración de la capa de cobertura de la tierra escala 1:100.000. ....	6
	<b>Tabla 2.</b> Listado de imágenes LANDSAT 8 descargadas y procesadas .....	7
	<b>Tabla 3.</b> Características de Las imágenes Satelitales Landsat 8. ....	8
	<b>Tabla 4.</b> Combinaciones de bandas del sensor Landsat 8 para identificación de coberturas. ....	9
2.5	Identificación de rutas para la conectividad entre parches de bosque seco tropical.....	10
	<b>Tabla 5.</b> Costos asociados a las categorías de la cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover. ....	11
3	RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	16
3.1	Rio Gaira.....	16
	<b>Tabla 6.</b> Cuadro de áreas para los territorios artificializadas.....	18
	<b>Tabla 7.</b> Tabla 3. Cuadro de áreas de los territorios Agrícolas.....	19
	<b>Tabla 8.</b> Cuadro de áreas de las zonas de Bosque y Seminaturales.....	19
	<b>Tabla 9.</b> Cuadro de áreas para la zonas húmedas .....	20
	<b>Tabla 10.</b> Cuadro de áreas de las superficies de Agua. ....	20
	<b>Tabla 11.</b> Cuadro de áreas por cada una de las categorías del Nivel I de la leyenda Corine para la zona de estudio. ....	20
3.2	Atlántico – Bolívar.....	30
	<b>Tabla 12.</b> Coberturas de la tierra para la ventana Atlántico - Bolívar.....	31
	<b>Tabla 13.</b> Métricas del paisaje. ....	32
	<b>Tabla 14.</b> Calificación de resistencia para la ventana Atlántico - Bolívar .....	32
3.3	Montes de María .....	43
	<b>Tabla 15.</b> Calificación de resistencia para la ventana Atlántico - Bolívar .....	44
3.4	Rio Seco – Paladines.....	55
	<b>Tabla 16.</b> Características de las imágenes rapideye. ....	56
	<b>Tabla 17.</b> Características internas de Las imágenes Rapideye en procalculo. ....	56
	<b>Tabla 18.</b> Combinaciones de bandas del sensor Rapideye para identificación de coberturas.....	56

	<b>Tabla 19.</b> Porcentaje de participación de coberturas en el nivel 1. ....	57
4	Bibliografía.....	61

# 1 INTRODUCCIÓN

El Programa Paisajes de Conservación financiado por la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) tiene como objetivo Fortalecer la capacidad institucional y la gobernabilidad en las áreas protegidas y sus zonas adyacentes para que en el largo plazo se logre la conservación de la diversidad natural y cultural, al mismo tiempo que se mejoren las condiciones de vida de las comunidades que habitan las áreas geográficas priorizadas, ha encontrado en la plataforma del Sistema Regional de Áreas Protegidas (SIRAP) un espacio importante para la aplicación de sus componentes de fortalecimiento institucional y gobernabilidad; el fortalecimiento del capital social y la participación comunitaria, enfocando sus esfuerzos para el Caribe colombiano en el ecosistema Bosque Seco Tropical.

Los bosques secos tropicales (Bs-T) están considerados entre los ecosistemas más amenazados en el mundo, incluso más que el bosque lluvioso tropical (Sánchez-Azofeifa et al. 2014), no obstante, su representación es pobre en parques nacionales y reservas biológicas protegidas (Sánchez-Azofeifa et al. 2005). Virtualmente, todos de los remanentes de Bs-T están actualmente expuestos a una variedad de amenazas, resultado mayormente de las actividades humanas (Miles et al. 2006). Por ejemplo, la deforestación para desarrollo del suelo y construcción de carreteras ha convertido dichas áreas que fueron una vez continuas y relativamente ininterrumpidas, en paisajes fragmentados de pequeños y grandes remanentes de bosque embebidos en matrices agrícolas y carreteras (Portillo-Quintero et al. 2014); la integración de criterios de conectividad ecológica en la planificación del conjunto territorial es fundamental para evitar que los parches funcionen como lugares inconexos, incapaces de actuar como nodos de redes ecológicas coherentes y de ejercer el papel de conservación para el que son designados (Carroll et al. 2004).

Como parte de la conservación de la biodiversidad Natural, el proyecto Paisajes de Conservación se enfoca en el mantenimiento de este ecosistema especialmente en la región Caribe; la estrategia de corredores de conectividad parece ser la más adecuada para un ecosistema altamente fragmentado y amenazado. Para ello y como una estrategia de conservación y restauración, se plantea este estudio que pretende identificar las zonas que tienen potencial para el establecimiento de corredores de conectividad entre los parches de bosque seco tropical existentes en la región Caribe.

Este documento contiene el procedimiento de acuerdo a la metodología Corine Land Cover para la clasificación de cuatro zonas del Caribe colombiano que se pueden identificar en el Gráfico 1, denominadas i) Atlántico –Bolívar, ii) Montes de María, iii) Rio Gaira y iv) Paladines – Rio Seco, esta última a escala 1:25.000 y las demás a escala 1:100.000. Adicionalmente se realiza el análisis de conectividad entre los ecosistemas de Bosque Seco Denso presente en la zona de estudio, con aquellos bosques que han sido fragmentados a partir de una análisis de costo distancia en el que se pondera la cobertura de la tierra y las obras de infraestructura dentro de una capa de impedancia o resistencia.



## 2 MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES

#### **Bosque seco tropical**

Los bosques secos tropicales (Bs-T) están considerados entre los ecosistemas más amenazados en el mundo, incluso más que el bosque lluvioso tropical (Sánchez-Azofeifa et al. 2014), no obstante, su representación es pobre en parques nacionales y reservas biológicas protegidas (Sánchez-Azofeifa et al. 2005). Virtualmente, todos de los remanentes de Bs-T están actualmente expuestos a una variedad de amenazas, resultado mayormente de las actividades humanas (Miles et al. 2006). Por ejemplo, la deforestación para desarrollo del suelo y construcción de carreteras ha convertido dichas áreas que fueron una vez continuas y relativamente ininterrumpidas, en paisajes fragmentados de pequeños y grandes remanentes de bosque embebidos en matrices agrícolas y carreteras (Portillo-Quintero et al. 2014).

A nivel continental, se estima que al menos 60 % de su superficie total está actualmente extinta y se mantienen remanentes de bosque que experimentan altos niveles de fragmentación (Sánchez-Azofeifa et al. 2014). La extensión del bosque seco tropical hoy en día se calcula en 519.597 km<sup>2</sup>, de las cuales el 39 % ocurre en Norteamérica, 51% en sur América y 9 % en las islas del Caribe. Ahora bien, por países, México con 38 % es el que posee la mayor extensión y número de ecoregiones que cualquier otro país (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010).

En el caso de Colombia, para el año 2010 se estimó que existía un remanente de 735.514 ha distribuidas mayormente en la planicie Caribe (IAVH et al. 2011, IAVH 1998), donde los procesos de praderización para el periodo 2005-2010 mostraron una participación que superó el 50% (IAVH et al. 2011). Dichas condiciones hacen que el bosque seco en Colombia sea considerado como altamente vulnerable (Miles et al. 2006). Sin embargo, su protección en el sistema de áreas protegidas es pobre, ya que, únicamente un 5.1 % de su cobertura en Colombia se encuentra protegida (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010).

Así mismo, en Colombia para el año 2010, se determinó que aproximadamente el 80% de los fragmentos encontrados tenían más de 10 km<sup>2</sup>, mientras ca. un 10 % estaba asociado a tamaños entre 2.5 km<sup>2</sup> y 10 km<sup>2</sup>; y el porcentaje restante a relictos menores a 2.5 km<sup>2</sup> (Portillo-Quintero & Sánchez-Azofeifa 2010). Si bien, estos datos hacen parte de análisis internacionales, para nuestro país el área real de cobertura de bosque aún permanece desconocida, especialmente en paisajes heterogéneos dominados por una matriz agrícola (Fernández-Méndez et al. 2014).

En términos de fauna y flora asociada a este tipo de ecosistema, se considera que los remanentes existentes de bosques secos tropicales en la región Caribe colombiana, presentan grupos y ensamblajes de especies particulares y que en las unidades de conservación existentes, no están representadas la totalidad de las especies típicas de este ecosistema. Esto le confiere gran importancia a cada remanente existente si se busca conservar una muestra representativa del bosque seco tropical en Colombia (IAVH 1998).

En este sentido, las iniciativas que busquen conservar o mejorar la conectividad de este tipo de bosque son necesarias para su preservación y por lo tanto para todas aquellas especies de fauna y flora que los habitan. Ahora bien, para plantear un análisis de conectividad para Bs-T existen algunas limitantes como el tipo de conectividad a analizar, estructural o funcional.

#### **Conectividad**

La conectividad del paisaje, entendida como aquella característica que facilita en mayor o menor medida los flujos ecológicos a través del territorio, se considera hoy en día parte central de las estrategias de conservación de la biodiversidad y una de las mejores respuestas para contribuir a mitigar los efectos negativos de la fragmentación de los hábitats y del cambio climático (De la Cruz & Maestre 2013, Saura et al. 2011a). Debe medirse en general como un aspecto funcional, es decir, dependiente de las distancias y capacidades de dispersión de la especie o especies analizadas, debido a que, un mismo conjunto de masas forestales distribuidas en el territorio puede ser percibido funcionalmente conexas por una especie con gran movilidad, pero como al altamente fragmentado por otra con capacidades de dispersión más limitada (Saura et al. 2011b).

Habitualmente un análisis de conectividad se centra, como muchos de los planes de conservación en general, en una o pocas especies (o grupos de especies funcionalmente similares), las más amenazadas, emblemáticas o consideradas como bioindicadoras en la región analizada (De la Cruz & Maestre 2013). Esta dependencia de la conectividad respecto a la especie o proceso introduce una complejidad adicional en este tipo de análisis, al ser potencialmente muy numerosas las especies (o procesos) de interés en un determinado espacio y escasa la información disponible sobre su dispersión, resultando difícil lidiar con las particularidades de cada una de ellas. Por ello, todavía la planificación operativa considera en algunos casos la conectividad desde un punto de vista estructural, como un enfoque simplificado en el que se tiene en cuenta la configuración y distribución espacial del hábitat en el paisaje sin relacionarla ni con unas capacidades de dispersión ni con una especie o proceso concreto. En este sentido, normalmente se considera que la continuidad física (estructural) del hábitat garantizará la conectividad para las especies menos móviles y más sensibles a los efectos de la fragmentación, y una vez garantizada la posibilidad de dispersión de éstas, se asume que también quedará asegurada para el resto de especies con mayores capacidades de movimiento (De la Cruz & Maestre 2013).

En este orden de ideas, en este caso lo idóneo es hablar de conectividad estructural, dado que aunque el presente trabajo cuenta con un análisis de la cobertura de la tierra, faltan elementos claves para hablar de conectividad funcional, tales como las respectivas capacidades de dispersión de las especies más importantes evaluadas para la zona, que para un ejercicio de este tipo, podría estar enfocado a especies vectoras de semillas de especies vegetales presentes en este tipo de bosques, tales como aves y murciélagos.

### **Coberturas de la Tierra**

Corine Land Cover es el proyecto de cobertura de la tierra desarrollado dentro del programa CORINE (Coordination of Information on the Environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea, que definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra (EEA, 2007).

La base de datos CLC constituye un soporte para la toma de decisiones en políticas relacionadas con el medio ambiente y el ordenamiento territorial, Corine Land Cover es un inventario homogéneo de la ocupación (Cobertura) de la tierra en escalas de trabajo definidas por el usuario de la metodología y que va desde escala muy general 500.000 hasta escalas grandes 10.000; aunque para Colombia hasta el momento solamente se ha adecuado la clasificación a escala máxima 1:25.000.

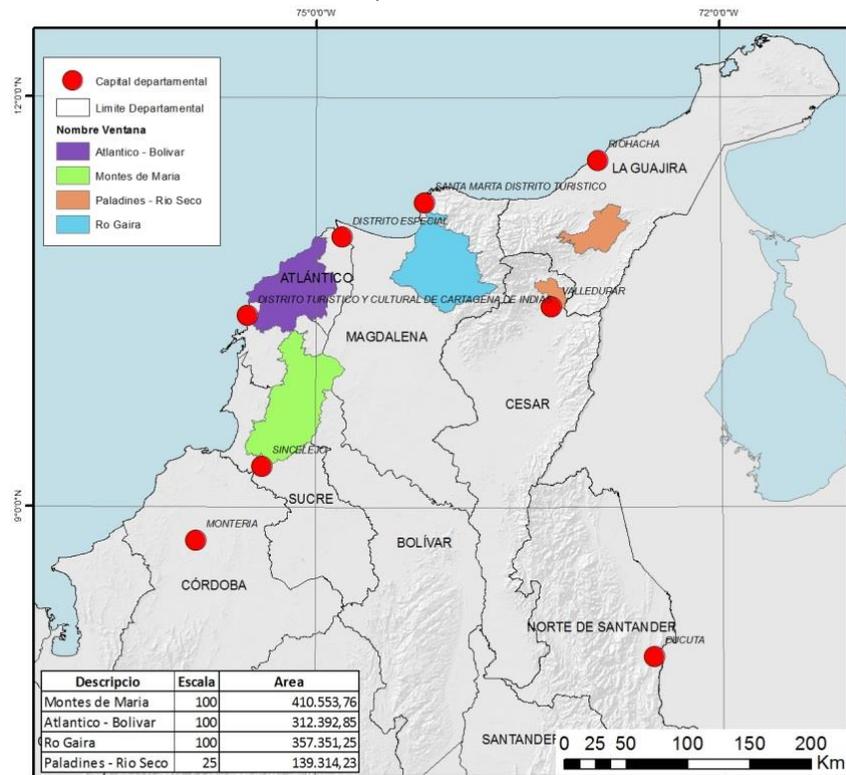
La metodología utilizada se basa en la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador, con el objeto de generar una base de datos geográfica utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG); El proceso de adopción estandarización de la metodología y la leyenda de coberturas terrestres de Colombia, inició desde el año 2004 con la adaptación a nivel nacional de la metodología europea CORINE Land Cover - CLC (IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA, 2008); este proceso surge como respuesta a la necesidad que tenía el país de unificar y armonizar las diferentes metodologías y leyendas de cobertura terrestre empleadas hasta el momento, todo con el fin último de establecer un sistema de monitoreo que le permita generar

información actualizada, confiable y trazable; dado que la amplia variabilidad de sistemas de clasificación no lo permitían

## 2.2 ÁREA DE ESTUDIO

Se encuentra ubicada en la región Caribe colombiana, e incluye la serranía del Perijá, los montes de María y la Sierra Nevada de Santa Marta como las elevaciones más destacadas y los complejos cenagosos del río Magdalena-Cauca.

Las cuatro ventanas de análisis detallado se pueden identificar en el Gráfico 1, denominadas Atlántico – Bolívar, Montes de María, Paladines – Río Seco y Río Gaira.



**Gráfico 1.** Localización del área de estudio

Su descripción geográfica es la siguiente: i) comprende las cabeceras municipales Ciénaga, Pueblo viejo, Zona bananera (prado Sevilla), y los corregimientos de Orihueca, Varela, Río frío, Santa Rosalia, Palomar, La gran vía, Sevillano, Guacamayal y Palmar denominada **Río Gaira**, ii), La denominada **Atlántico-Bolívar**, que comprende los municipios de Santa Rosa, Turbaco, Villanueva, San Estanislao, Clemencia y Santa Catalina en el departamento de Bolívar, y Luruaco, Repelón, Pijó, Juan de Acosta, Usiacurí, Tubará, Sabanalarga, Manatí y Cartagena de Indias del departamento de Atlántico iii) en los municipios de Tolviejo, Ovejas, Morroa, Los Palmitos del departamento de Sucre y, San Jacinto, Carmen de Bolívar San Juan Nepomuceno, EL Guamo y Mahates en el departamento de Bolívar, ventana denominada **Montes de María**, iv) y por último la ventana de mayor detalle (1:25.000) denominada **Paladines-Río Seco**, que engloba las sub-cuencas de los ríos Guatapuri y Río Rancherías de sus afluentes Paladines y Río Seco en los departamentos de La Guajira y Cesar

## 2.3 METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología utilizada se basa en la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador, con el objeto de generar una base de datos geográfica utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). El proceso de adopción estandarización de la metodología y la leyenda de coberturas terrestres de Colombia, inició desde el año 2004 con la adaptación a nivel nacional de la metodología europea CORINE Land Cover - CLC (IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA, 2008) (Ver Tabla 1); este proceso surge como respuesta a la necesidad que tenía el país de unificar y armonizar las diferentes metodologías y leyendas de cobertura terrestre empleadas hasta el momento, todo con el fin último de establecer un sistema de monitoreo que le permita generar información actualizada, confiable y trazable; dado que la amplia variabilidad de sistemas de clasificación no lo permitían.

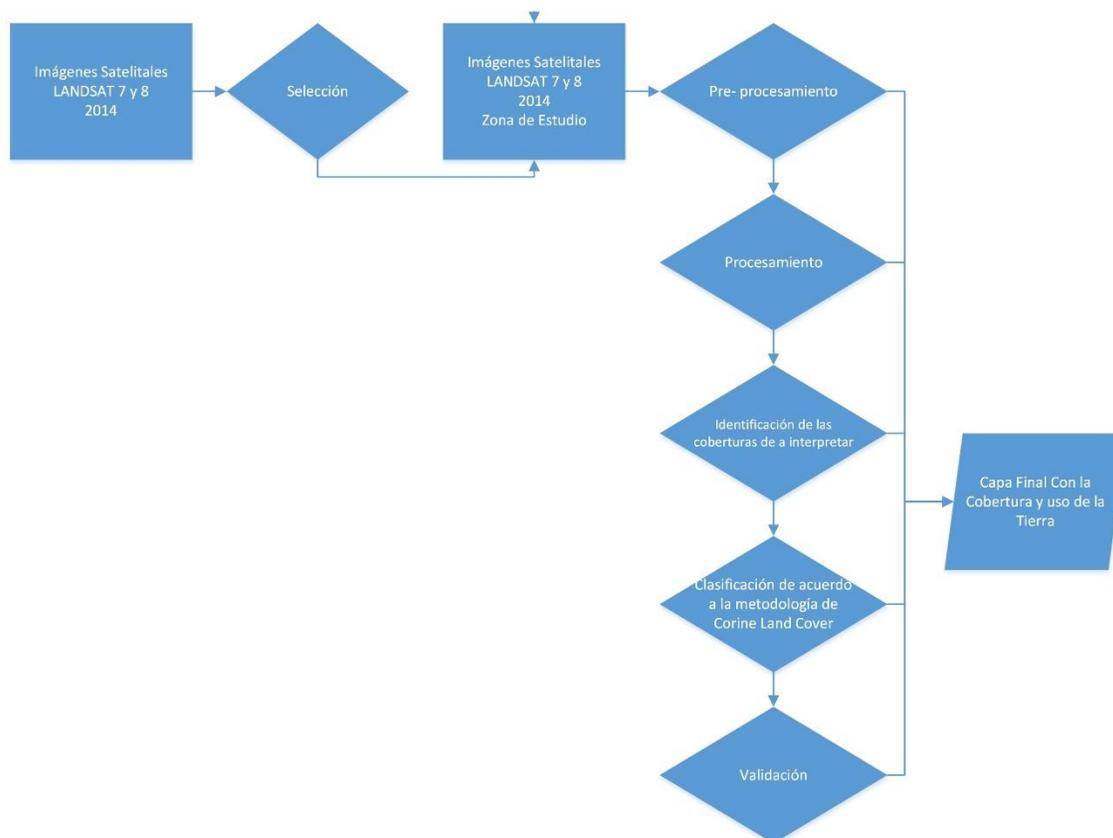
**Tabla 1.** Unidades de coberturas de la tierra para la leyenda nacional escala 1.100.000, de acuerdo con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia.

LEYENDA NACIONAL DE COBERTURAS DE LA TIERRA - COLOMBIA	
<b>1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS</b>	<b>3. BOSQUES Y ÁREAS SEMI-NATURALES</b>
<b>1.1. Zonas urbanizadas</b>	<b>3.1. Bosques</b>
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1. Bosque denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme
<b>1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación</b>	3.1.1.2. Bosque denso alto inundable
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme
1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.2. Bosque abierto
1.2.4. Aeropuertos	3.1.2.1. Bosque abierto alto de tierra firme
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.2. Bosque abierto alto inundable
<b>1.3. Zonas de extracción minera y escombreras</b>	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable
1.3.2. Zonas de disposición de residuos	3.1.3. Bosque fragmentado
<b>1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas</b>	3.1.4. Bosque de galería y ripario
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.1.5. Plantación forestal
1.4.2. Instalaciones recreativas	<b>3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva</b>
<b>2. TERRITORIOS AGRÍCOLAS</b>	3.2.1.1. Herbazal denso
<b>2.1. Cultivos transitorios</b>	3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
2.1.1. Otros cultivos transitorios	3.2.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
2.1.2. Cereales	3.2.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	3.2.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
2.1.4. Hortalizas	3.2.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado
2.1.5. Tubérculos	3.2.1.2.3. Arracachal
<b>2.2. Cultivos permanentes</b>	3.2.1.2.4. Helechal
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.2.5. Helechal
2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	3.2.1.3. Herbazal abierto
2.2.1.2. Caña	3.2.1.3.1. Herbazal abierto arenoso
2.2.1.3. Plátano y banano	3.2.1.3.2. Herbazal abierto rocoso
2.2.1.4. Tabaco	3.2.2.1. Arbustal denso
2.2.1.5. Papaya	3.2.2.2. Arbustal abierto
2.2.1.6. Amapola	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	<b>3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación</b>
2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3.3.1. Zonas arenosas naturales
2.2.2.2. Café	3.3.2. Afloramientos rocosos
2.2.2.3. Cacao	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas
2.2.2.4. Viñedos	3.3.4. Zonas quemadas
2.2.2.5. Coca	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	<b>4. AREAS HUMEDAS</b>
2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	<b>4.1. Áreas húmedas continentales</b>
2.2.3.2. Palma de aceite	4.1.1. Zonas Pantanosas
2.2.3.3. Cítricos	4.1.2. Turberas
2.2.3.4. Mango	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.4. Cultivos agroforestales	<b>4.2. Áreas húmedas costeras</b>
2.2.5. Cultivos confinados	4.2.1. Pantanos costeros
<b>2.3. Pastos</b>	4.2.2. Salitral
2.3.1. Pastos limpios	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
2.3.2. Pastos arbolados	<b>5. SUPERFICIES DE AGUA</b>
2.3.3. Pastos enmalezados	<b>5.1. Aguas continentales</b>
<b>2.4. Áreas agrícolas heterogéneas</b>	5.1.1. Ríos (50 m)
2.4.1. Mosaico de cultivos	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	5.1.3. Canales
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	<b>5.2. Aguas marítimas</b>
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	5.2.1. Lagunas costeras
	5.2.2. Mares y océanos
	5.2.3. Estanques para acuicultura marina

Corine Land Cover es el proyecto de cobertura de la tierra desarrollado dentro del programa CORINE (Coordination of Information on the Environment) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea, que definió una metodología específica para realizar el inventario de la cobertura de la tierra (EEA, 2007).

## 2.4 ELABORACIÓN DE LA CAPA DE COBERTURA DE LA TIERRA ESCALA 1:100.000.

Para el desarrollo de la cobertura y uso de la tierra de la zona de estudio, bajo el esquema CORINE LAND COVER. Para ello, se desarrollaron diferentes procedimientos en el marco de la teoría del procesamiento Digital de Imágenes, aprovechando así la información espectral contenida en las imágenes Landsat. El Gráfico 2 contiene la metodología empleada para el procesamiento de las escenas Landsat.



**Gráfico 2.** Marco de procedimientos desarrollados para la Cobertura Corine Land Cover.

### 2.4.1 DESCARGA DE IMÁGENES.

Para cubrir toda la zona de estudio, se realizó la consulta en el servidor gratuito “USGS Global Visualization Viewer (GloVis)”<sup>1</sup> del servicio Geológico de los Estados Unidos. En este portal se puede consultar a partir de una retícula uniforme, el cubrimiento de las diferentes escenas Landsat 8 y sus características (ver Tabla 3).

Se descargaron y procesaron las siguientes imágenes (Tabla 2):

<sup>1</sup> Disponible <http://glovis.usgs.gov/>

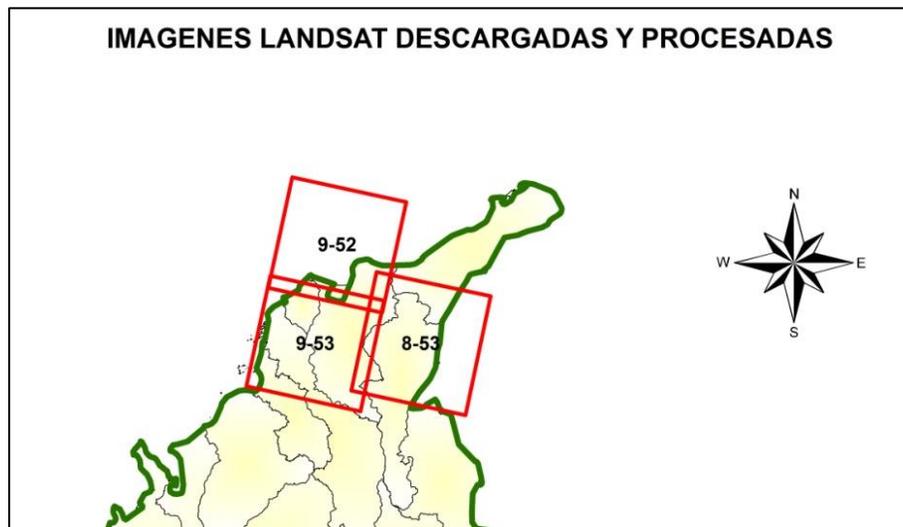
Ventana	Escena	Fecha (dd-mm-yyyy)	Nubes
Atlantico Bolivar	953	23-12-2013	0.06 %
Montes de María	953	09-02-2014	0 %
Rio Gaira	853-	02-02-2014	4%
	952-	29-03-2014	1%
	953	29-03-2014	0%

**Tabla 2.** Listado de imágenes LANDSAT 8 descargadas y procesadas

Entre los parámetros para la selección de imágenes se tiene:

1. Cubrimiento de la zona: Se realizó la descarga de las siguientes escenas para cada una de las tres zonas interpretadas con esta metodología a escala 1:100.000:

**Gráfico 3.** Cubrimiento de las escenas Landsat en la zona de estudio.



2. Porcentaje de nubes menor al 10%: En general las imágenes presentaban un cubrimiento de nubes y de sombras muy bajo en la zona de estudio, siendo óptimas para la clasificación.
3. Año de Captura: 2013 y 2014.
4. Resolución espacial: 30 metros

El tipo de imagen utilizada para el proceso de clasificación fue una imagen LANDSAT 8 la cual cuenta con un total de once (11) bandas, entre multiespectrales, pancromáticas y térmicas, capturadas por dos instrumentos de barrido denominados Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS), con resoluciones espaciales desde 15 m hasta 100 m, aunque la mayoría de bandas poseen 30 m, y un tamaño aproximado de escena de 183 Km<sup>2</sup> (Tabla 3).

Landsat 8	Bandaas	Longitud de Onda (micrometros)	Resolución (metros)
Operational Land Imager (OLI)	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda 5 - Infrarojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Banda 10 - Infrarojo Termico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	Banda 11 - Infrarojo Termico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

**Tabla 3.** Características de Las imágenes Satelitales Landsat 8.

#### 2.4.2 PRE-PROCESAMIENTO

En este proceso se realiza la conversión de niveles digitales a Reflectancia. La información cruda que se encuentra en las imágenes satelitales, no representan directamente alguna variable biofísica, por lo cual no es posible realizar análisis espectral del tipo de coberturas presentes en las mismas (UDFJDC., 2014)

Para este paso se utilizó el CLASlite 3.1<sup>2</sup> en su módulo “Calibración” en el siguiente orden:

- **Calibración radiométrica:** CLASlite utiliza factores de conversión para la calibración radiométrica suministrados por los proveedores de sensores satelitales. El resultado de la calibración radiométrica es una imagen en unidades de radiancia (vatios por metro cuadrado por unidad de ángulo sólido), esta energía es la que mide el sensor satelital con interferencias atmosféricas.
- **Corrección Atmosférica:** Para aplicar la corrección atmosférica, CLASlite usa el modelo 6S de transferencia radiativa que simula la atmósfera de la Tierra en cada imagen de satélite. 6S modela el efecto de la atmósfera en la luz solar a medida que pasa a través de la atmósfera, interactúa con la superficie terrestre y regresa a través de la misma al sensor satelital. La imagen cruda entonces se “corrige” removiendo el modelo estimado de la atmósfera, resultando en una imagen de reflectancia superficial.
- **Enmascaramiento:** Ningún sensor satelital puede coleccionar esta información de radiancia en la superficie terrestre a través de las nubes, o en las sombras causadas por los terrenos de alta pendiente. De esta forma, las nubes y sus sombras, así como las sombras del terreno deben enmascarse, o excluirse del análisis de la imagen. Éstas, así como los cuerpos de agua, se enmascaran automáticamente en cada imagen durante el paso de calibración en CLASlite.

#### 2.4.3 PROCESAMIENTO.

El procesamiento comprende la generación de una única imagen para la zona esta se realiza por medio de mosaicos donde se obtiene como resultado un 98% de la zona libre de nubes, adicionalmente se realizan mejoramientos de contraste y los demás procesos que permitan obtener una interpretación precisa de la zona (combinaciones de colores, índices, brillo, etc.).

<sup>2</sup> Disponible en <http://claslite.carnegiescience.edu/en/>

En la Tabla 4 se pueden detallar las combinaciones de banda que se usan para detectar determinadas coberturas en el proceso de interpretación.

APLICACIÓN	COMBINACIÓN
Color Natural	321
Vegetación	432
Agricultura	541
Vegetación Saludable	452
Tierra/agua	453

**Tabla 4.** Combinaciones de bandas del sensor Landsat 8 para identificación de coberturas.

#### 2.4.3.1 CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA:

Esta tipo de clasificación permite la identificación de aquellas coberturas que por su información espectral, son fácilmente caracterizables, como son los bosques y las zonas húmedas. El algoritmo utilizado fue ISODATA, con 30 clases. Tras un proceso de edición y de comparación visual con la imagen LANDSAT y otros insumos como son las imágenes de Google Earth, y coberturas como Bosque Seco (IAvH) y Corine 2009, se establecieron algunas coberturas “Gruesas”.

#### 2.4.3.2 CLASIFICACIÓN SUPERVISADA:

Para las coberturas de tipo mixto (e.g. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales) de desarrollo una clasificación supervisada con enfoque orientado a objetos. Este proceso parte del proceso de Segmentación en el que se realizan particiones de la imagen, de acuerdo a regiones homogéneas no superpuestas (Mitra et al. 2004).

Este análisis corresponde a zonas de características similares significativas, que representan las entidades y relaciones espaciales presentes de manera implícita; estos objetos guardan mayor concordancia con la realidad y la información contenida en las imágenes satelitales (Ardila, Espejo, & Herrera, 2005).

Para la identificación de objetos se tienen parámetros como tamaño, escala, color y forma de los mismos, que permiten una mejor agrupación de aquellos píxeles con valores digitales correlacionados. Adicionalmente se tiene en cuenta la variabilidad tanto espectral como en forma (Ardila, Espejo, & Herrera, 2005)

La **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** muestra el resultado del proceso de identificación de objetos a través de la segmentación. Posteriormente se hace una clasificación de los mismos para determinar las coberturas de interés.

#### 2.4.3.3 EDICIÓN

Para asegurar la consistencia lógica temática de la clasificación obtenida, es necesario realizar las correcciones manuales de los píxeles mal clasificados. Para ello el IDEAM (Cabrera et al., IDEAM, 2011) recomienda los siguientes procedimientos:

- Obtener aquellas zonas de bosque que fueron calculadas con los algoritmos de clasificación, y a partir de ellas generar una máscara.
- A partir de la máscara obtenida se realiza una clasificación no supervisada en la imagen en valores de reflectancia; este procedimiento permite identificar aquellas coberturas que tienen respuesta espectral similar al Bosque (e.g. Cultivos de Palma, vegetación en transición etc.) De igual manera permite identificar aquellos grupos de píxeles mal clasificados.

- Estas áreas identificadas en el proceso anterior, se tienen que recodificar en la leyenda de clasificación.

En algunos casos para la correcta identificación de clases se tuvo en cuenta el mapa de Bosque Seco 2014 desarrollado por IaVH<sup>3</sup>, el cual permitió resolver dudas con respecto a algunas zonas en el que los algoritmos presentaban otro resultado.

De igual manera para las zonas urbanas se tuvo en cuenta la capa de Centros Poblados del IGAC. Para los cultivos mixtos se tomó como referencia para la edición la capa CORINE 2009 producida por el IDEAM.

Por último, de acuerdo a las características de la información reportada en la cobertura CORINE, se eliminaron aquellas áreas menores a 25 ha.

## 2.5 IDENTIFICACIÓN DE RUTAS PARA LA CONECTIVIDAD ENTRE PARCHES DE BOSQUE SECO TROPICAL

La conectividad del paisaje es definida por Martínez (2013), como “La característica del paisaje que facilita los flujos ecológicos y el movimiento de los organismos a través del mismo”, depende de la configuración ecológica del medio, siendo el aspecto estructural del mismo ó según (Taylor et al. 1993, Tischendorf and Fahrig 2000) como el grado en que el paisaje facilita o impide el flujo o movimiento de organismos a través de parches para evaluar esta condición, se usó el modelo del menor costo/esfuerzo que es el método más popularmente usado (Adriansen et al. 2003) para medir distancia efectiva entre parches de hábitat y evaluar la conectividad de los paisajes existentes o posibles reservas (Meegan et al 2002). Para este ejercicio se tuvo en cuenta la identificación de los bosques secos discriminando en densos y aquellos en que se ha perdido la continuidad física.

Este análisis puede ser la base para el análisis de las causas en que una gran extensión de hábitat se transforma en un número indeterminado de ecosistemas mucho más pequeños separadas entre sí por otros tipos de cubierta (Martínez, 2013). Para ello se desarrolla un ejercicio de análisis espacial, en el que se involucran aquellas cubiertas que incentivan la fragmentación como es la minería, infraestructura civil y la expansión de la frontera agrícola.

Para el desarrollo del ejercicio se tienen los siguientes insumos de tipo geográfico:

- Capa de la Cobertura Corine Land Cover para el año 2014. Desarrollada en el marco de esta consultoría a partir de la interpretación de imágenes satelitales Landsat.
- Capa de vías desarrollada por el IGAC, Escala 1:100.000
- Capa de Drenajes Dobles y Sencillos del IGAC, Escala 1:100000
- Capa de ciénagas del IGAC a Escala 1:100000
- Capa de Títulos Mineros a Escala 1:100000.

### 2.5.1 CAPA DE RESISTENCIA A LA CONECTIVIDAD

Y básicamente se realizó mediante la identificación de rutas de menor costo entre las áreas boscosas, teniendo en cuenta la capa de resistencia (mapa que refleja el costo energético, o dificultad de movimiento a través de una celda y están determinados por las características de las mismas), una capa vectorial con los polígonos

---

<sup>3</sup> Disponible en <http://www.humboldt.org.co/>

que corresponden a cada uno de los parches de bosque y un archivo con las distancias euclidianas entre cada uno de los parches.

Mediante método heurístico de evaluación de experto, se establecieron los pesos de cada una de las coberturas para el desarrollo de la capa de coste, donde se tiene una escala de 1 a 1000, donde esta última corresponde aquellas coberturas que tienen mayor influencia en el fenómeno de fragmentación. **La ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** contiene los pesos asignados a la cobertura y uso del suelo, donde los Territorios Artificializados tienen el mayor peso dentro de la calificación y las zonas de Bosque y áreas seminaturales tienen un peso igual o cercano a 1. Los Títulos mineros tienen la calificación de 1000; Los drenajes dobles y sencillos al igual que las ciénagas tienen un peso de 1. Adicionalmente a estos últimos se les generó un área de influencia de 30 metros. Por último las vías con un área de influencia de 30 metros tienen calificación de 1000.

**Tabla 5.** Costos asociados a las categorías de la cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover.

Clasificación Cobertura	Peso
1.1.1. Tejido Urbano Continuo	1000
1.1.2. Tejido Urbano Discontinuo	900
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1000
1.3.1. Zonas de extracción minera	1000
1.4.2. Instalaciones recreativas	1000
2.1.1. Otros cultivos transitorios	900
2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	900
2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	900
2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	900
2.3.1. Pastos limpios	900
2.3.2. Pastos arbolados	800
2.3.3. Pastos enmalezados	800
2.4.1. Mosaico de cultivos	900
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1000
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios natu	600
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	600
2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	500
3.1.1. Bosque denso	1
3.1.2. Bosque abierto	1
3.1.3. Bosque fragmentado	1
3.1.4. Bosque de galería y rípario	1

3.2.1. Herbazal	1
3.2.2. Arbustal	1
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	100
3.3.1. Zonas arenosas naturales	900
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	900
4.1.1. Zonas Pantanosas	1
4.1.3. Vegetación acuática sobre	1
5.1.1. Ríos (50 m)	1
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas	1
5.2.1. Lagunas costeras	1
NUBES	1000

Para el análisis final de rutas de conectividad y con el interés de identificar futuras estrategias para el establecimiento de estos corredores o la afectación que podrían estar generando algunos factores perturbadores de la naturalidad de las coberturas, se evaluaron tres escenarios en los cuales se varía el valor de la resistencia así:

#### 2.5.1.1 ESCENARIO 1: PRIORIDAD EN AQUELLAS COBERTURAS CON MAYOR POTENCIAL DE CONSERVACIÓN.

Para el desarrollo de este escenario, se priorizaron aquellas áreas que ofrecen mayor potencial para la conservación y desarrollo de corredores de conectividad. En especial se da mayor valor (1) a las rondas de río, asumiendo que en las riberas se encuentran bosques de galería entre coberturas, que permiten el desarrollo de procesos de regeneración natural. Para la unión de las capas tipo ráster, se tuvo en cuenta la función “MÍX”, que permite tomar el menor valor, en las zonas donde se presentan sobreposiciones; a los valores de resistencia, también se les llama de impedancia.

#### 2.5.1.2 ESCENARIO 2. PRIORIDAD EN AQUELLAS COBERTURAS CON MENOR POTENCIAL DE CONSERVACIÓN.

En este ejercicio se tiene como punto de análisis aquellas zonas que tienen mayor potencial de fragmentación cómo son las vías y minería. Para el desarrollo de esta capa, se tuvo en cuenta la función “MÁX”, que permite tomar el mayor valor, en las zonas donde se presentan sobreposiciones entre las variables consideradas. Este criterio le da prioridad a las coberturas con mayor peso/resistencia, facilitando la identificación de los bosques fragmentados.

#### 2.5.1.3 ESCENARIO 3. INCLUSIÓN DE CULTIVOS PERMANENTES ARBÓREOS CÓMO COBERTURA CON POTENCIAL DE CORREDOR DE CONECTIVIDAD.

En este último ejercicio, se incluyó los cultivos permanentes arbóreos, que corresponden principalmente a los cultivos de palma, cómo zonas potenciales para el establecimiento de un corredor de conservación; este ejercicio es válido en la ventana del Río Gaira cuya zona de influencia tienen una gran proporción de zonas con cultivos de palma, en el cual existe la iniciativa de creación de corredores para la conectividad en este tipo de cultivos. En este sentido, para el desarrollo del análisis de costo distancia, estas áreas se tomaron cómo bosque destino, clasificándolo cómo un Bosque Fragmentado.

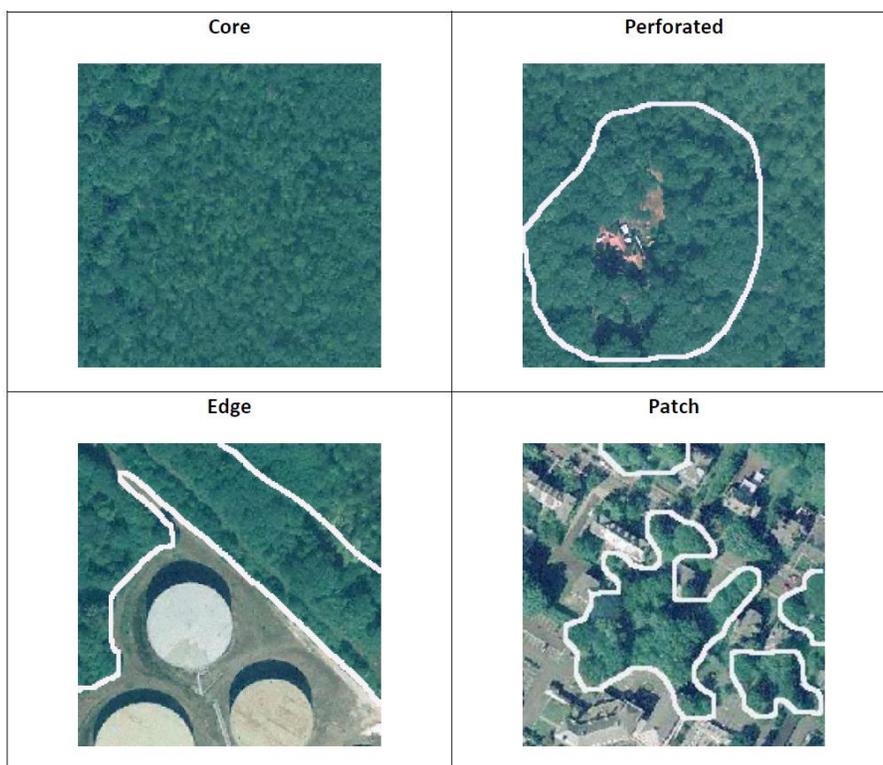
## 2.5.2 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE BOSQUE.

Para el desarrollo del análisis de Costo distancia se requiere una capa fuente que corresponde a los Bosques Densos y una capa de llegada que está compuesta por los Bosques Fragmentados. Para esta clasificación se siguió la metodología expuesta por Vogt *et al.* (2007). La herramienta con la cual se llevó a cabo la clasificación es el Aplicativo Landscape Fragmentation Tool (LFT) v2.0<sup>4</sup>. Esta metodología tiene en cuenta la forma y el tipo de los objetos por medio de técnicas de análisis espacial con operaciones lógicas como la unión, intersección, complemento y traslación. De igual manera las funciones de conectividad definidas con ocho y cuatro vecinos cercanos.

La herramienta hace la clasificación en cuatro categorías (Gráfico 4):

- Patch: Identifica los bosques fragmentados.
- Edge: Identifica los límites entre el Bosque y el No Bosque, siendo una zona que puede ser susceptible a la degradación por fragmentación.
- Perforated: Identifica los parches de No Bosque que se encuentran dentro de las zonas de Bosque
- Core: Identifica aquellas zonas de Bosque Denso.

**Gráfico 4.** Definición de las categorías por la herramienta LFT v 2.0 (Tomado de <http://clear.uconn.edu/%5C/tools/lft/lft2/method.htm>)



Para el funcionamiento de la herramienta se requiere un archivo tipo ráster temático con las siguientes categorías:

<sup>4</sup> Disponible en <http://clear.uconn.edu/%5C/tools/lft/lft2/index.htm>

- No Bosque = Identificados con la categoría 1.
- Bosque = Identificados con la categoría 2.
- Sin Información = Identificados con la categoría 0.

Entre los parámetros exigidos para la clasificación se tiene el “EDGE”, que es el umbral en metros que se considera cómo efecto de frontera, que es asociado a las áreas susceptibles a fragmentación. De acuerdo a la literatura se encontró que el mejor parámetro para el tipo de Bosque Seco es de 800 metros.

### 2.5.3 ANÁLISIS COSTO DISTANCIA.

De acuerdo a los análisis anteriores se desarrolló la capa de costo distancia permite determinar el menor costo de desplazamiento de acuerdo a una superficie de fricción (De Smith, Goodchild, & Longley, 2007). En otras palabras permite calcular la ruta menos costosa desde un origen determinado, para cada una de las celdas de una zona de estudio. La palabra costo puede definirse en este contexto cómo el tiempo de atravesar una superficie de fricción. Sin embargo, este costo puede generalizarse, de acuerdo al enfoque, al costo financiero de realizar un trayecto dado.

El costo distancia calcula para cada celda el menor costo acumulado de una sitio específico de fuente, sobre una superficie de impedancia. Esa superficie se determina a través de la espacialización de diversas variables que presentan resistencia al libre desplazamiento. Su cálculo es similar al cálculo de la distancia euclidiana; se tiene la variante en que se determina la distancia ponderada más corta o costo de viaje acumulado, desde cada una de las celdas de la zona de estudio hasta la localización de la fuente más cercana. Esta distancia esta expresada en unidades de costo, no en unidades geográficas (ESRI, 2013).

El algoritmo de cálculo es de propagación; con el aumento de los valores en todas de las direcciones en función de la resolución espacial de la información disponible. Se parte de la fuente y se va calculando paso a paso el incremento en el costo para cada una de las celdas adyacentes con el criterio de movimiento de Reina de Ajedrez (8 píxeles adyacentes). Seguidamente, de estos ocho píxeles se determina el de menor valor para continuar con las siguientes celdas y así sucesivamente hasta llegar al punto de interés (De Smith, Goodchild, & Longley, 2007).

### 2.5.4 CORREDORES DE CONECTIVIDAD.

A partir de los resultados anteriores, se desarrollaron los corredores de conectividad que en realidad son rutas que indican las distancias de menor costo para la conectividad entre parches de bosque o coberturas naturales por medio de la herramienta “cost path” de ArcGis.



Informe técnico de interpretación de coberturas y análisis de conectividad  
Orden de compra 115 de 2013

---

## 3 RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este acápite, se muestran los resultados de aplicar la metodología mencionada en el capítulo anterior; se recomienda al lector dentro del texto leer algunos apartes para entender mejor los resultados.

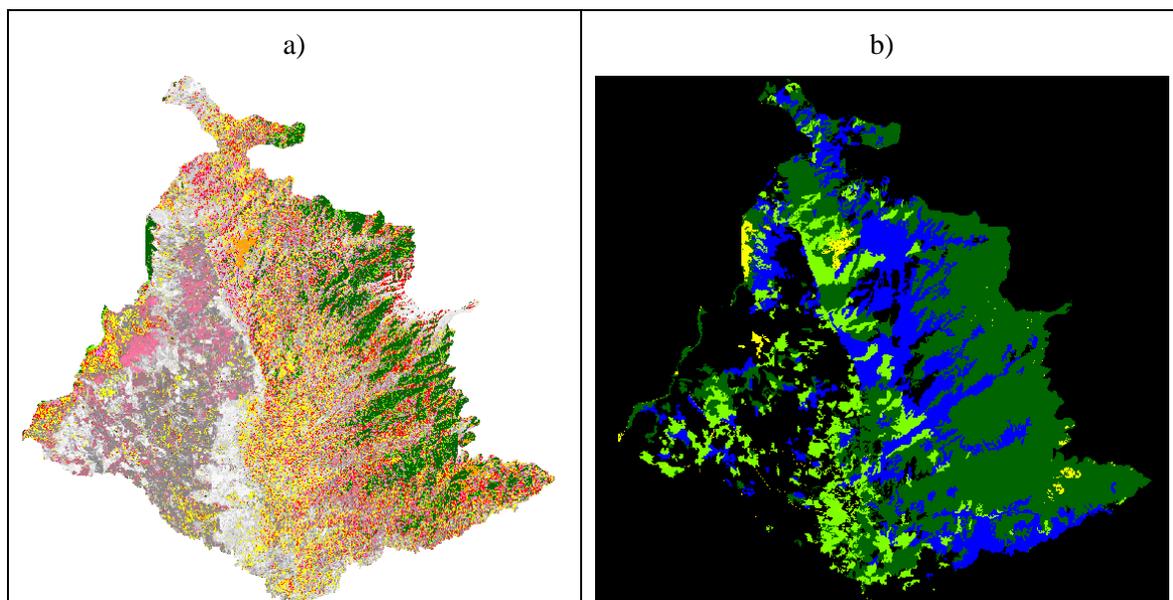
### 3.1 RIO GAIRA

#### 3.1.1 CLASIFICACIÓN DE COBERTURA DE LA TIERRA

##### 3.1.1.1 CLASIFICACIÓN NO SUPERVISADA

El Gráfico 5 contiene el resultado de la implementación del algoritmo anteriormente citado, donde se destaca la cobertura de Bosque denso bajo los tonos verdes. Tras un proceso de edición y de comparación visual con la imagen LANDSAT y otros insumos cómo son las imágenes de Google Earth, y coberturas cómo Bosque Seco (IAvH) y Corine 2009, es establecieron algunas coberturas “Gruesas” (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.b**).

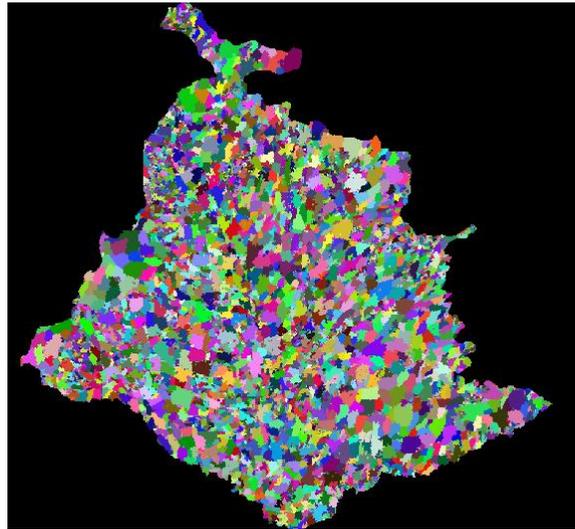
**Gráfico 5.** – Ventana Rio Gaira- Clasificación No Supervisada con 30 Clases



##### 3.1.1.2 SEGMENTACIÓN

El Gráfico 4 muestra el resultado del proceso de identificación de objetos a través de la segmentación. Posteriormente se hace una clasificación de los mismos para determinar las coberturas de interés.

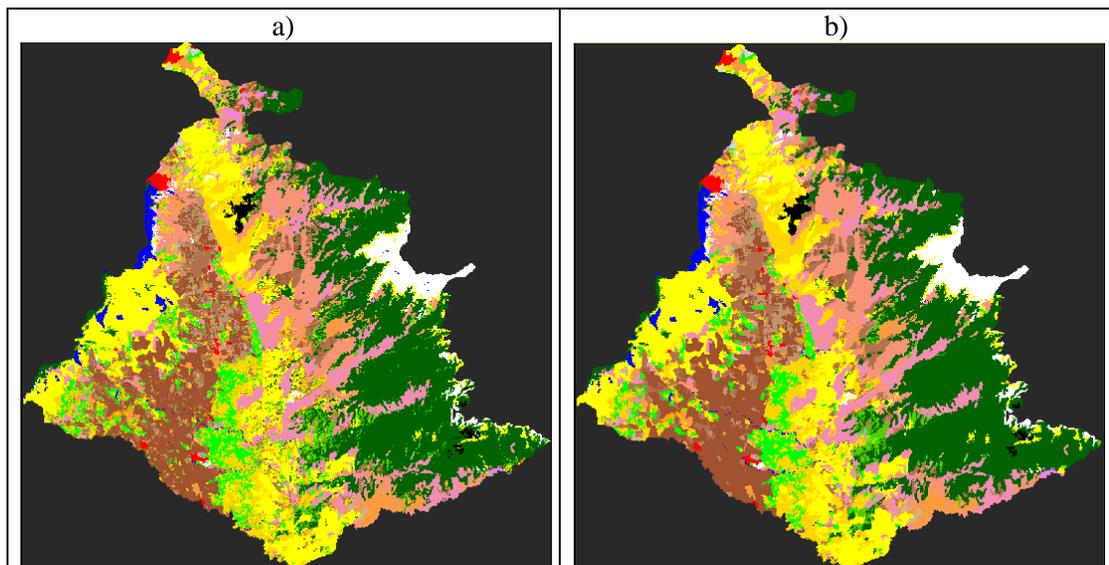
**Gráfico 6.** – Ventana Rio Gaira- Resultado de la Segmentación.



### 3.1.1.3 EDICIÓN

El Gráfico 7 muestra la interpretación cruda, donde se tienen diferentes zonas con áreas entre 1 y 25 ha. La parte b de la Figura muestra el resultado de la generalización hecha. Es notorio el cambio en la zona de cultivos (tonos café) donde se encuentran patrones más generales en la distribución de coberturas.

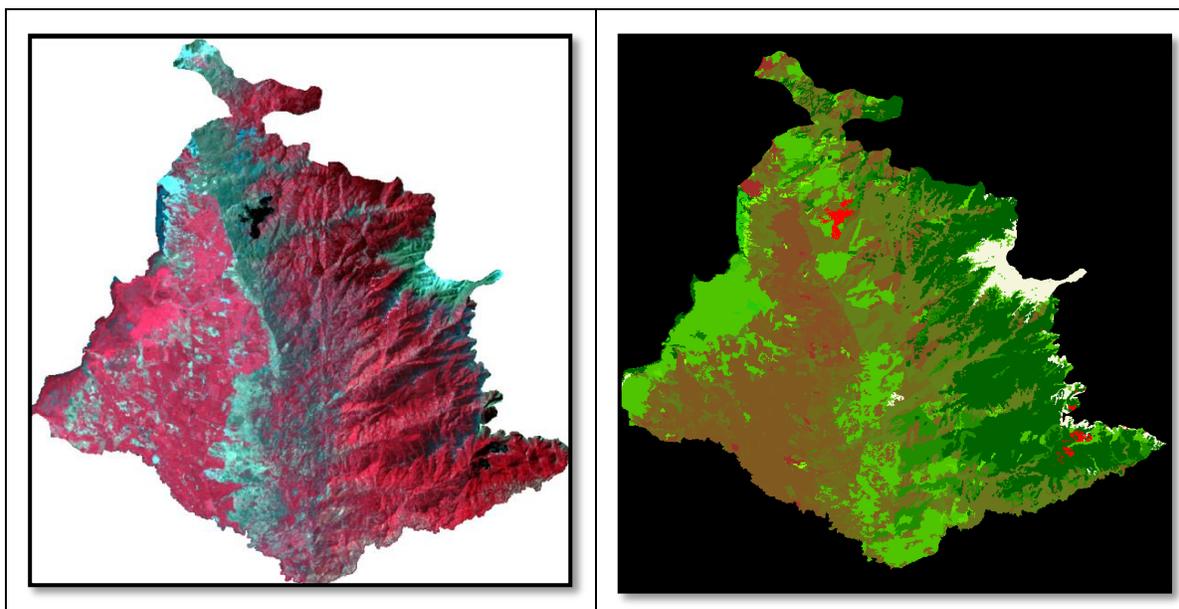
**Gráfico 7.** – Ventana Rio Gaira- Efecto de la depuración de áreas menores a 25 ha.



### 3.1.1.4 CUADROS DE ÁREAS

El Gráfico 8 muestra la composición de tres bandas, del mosaico obtenido a partir de tres diferentes escenas. De igual manera muestra la clasificación desarrollada a partir del procesamiento anteriormente citado

**Gráfico 8.** – Ventana Rio Gaira- Mosaico LANDSAT (Izquierda) e Interpretación de Coberturas (Derecha)



Entre las principales coberturas identificadas se tiene:

**Territorios Artificializados:** Comprende las áreas de las ciudades y las poblaciones y, aquellas áreas periféricas que: están siendo incorporadas a las zonas urbanas mediante un proceso gradual de urbanización o de cambio del uso del suelo hacia fines comerciales, industriales, de servicios y recreativos. La Tabla 6 contiene las áreas de cada una de las categorías presentes que cumplen con la descripción anterior.

**Tabla 6.** Cuadro de áreas para los territorios artificializadas<sup>5</sup>

<b>1. Territorios Artificializados</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje<sup>6</sup></b>
<b>1.1.1. Tejido Urbano Continuo</b>	2129,71	77,23%
<b>1.1.2. Tejido Urbano Discontinuo</b>	180,79	6,56%
<b>1.2.1. Zonas industriales o comerciales</b>	328,46	11,91%
<b>1.3.1. Zonas de extracción minera</b>	43,37	1,57%
<b>1.4.2. Instalaciones recreativas</b>	75,34	2,73%
<b>Total</b>	<b>2757,68</b>	

**Territorios Agrícolas:** Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales (Tabla 7), ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas.

<sup>5</sup> Las áreas reportadas en este documento fueron calculadas bajo la proyección UTM WGS84 Zona 18 Norte, que corresponde al sistema de referencia en el que vienen georeferenciadas las imágenes LANDSAT

<sup>6</sup> El porcentaje se calcula por el total de cada nivel 1.

**Tabla 7.** Tabla 1. Cuadro de áreas de los territorios Agrícolas

<b>2. Territorios Agrícolas</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>2.1.1. Otros cultivos transitorios</b>	519,30	0,28%
<b>2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos</b>	9183,19	4,98%
<b>2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos</b>	20231,10	10,96%
<b>2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos</b>	34048,24	18,45%
<b>2.3.1. Pastos limpios</b>	13803,14	7,48%
<b>2.3.2. Pastos arbolados</b>	143,28	0,08%
<b>2.3.3. Pastos enmalezados</b>	36480,65	19,76%
<b>2.4.1. Mosaico de cultivos</b>	525,27	0,28%
<b>2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos</b>	7444,95	4,03%
<b>2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios natu</b>	30859,01	16,72%
<b>2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales</b>	30229,73	16,38%
<b>2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales</b>	1112,06	0,60%
<b>Total general</b>	<b>184579,90</b>	<b>100,00%</b>

**Bosques y Áreas Seminaturales:** Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**); también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia de procesos naturales o inducidos de degradación.

**Tabla 8.** Cuadro de áreas de las zonas de Bosque y Seminaturales

<b>3. Bosques y Áreas Seminaturales</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>3.1.1. Bosque denso</b>	88342,10	53,77%
<b>3.1.3. Bosque fragmentado</b>	4485,62	2,73%
<b>3.1.4. Bosque de galería y rípario</b>	221,33	0,13%
<b>3.2.1. Herbazal</b>	10125,76	6,16%
<b>3.2.2. Arbustal</b>	57533,14	35,02%
<b>3.2.3. Vegetación secundaria o en transición</b>	2125,31	1,29%
<b>3.3.1. Zonas arenosas naturales</b>	261,54	0,16%
<b>3.3.3. Tierras desnudas y degradadas</b>	1198,60	0,73%
<b>Total general</b>	<b>164293,38</b>	<b>100,00%</b>

**Áreas Húmedas:** Comprende aquellas coberturas constituidas por terrenos anegadizos, que pueden ser temporalmente inundados y estar parcialmente cubiertos por vegetación acuática, localizados en los bordes marinos y al interior del continente (Tabla 9).

**Tabla 9.** Cuadro de áreas para las zonas húmedas

<b>4. Áreas Húmedas</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>4.1.1. Zonas Pantanosas</b>	1349,01	80,11%
<b>4.1.3. Vegetación acuática sobre</b>	334,96	19,89%
<b>Total general</b>	<b>1683,96</b>	<b>100,00%</b>

**Superficies de Agua:** Son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, localizados en el interior del continente y los que bordean o se encuentran adyacentes a la línea de costa continental (Tabla 10).

**Tabla 10.** Cuadro de áreas de las superficies de Agua.

<b>5. Superficies de Agua</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>5.1.1. Ríos (50 m)</b>	598,72	29,76%
<b>5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas</b>	1413,04	70,24%
<b>Total general</b>	<b>2011,76</b>	<b>100,00%</b>

En general la zona de estudio presenta una gran porción de cobertura Boscosa y áreas seminaturales, debido a la presencia de los ecosistemas de Bosque Seco y Bosque Denso de los extremos de la Sierra Nevada de Santa Marta. De igual manera los cultivos y territorios Agrícolas se presentan en gran proporción en municipios en la zona de sabana. La Tabla 11; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** contiene el porcentaje consolidado con respecto al total del área de estudio.

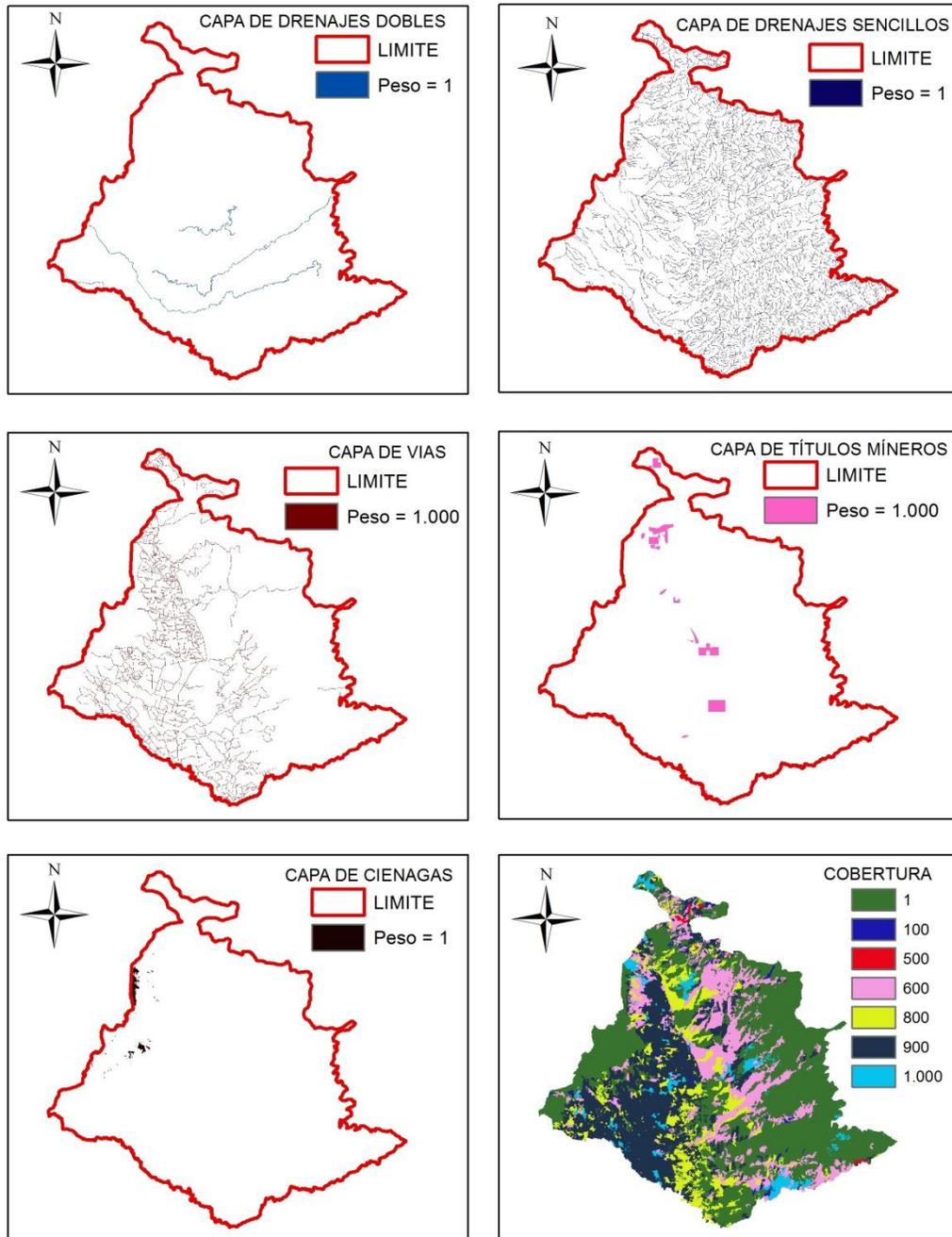
**Tabla 11.** Cuadro de áreas por cada una de las categorías del Nivel I de la leyenda Corine para la zona de estudio.

<b>Nivel 1</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>1. Territorios Artificializados</b>	2757,68	0,77%
<b>2. Territorios Agrícolas</b>	184579,90	51,68%
<b>3. Bosques y Áreas Seminaturales</b>	164293,38	46,00%
<b>4. Áreas Húmedas</b>	1683,96	0,47%
<b>5. Superficies de Agua</b>	2011,76	0,56%
<b>nubes</b>	1856,57	0,52%
<b>Total general</b>	<b>357183,26</b>	<b>100,00%</b>

### 3.1.2 CAPA DE RESISTENCIA A LA CONECTIVIDAD

Los insumos para la generación de las capas de resistencia/impedancia son mostrados gráficamente en el 0

**Gráfico 9.** Insumos utilizados para el desarrollo de la capa de costos.



Los anteriores insumos fueron convertidos a formato ráster (\*.img) teniendo en cuenta el atributo de Costo.

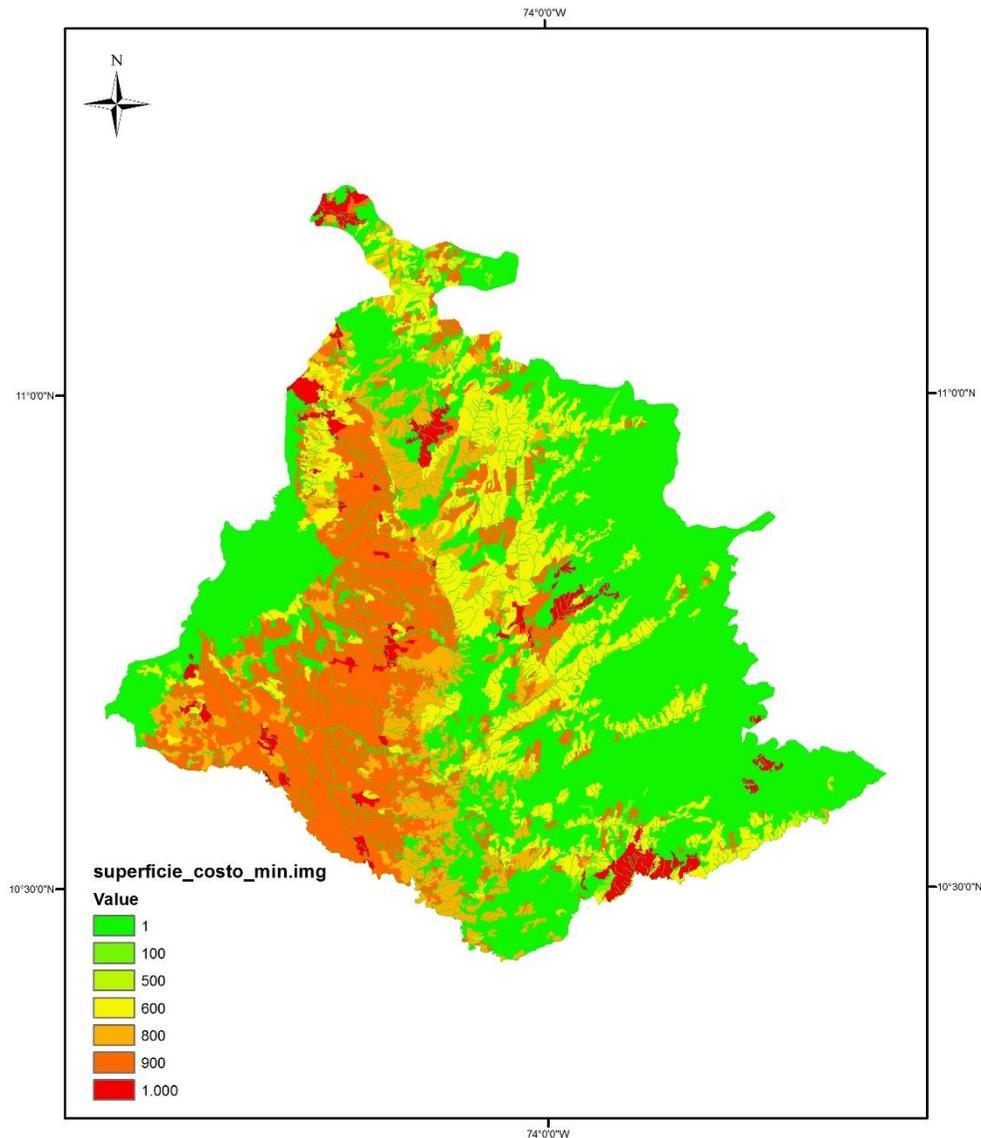
### 3.1.2.1 ESCENARIO 1

Para el desarrollo de este escenario, se priorizaron aquellas áreas que ofrecen mayor potencial para la conservación y desarrollo de corredores de conectividad. En especial se da mayor valor a las rondas de río,

asumiendo que en las riberas se encuentran bosques de galería entre coberturas, que permiten el desarrollo de procesos de regeneración natural.

Para la unión de las capas tipo ráster, se tuvo en cuenta la función “MÍX”, que permite tomar el menor valor, en las zonas donde se presentan sobreposiciones. El Gráfico 10 muestra la distribución final de las impedancias asociadas al fenómeno de fragmentación en el escenario 1.

**Gráfico 10.** Superficie Costo para el Escenario 1.

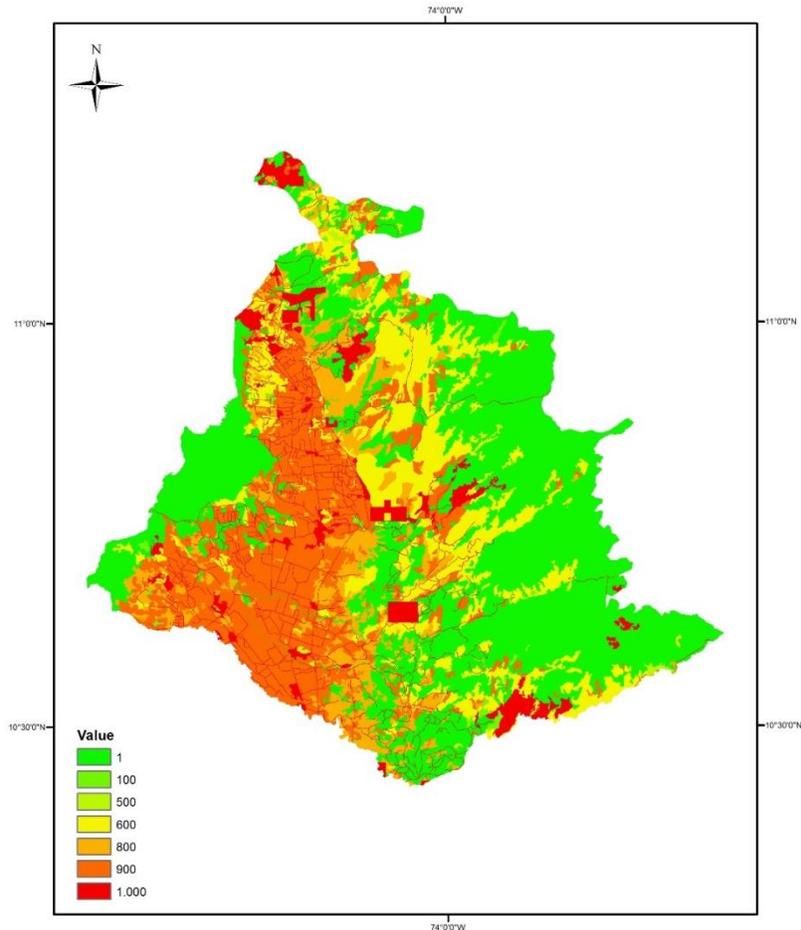


### 3.1.2.2 ESCENARIO 2. PRIORIDAD EN AQUELLAS COBERTURAS CON MENOR POTENCIAL DE CONSERVACIÓN.

En este ejercicio se tiene como punto de análisis aquellas zonas que tienen mayor potencial de fragmentación como son las vías y minería. Para el desarrollo de esta capa, se tuvo en cuenta la función “MÁX”, que permite tomar el mayor valor, en las zonas donde se presentan sobreposiciones entre las variables consideradas. Este

criterio le da prioridad a las coberturas con mayor peso, facilitando la identificación de los bosques fragmentados. El Gráfico 11 muestra la distribución final de las impedancias asociadas al fenómeno de fragmentación.

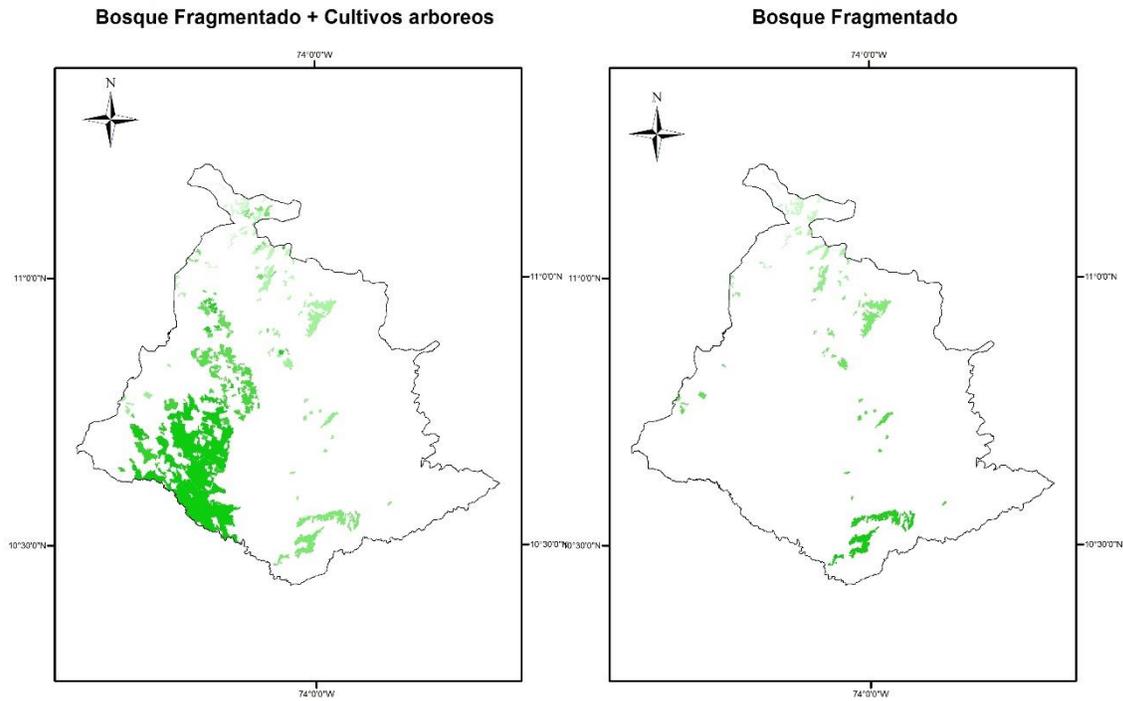
**Gráfico 11.** Superficie de Costo para el Escenario 3.



### 3.1.2.3 ESCENARIO 3. INCLUSIÓN DE CULTIVOS PERMANENTES ARBÓREOS COMO COBERTURA CON POTENCIAL DE CORREDOR DE CONECTIVIDAD.

En este último ejercicio, se incluyó los cultivos permanentes arbóreos, que corresponden principalmente a los cultivos de palma, como zonas potenciales para el establecimiento de un corredor de conservación. En este sentido, para el desarrollo del análisis de costo distancia, estas áreas se tomaron como bosque destino, clasificándolo como un Bosque Fragmentado (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Las capas de costo corresponden a las desarrolladas en los escenarios 1 y 2.

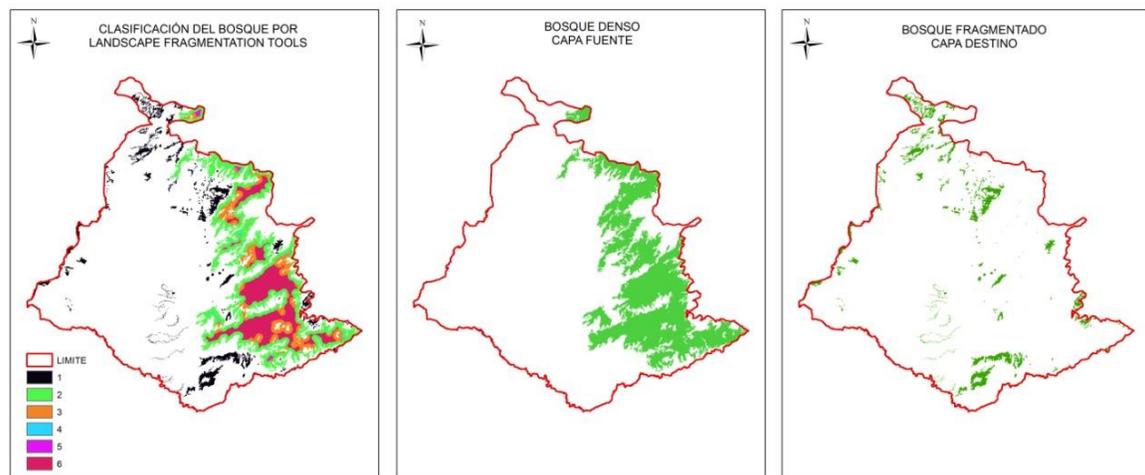
**Gráfico 12.** Comparación entre el Bosque Fragmentado y los cultivos arbóreos.



### 3.1.3 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE BOSQUE

Entre los parámetros exigidos para la clasificación se tiene el “EDGE”, que es el umbral en metros que se considera como efecto de frontera, que es asociado a las áreas susceptibles a fragmentación. De acuerdo a la literatura se encontró que el mejor parámetro para el tipo de Bosque Seco es de 800 metros. El Gráfico 13 muestra el resultado obtenido por medio de la metodología expuesta en el subcapítulo 2.5.2.

**Gráfico 13.** Clasificación del Bosque Seco y discriminación de capa Fuente y Capa destino.





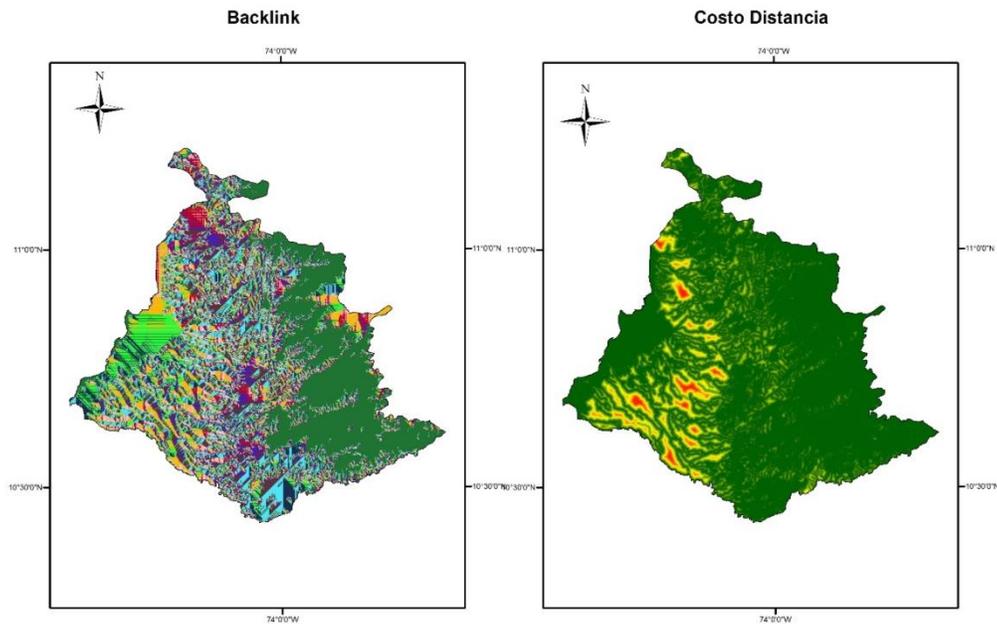
Informe técnico de interpretación de coberturas y análisis de conectividad  
Orden de compra 115 de 2013

---

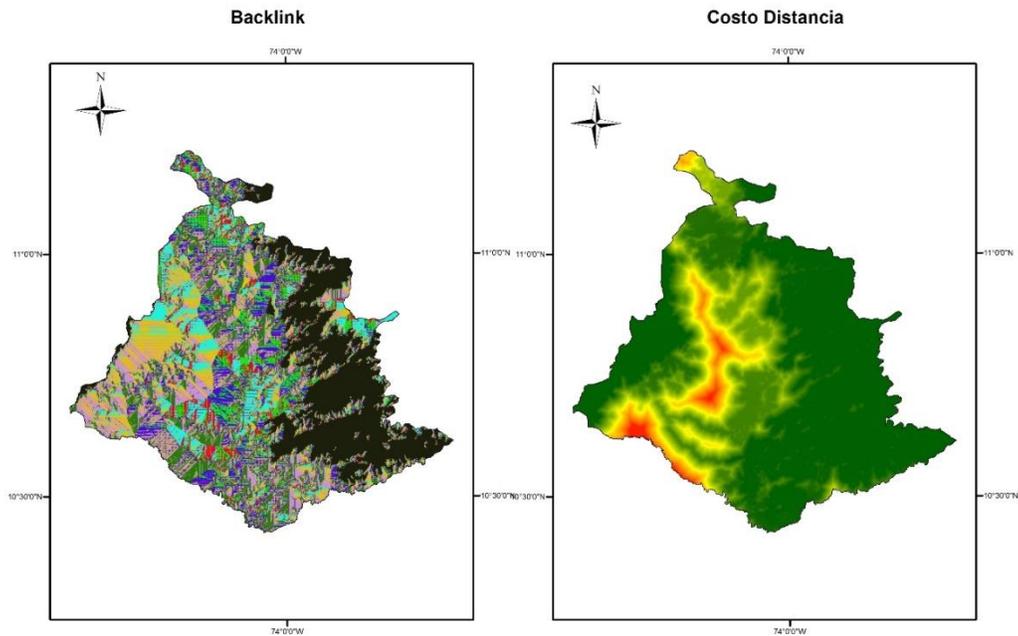
### 3.1.4 ANÁLISIS COSTO DISTANCIA

En los siguientes gráficos (Gráfico 14 y Gráfico 15) se muestran los resultados para las superficies de costo distancia para los escenarios 1 y 2. En el escenario 1 se encuentran mayor cantidad de zonas que son potenciales para establecer los corredores de conectividad dada la cantidad de ríos presentes en la zona. El escenario 2 es mucho más restringido debido a las vías y zonas de minerías incluidas en el análisis.

**Gráfico 14.** Resultado del costo distancia para el Escenario 1.



**Gráfico 15.** Resultado del costo distancia para el Escenario 2.

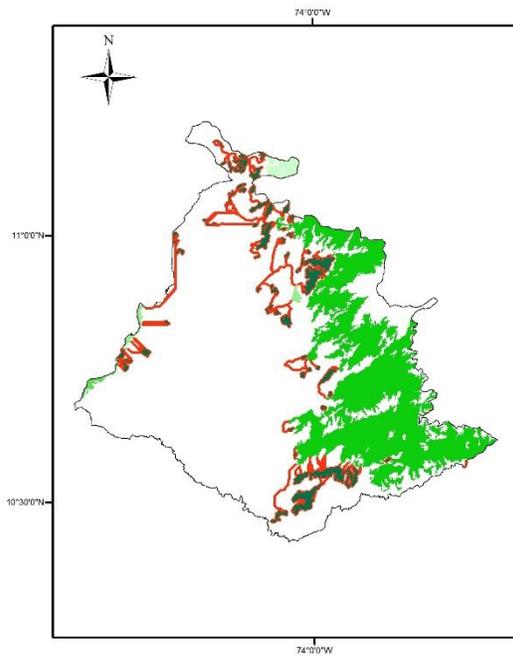


### 3.1.5 CORREDORES DE CONECTIVIDAD.

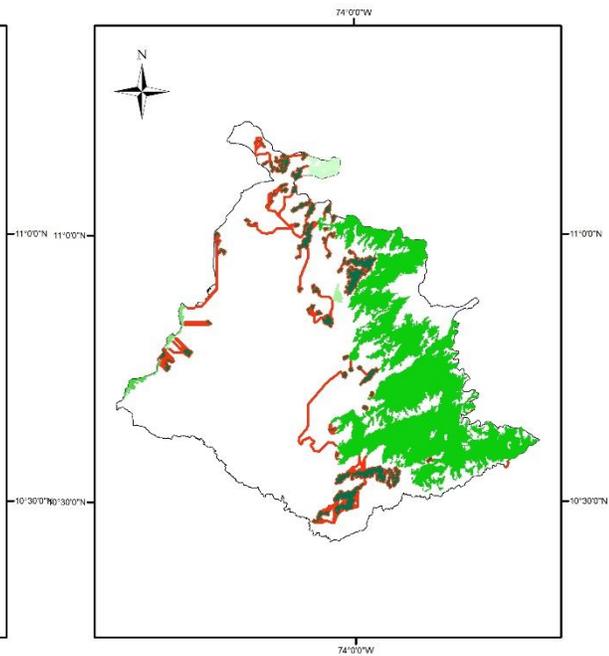
A partir de los resultados anteriores, se desarrollaron los corredores de conectividad por medio de la herramienta “cost path”, la cual calcula la ruta con menor costo. El Gráfico 16 contiene los resultados para los escenarios 1 y 2. A simple vista el escenario 1 cuenta con corredores de menor dimensión. El escenario 2 cuenta con corredores de mayor extensión siendo un factor a analizar en el momento de implementar políticas de conservación.

**Gráfico 16.** Resultados de los corredores de conectividad para los escenarios 1 y 2

**Corredor Conectividad Escenario 1**

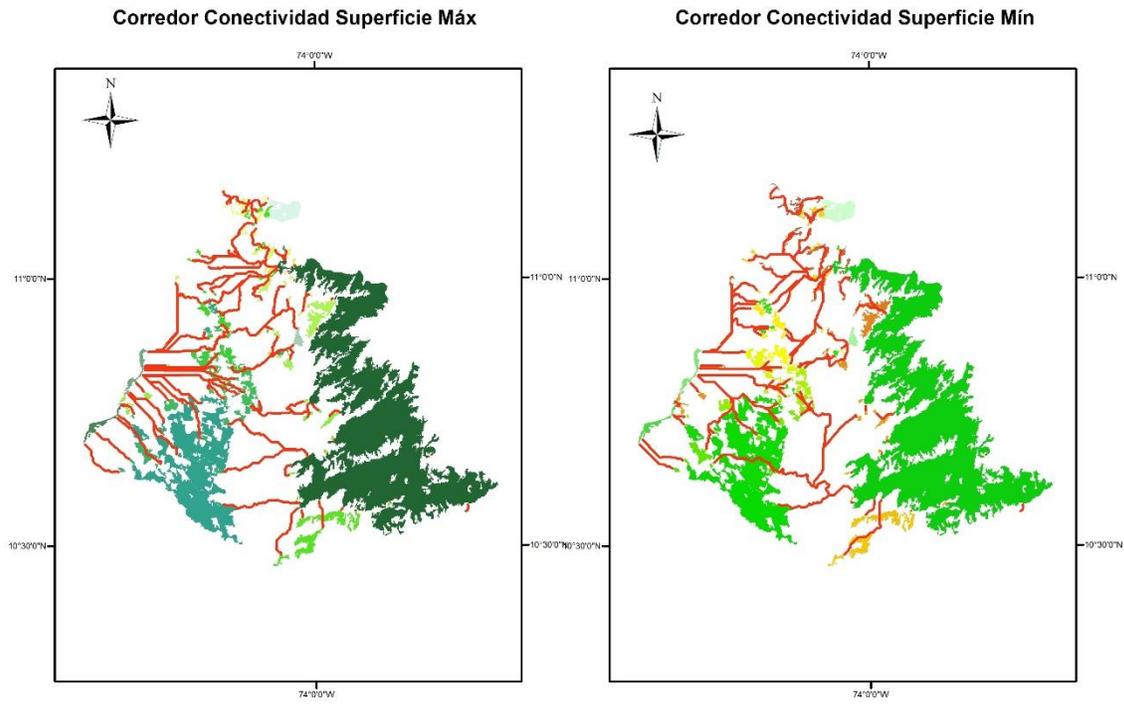


**Corredor Conectividad Escenario 2**



La 0 contiene los resultados de los corredores de conectividad para el escenario 3, para cada una de las superficies de costo (mín y máx), donde se incluyó cómo bosque destino las zonas cubiertas por cultivos arbóreos.

**Gráfico 17.** Resultados de los corredores de conectividad para el escenario 3.

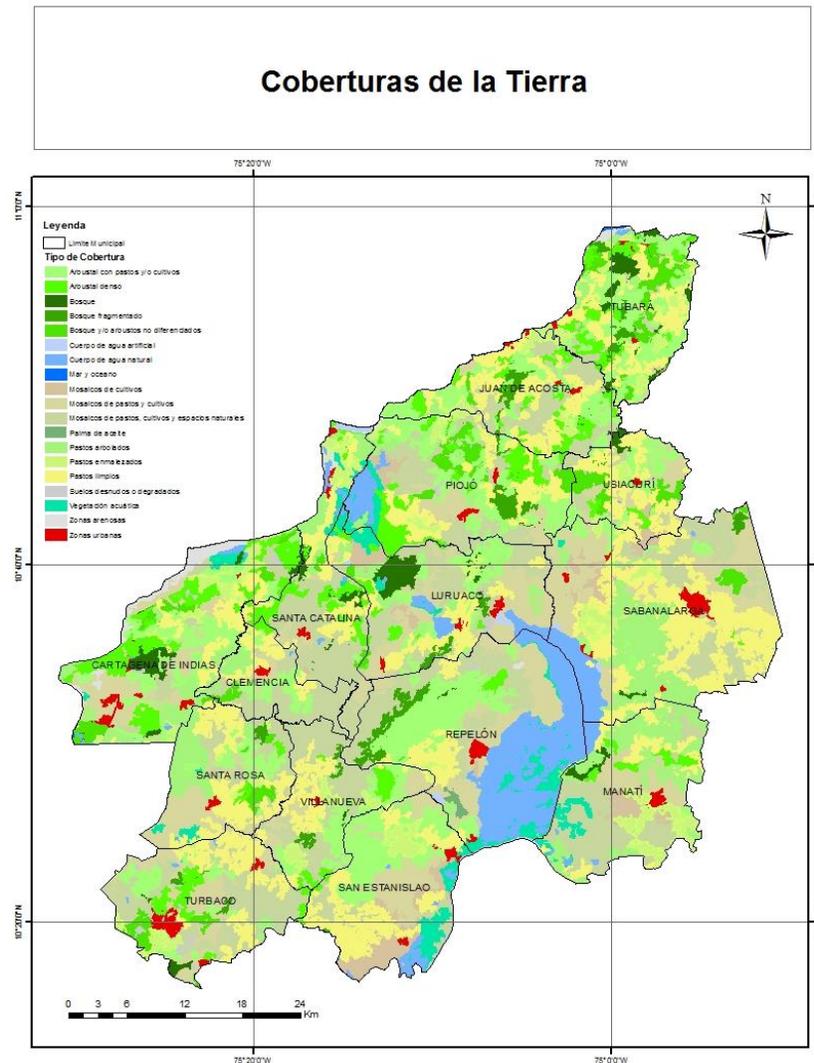


## 3.2 ATLANTICO – BOLIVAR

### 3.2.1 CLASIFICACIÓN DE COBERTURA DE LA TIERRA

Como principal resultado se obtuvo un capa shapefile con las 19 cubiertas biofísicas con asignación de área en terreno a cada una de ellas (Gráfico 18). Es de anotar que las coberturas fueron asociadas a una paleta de colores para mejorar la identificación visual de cada una de las coberturas de la tierra.

**Gráfico 18.** Cobertura de la tierra



En cuanto al área cubierta por cada una de las coberturas, se encontró que el tipo de cubierta biofísica que presentó mayor área fue “Mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales” con 693 Km<sup>2</sup>, aunque los pastos limpios también mostraron un valor alto si se tiene en cuenta que como cobertura única presentaron 460 km<sup>2</sup>, sumado a, que estuvieron agrupados en otras categoría, por tanto, el valor total podría ser más alto. Ahora bien, la cobertura con una menor área fue mares y océanos (0).

**Tabla 12.** Coberturas de la tierra para la ventana Atlántico - Bolívar.

<b>Cobertura de la Tierra</b>	<b>Area Km<sup>2</sup></b>
Bosque	73
Bosque fragmentado	47
Bosque y/o arbustos no diferenciados	92
Arbustal denso	177
Arbustal con pastos y/o cultivos	380
Pastos arbolados	170
Pastos enmalezados	107
Pastos limpios	460
Palma de aceite	3
Mosaicos de cultivos	89
Mosaicos de pastos y cultivos	506
Mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales	693
Vegetación acuática	80
Suelos desnudos o degradados	11
Zonas urbanas	44
Zonas arenosas	23
Cuerpo de agua artificial	6
Cuerpo de agua natural	158
Mar y oceano	1
<b>Total general</b>	<b>3120</b>

Por otro lado, en cuanto al análisis de paisaje se encontró que la cobertura de bosque presenta un porcentaje bajo en relación a todo el paisaje, como se mostró anteriormente, con respecto a otras coberturas como los mosaicos de pastos o pastos limpios. El porcentaje que ocupa el parche más grande es únicamente un 0.5 %, mientras el área promedio de los parches es de  $176 \pm 272.1$  ha (promedio  $\pm$  desviación estándar). Con respecto a la forma, estos parches presentan una relación promedio de  $164 \pm 133.4$  m/m<sup>2</sup> que al igual que al caso anterior es más baja con respecto a la encontrada en pastos limpios y que básicamente muestra como dichos parches en general presentan formas muy irregulares, algo que es corroborado por los valores relativamente bajos del índice de forma. Ahora bien, con respecto a la agregación se encuentra que, si bien son 68 parches, debido a su tamaño reducido se cuenta con una densidad de parches baja. En cuanto a la distancia euclidiana, aunque es relativamente baja, 1391.6 m, su desviación es bastante alta, inclusive más que el valor del promedio. Con respecto al índice de Índice de Interspersion y de la yuxtaposición se encuentra que presenta un 69.4 %, es decir, que se encuentran otros tipos de parches circundantes al bosque, con respecto a la cohesión, o la forma en que se encuentran los parches en el paisaje, en este caso posee un valor más bajo con respecto a otras coberturas de importancia por su área como pastos limpios, arbustales con pastos y/o cultivos, mosaicos, etc, lo que implica menos agregación, ahora bien, con respecto a el índice de forma, se encuentra un valor muy por debajo de las coberturas mayor mente distribuidas en el área de estudio y que han servido como comparación en métricas anteriores (0). Para más detalles de las otras coberturas ver detalles en la tabla mencionada anteriormente.

**Tabla 13.** Métricas del paisaje.

Tipo de Cobertura	METRICAS															
	Área - Borde					Forma				Agregación						
	CA	PLAND	LPI	AREA		PARA		SHAPE		NP	PD	ENN		IJI	COHESION	LSI
				MN	SD	MN	SD	MN	SD			MN	SD			
Bosque	12015.5	3.9	0.5	176.7	272.1	164.1	133.4	2.9	1.2	68.0	0.022	1391.6	2097.7	69.4	98.4	22.9
Mosaicos de cultivos	8886.2	2.8	0.6	555.4	540.9	79.2	23.1	3.7	2.1	16.0	0.005	2116.6	3142.7	66.9	99.1	16.3
Mosaicos de pastos y cultivos	50615.0	16.2	4.8	803.4	2111.5	195.5	234.2	3.6	2.2	63.0	0.020	718.1	1369.1	78.8	99.6	31.3
Mosaicos de pastos, cultivos y espacios naturales	69294.2	22.2	7.8	899.9	2979.3	163.7	175.6	3.9	2.6	77.0	0.025	510.0	903.5	73.7	99.7	38.0
Vegetación acuática	8019.5	2.6	0.6	157.2	373.5	245.2	290.2	2.5	1.4	51.0	0.016	774.9	1690.1	68.6	98.8	18.0
Suelos desnudos o degradados	1085.5	0.3	0.0	31.9	31.9	178.1	55.4	2.0	0.6	34.0			3072.3	75.4	95.6	11.5
Zonas arenosas	2326.2	0.7	0.3	89.5	205.9	326.4	286.0	2.5	1.1	26.0	0.008	1375.3	4824.6	83.1	98.2	11.8
Zonas urbanas	4396.0	1.4	0.2	102.2	107.0	149.7	189.0	2.6	1.0	43.0	0.014	3486.4	2963.6	77.3	97.6	17.0
Cuerpo de agua natural	15797.1	5.1	4.0	336.1	1812.3	162.0	65.2	1.9	0.8	47.0	0.015	2202.9	2336.9	58.2	99.6	10.0
Cuerpo de agua artificial	622.1	0.2	0.1	47.9	52.3	337.6	306.0	2.6	2.6	13.0	0.004	3312.8	4568.8	63.5	96.8	10.2
Mar y oceano	55.8	0.0	0.0	18.6	17.2	282.1	154.1	1.9	0.6	3.0	0.001	24909.0	35092.5	14.0	94.6	3.3
Bosque y/o arbustos no diferenciados	9243.6	3.0	0.4	215.0	289.9	152.2	153.4	2.9	1.3	43.0	0.014	1662.9	2018.2	74.4	98.6	19.9
Arbustal denso	17712.1	5.7	0.5	186.4	251.5	133.4	140.3	2.8	1.1	95.0	0.030	793.0	1056.5	76.5	98.4	27.2
Arbustal con pastos y/o cultivos	37968.8	12.2	3.6	383.5	1171.1	128.1	132.8	3.4	2.0	99.0	0.032	781.6	1153.4	70.8	99.3	36.8
Pastos limpios	45999.1	14.7	2.3	338.2	722.7	180.0	225.5	3.6	2.1	136.0	0.044	452.1	726.6	71.8	99.2	46.4
Pastos enmalezados	10660.4	3.4	0.4	187.0	244.0	186.9	253.6	2.9	1.5	57.0	0.018	1326.6	1664.6	77.6	98.5	23.2
Pastos arbolados	17047.0	5.5	1.0	250.7	536.5	165.9	211.0	2.7	1.2	68.0	0.022	1065.0	1367.4	71.5	98.9	22.6
Palma de aceite	291.4	0.1	0.1	291.4	0.0	58.7	0.0	2.5	0.0	1.0	0.000	N/A	N/A	9.0	98.3	2.5

### 3.2.2 CAPA DE RESISTENCIA A LA CONECTIVIDAD

Para el análisis de la conectividad en esta área, se variaron los escenarios, debido a que el objetivo no está direccionado a corredores en zonas de monocultivos (palma en la ventana Rio Gaira), por lo que en los siguientes apartes se explican los escenarios y se muestran sus resultados. Se calificaron las coberturas de la tierra del modo que se indica en la Tabla 5; y se agregan los costos incluidos en la Tabla 14.

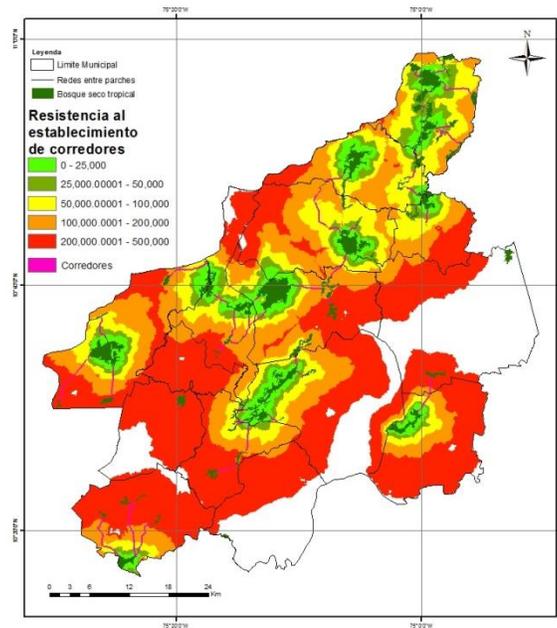
**Tabla 14.** Calificación de resistencia para la ventana Atlántico - Bolívar

Minería	150
RUNAP	5
Vía tipo 1	500
Vía tipo 2	600
Vía tipo 3	700
Vía tipo 4	800
Vía tipo 5	900
Vía tipo 6	1000

#### 3.2.2.1 ESCENARIO 1 COBERTURAS DE LA TIERRA, ÁREAS PROTEGIDAS DEL RUNAP Y VÍAS

Resistencia que integra la capa de *coberturas de la tierra, áreas protegidas del RUNAP y vías*. Es de anotar, que en este orden de aparición fueron integradas en el álgebra de mapas, además, en los lugares donde se presentó una intersección entre bosques seco y área protegida, se dio prioridad al bosque, mientras que cuando se interceptaron cuerpos de agua o vegetación la prioridad fue para estas dos coberturas, debido a la dificultad del establecimiento del bosque seco en estas áreas

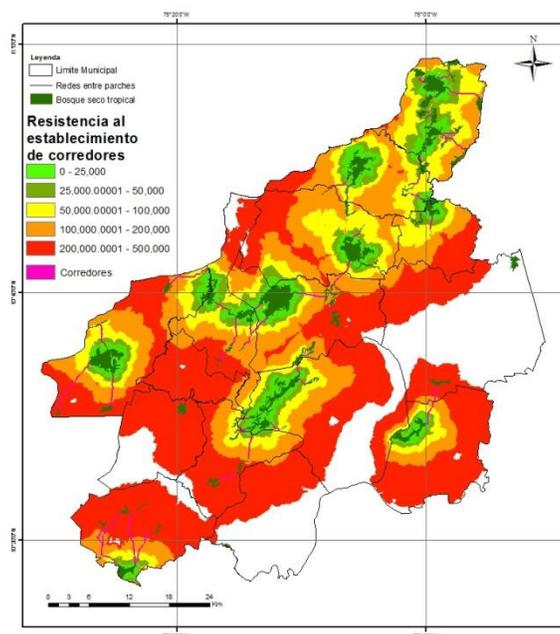
**Gráfico 19.** Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 1.



### 3.2.2.2 ESCENARIO 1 COBERTURAS DE LA TIERRA, ÁREAS PROTEGIDAS DEL RUNAP, FUENTES HÍDRICAS Y LAS VÍAS

Resistencia que integra la *capa de coberturas de la tierra, áreas protegidas del RUNAP, fuentes hídricas y las vías*. Igual que en el caso anterior, los procesos de algebra de mapas fueron llevados a cabo en el orden de aparición y las operaciones con el RUNAP fueron iguales.

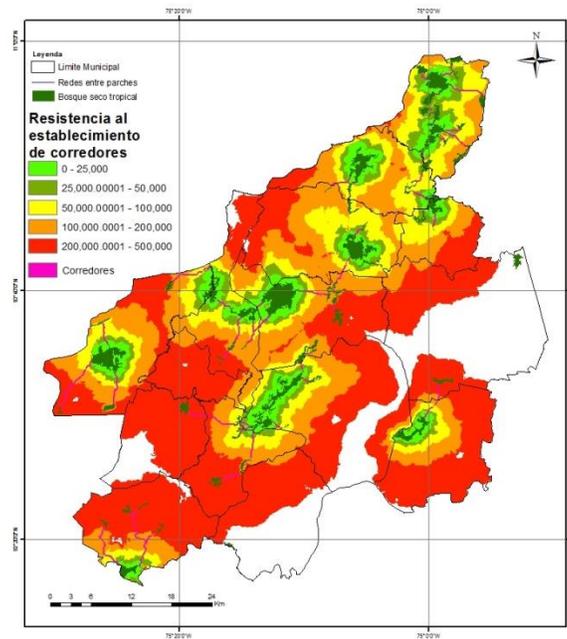
**Gráfico 20.** Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 2.



### 3.2.2.3 ESCENARIO 1 COBERTURAS DE LA TIERRA, ÁREAS PROTEGIDAS DEL RUNAP, FUENTES HÍDRICAS, RONDAS DE RÍOS Y LAS VÍAS

Resistencia que integra la capa de *coberturas de la tierra, áreas protegidas del RUNAP, fuentes hídricas, rondas de ríos y las vías*. Hasta la capa de fuentes hídricas, el proceso fue similar al anterior, ahora bien, después se adicionó la capa simulada de las rondas y finalmente se adicionaron las vías. Es de anotar que para el caso de las rondas, de interceptarse dicha ronda con bosques y bosques fragmentados se dio prioridad a las cubiertas biofísicas naturales sobre el ideal.

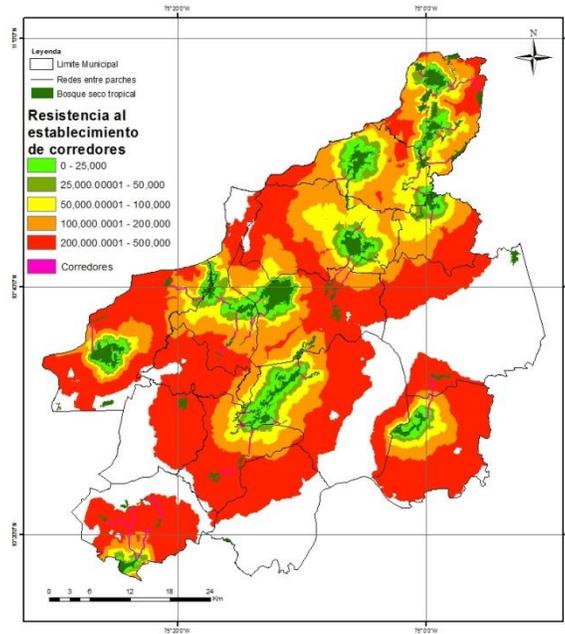
**Gráfico 21.** Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 3.



### 3.2.2.4 ESCENARIO 1 COBERTURAS DE LA TIERRA, ÁREAS PROTEGIDAS DEL RUNAP, FUENTES HÍDRICAS, VÍAS Y MINERÍA

Resistencia que integra la capa de *coberturas de la tierra, áreas protegidas del RUNAP, fuentes hídricas, vías y minería*. El proceso de algebra de mapas fue similar, sin embargo, al momento del proceso con la capa de minería, fue incorporada totalmente en la capa objetivo, es decir, todas aquellas coberturas fueron transformadas a las resistencia de la minería.

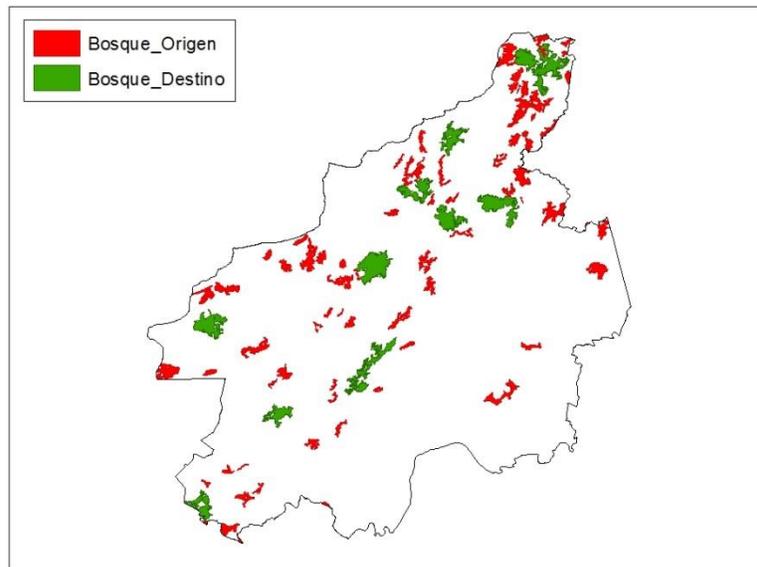
**Gráfico 22.** Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 4.



### 3.2.3 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE BOSQUE

Debido a que en esta ventana los bosques tienen una dimensión mucho menor que en la ventana de Río Gaira que incluye parte de los bosques de la Sierra Nevada de Santa Marta; el procedimiento para definir los bosques destino de los bosques de origen fue diferente; en este caso se hizo teniendo en cuenta la cantidad de área que tienen siendo los bosques destino los que cuentan con más de 500 hectáreas y los de origen los que tienen menos de esa área; en la Gráfico 23 se puede observar el resultado de la clasificación del bosque.

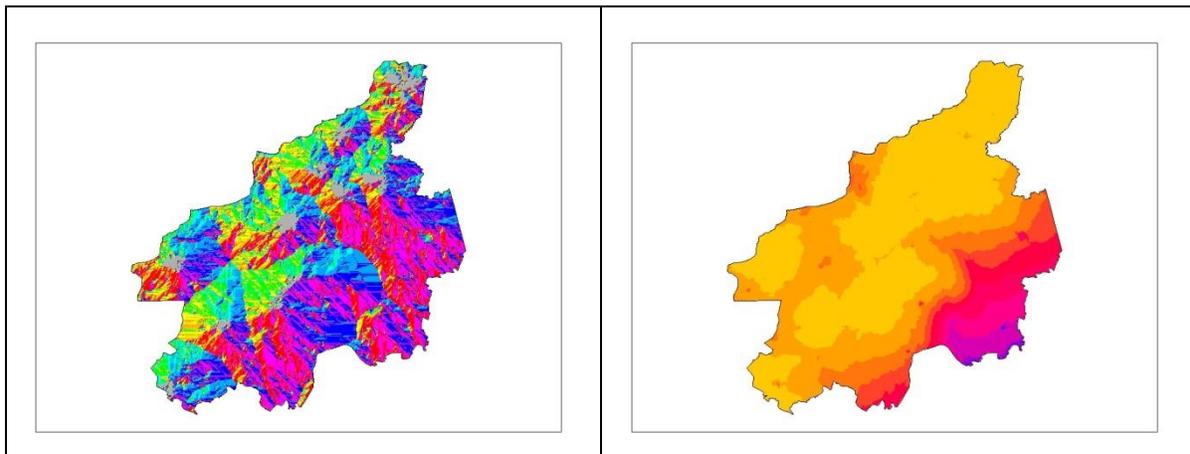
**Gráfico 23.** Clasificación del bosque de origen y destino



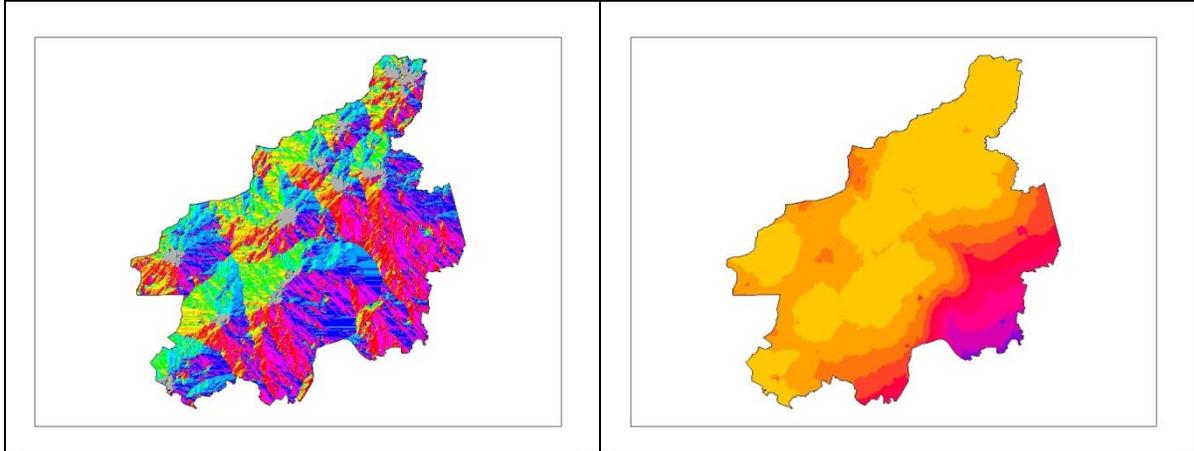
### 3.2.4 ANÁLISIS COSTO DISTANCIA

A continuación se muestran los resultados para los cuatro escenarios evaluados en esta ventana; si bien a simple vista no se ven grandes diferencias, los costos están variando en escala de valor y en distribución espacial; esto se verá reflejado en el cálculo de las rutas de conectividad para esta zona.

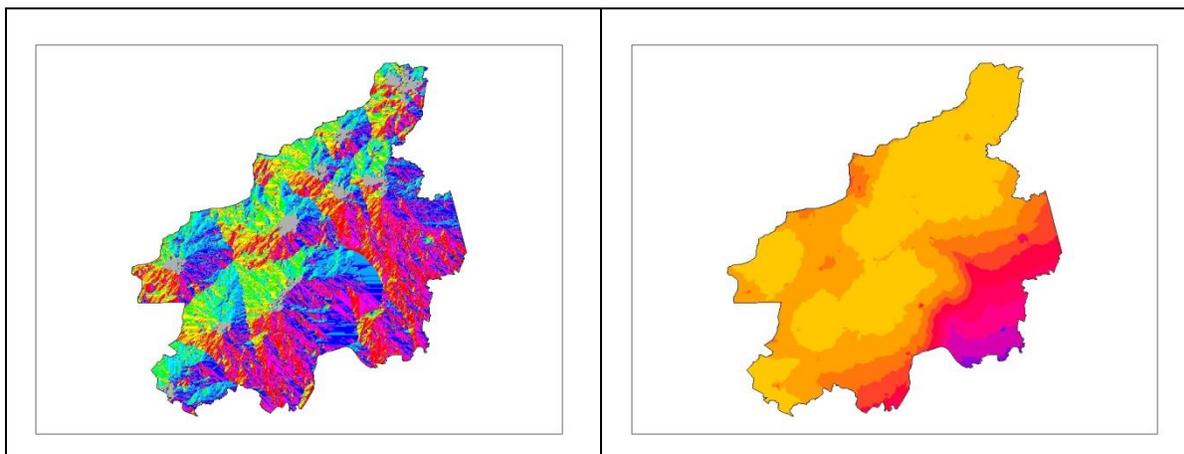
**Gráfico 24.** Distancia- Costo y BackLink para el escenario 1



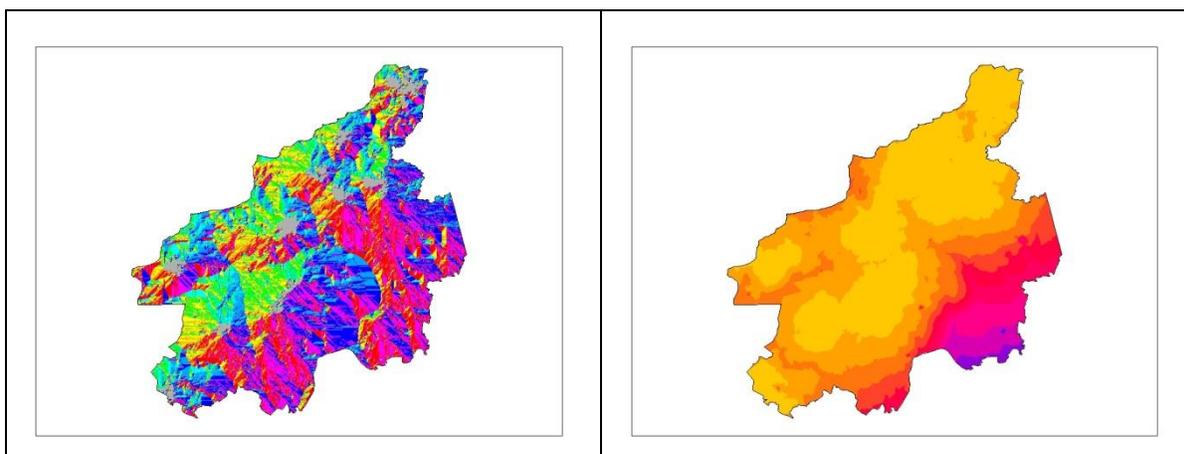
**Gráfico 25.** Distancia- Costo y BackLink para el escenario 2



**Gráfico 26.** Distancia- Costo y BackLink para el escenario 3



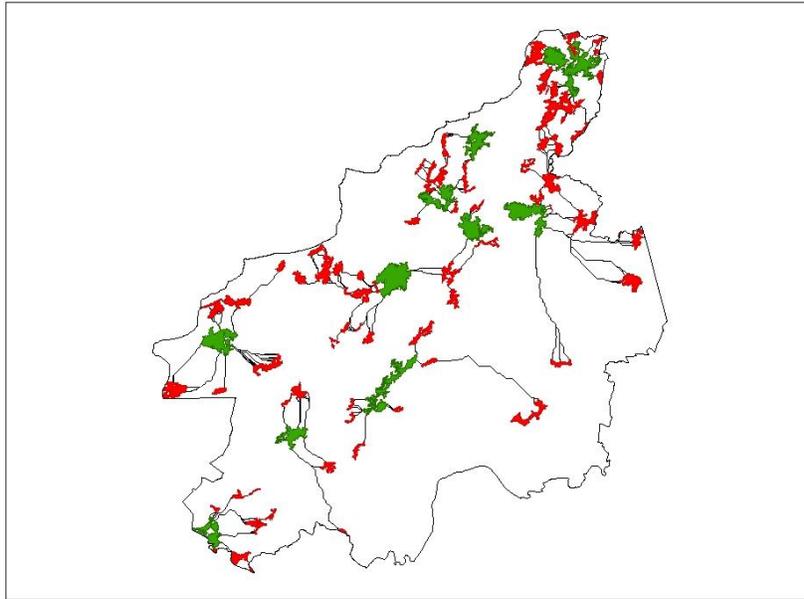
**Gráfico 27.** Distancia- Costo y BackLink para el escenario 4



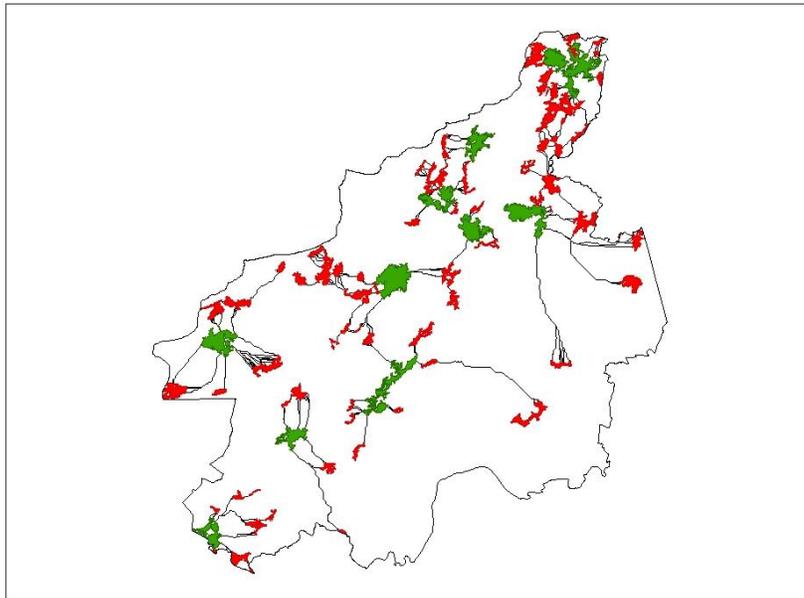
### 3.2.5 CORREDORES DE CONECTIVIDAD.

En los 0, Gráfico 29, 0y Gráfico 31, se pueden observar en negro las distintas rutas de corredores para la conectividad dependiente del escenario.

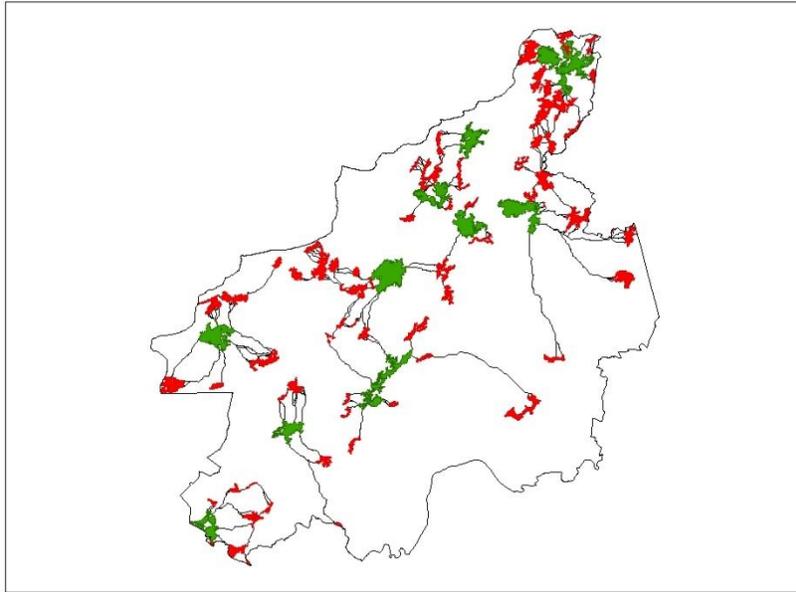
**Gráfico 28.** Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 1



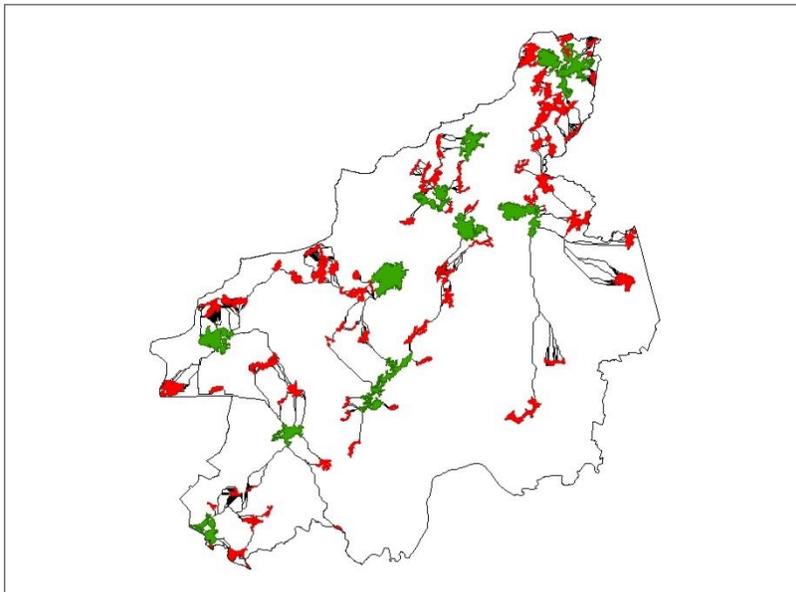
**Gráfico 29.** Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 2



**Gráfico 30.** Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 3



**Gráfico 31.** Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 4



### 3.2.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La zona evaluada es altamente heterogénea, producto de ello, que el método de segmentación se mostrara como el más adecuado en los primeros ejercicios de clasificación para la asignación del tipo de clasificación a utilizar. Si bien la segmentación es un método caracterizado por su alta universalidad, desde la perspectiva de

datos y posible aplicación (Lewiński 2006), también es claro su buen desempeño en áreas altamente heterogéneas o en imágenes de alta resolución donde debido al detalle espacial se presenta alta heterogeneidad.

En cuanto a las coberturas determinadas mediante la combinación de la segmentación e interpretación visual, se puede notar que es un área extremadamente afectada por la intervención antrópica, donde predomina aquellas coberturas modificadas por el hombre como los variados tipos de mosaicos, así como, las coberturas asociadas con pastos. Mientras, que las áreas boscosas naturales están altamente diezmadas en la región, la sumatoria de las categorías de bosque realmente no es notoria comparada con las mencionadas anteriormente.

Esto es notorio en el análisis de paisaje - conectividad donde se requieren conectores largos que unan pequeños relictos de bosque seco, inclusive varios parches se podría decirse que ya prácticamente se perdieron así existan físicamente, debido a que se encuentran en una matriz no tan amigable como los pastos limpios y que a su vez están tan alejados de otros parches que realmente no puede existir un flujo de especies, genes, entre otros; con excepción de aquellas especies que tienen capacidad de dispersión amplia, aunque este reducido conjunto no contempla en gran medida aquellos organismos que habitan estos bosques y que a su vez sirven como herramientas de dispersión para vegetación que conforma este tipo de fragmentos. Entre tanto mediante la simulación de la existencia de las rondas, no necesariamente de bosque como sería el ideal sino como un hábitat como el arbustal denso, es notoria la mejoría en la conectividad. Las conexiones en este último caso no pasan sobre cuerpos de agua como en el caso real, dado que se encuentran muchas otras áreas con un menor costo para la unión de los fragmentos. También, la presencia en el área de una matriz con una resistencia menor favorecerá la conectividad, por ejemplo, sistemas silvopastoriles que generan beneficios para la fauna y la flora debido a las condiciones menos drásticas comparada como los pastos limpios altamente distribuidos en el área.

Otras posibles acciones de manejo para el establecimiento en campo de los respectivos corredores podrían estar orientadas a un análisis integral de la historia del uso del suelo que ha tenido, ya que de ello depende la intensidad de las intervenciones a desarrollar. Así mismo, la identificación de los modelos de sucesión que presenta este bosque en esta zona del país (Coelho *et al.* 2012), permitirá acciones que logren acelerar dicho proceso y puedan brindar un punto efectivo para mediadas de conservación (Coelho *et al.* 2012), dado que cada sitio en cada región tendrá su propio conjunto de estrategias de manejo adecuadas (Vieira & Scariot 2006, Fernández-Méndez *et al.* 2014).

El conocimiento con respecto a cómo los bosques pueden ser restaurados deben estar basados en una política existente para la conservación de la funcionalidad del bosque; como un banco de conocimientos podría resultar en el mantenimiento de servicios ecosistémicos de provisión y regulación (ej. Captura y conservación del carbono, regulación y conservación hídrica, diversidad biológica y todo aquello que hasta ahora no se ha incluido en la conciencia que quienes viven en las regiones secas de Colombia) (Fernández-Méndez *et al.* 2014). Otros de los servicios ambientales son (1) polinización de cultivos por especies polinizadoras silvestres, un servicio que es particularmente importante para cultivos temporales que crecen en hábitats riparios; (2) protección de cuencas y acuíferos, un servicio que ayuda a prevenir desastres naturales y asegura la disponibilidad de uno de los más esenciales y amenazados recursos naturales, el agua, y (3) secuestro de carbono por bosques en regeneración y maduros, un servicio que proporciona un ambiente saludable para turistas y las comunidades locales, mientras contribuye a reducir los impactos del cambio climático global (Quesada *et al.* 2014). Dichos conocimientos permitirán la identificar la relevancia que tienen tales bosques y la importancia que tiene la realización de acciones que mejoren su preservación en el tiempo. El compartir inmediatamente el conocimiento ecológico con las comunidades locales podría ayudar a convencerlos en invertir en la longevidad de este ecosistema y para promover la recuperación de áreas degradadas (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2005.) En este sentido es claro, que aunque estos bosque han sido explotados por los humanos,

el futuro de esos únicos y diversos ecosistemas también dependen de cómo la gente conserve, maneje y los restaure (Powers *et al.* 2009).

Medidas como la implementación de corredores para conectar los diferentes remanentes de bosque seco en esta región, garantizan que en lugar de promover la conservación de parches aislados que forman parques y reservas naturales aisladas, se establezca una red que permita la preservación en el tiempo de este ecosistema y las diferentes especies que lo habitan. Los parches de hábitat pueden jugar diferentes papeles dentro del mosaico del paisaje y las redes de conexiones que en él se establecen. No sólo sirven como zonas de refugio, alimentación o reproducción, sino que también funcionan como puntos desde los que se producen (y reciben) flujos de dispersión hacia otros parches de hábitat, y actúan como puente o puntos de paso (stepping stones) que, incluso cuando puedan no ser el destino final de los flujos de dispersión, facilitan la dispersión y el intercambio de genes e individuos entre otras unidades de hábitat más distantes (De la Cruz & Maestre 2013).

Medidas de este tipo ya eran mencionadas como necesarias hace varios años por IAVH (1998), donde se mencionaba como muchos de los remanentes de Bosque seco tropical en Colombia se encontraban completamente aislados y en una matriz, en su mayoría, de zonas de cultivos y pastos lo que no garantiza el mantenimiento de especie animales.

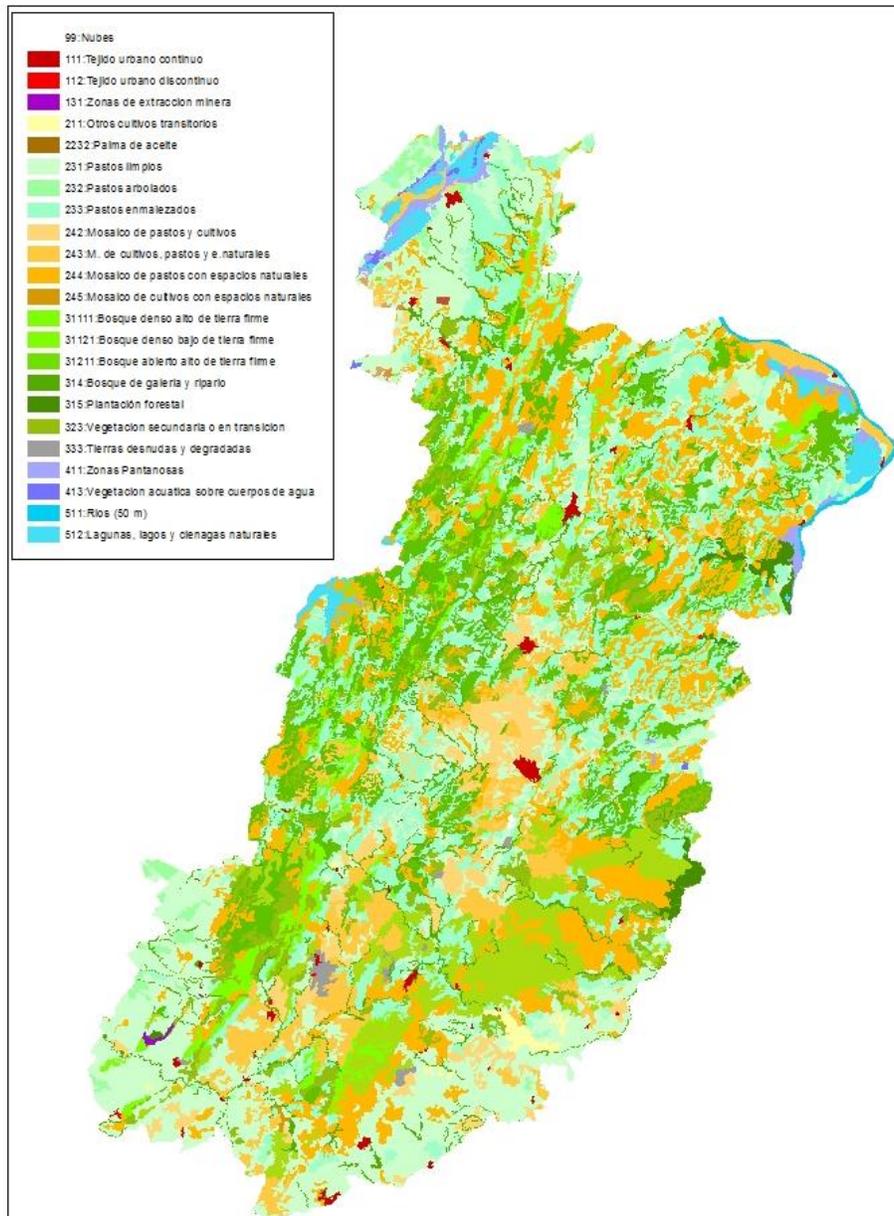
Así mismo, aunque es claro que este ejercicio se enfocó en la conectividad estructural para el bosque seco tropical, queda manifiesto que se queda corto debido a que lo más recomendable es hacer análisis de esta temática desde la perspectiva funcional, es decir, tomando algunas especies claves como por ejemplo aves y murciélagos que son las que se encargan de los desplazamientos de semillas de los árboles del bosque seco tropical en una determinada área. Por tanto, subyace la necesidad de realizar investigaciones a nivel de especies de interés que permitan realizar unos ejercicios de conectividad más adecuados a la actualidad de esta área en el mundo.

### 3.3 MONTES DE MARÍA

#### 3.3.1 CLASIFICACIÓN DE COBERTURA DE LA TIERRA

Para la interpretación de las coberturas de la tierra, se siguió la metodología de Corine Land Cover, como se menciona en el apartado 2.4.

**Gráfico 32.** Interpretación de coberturas de la tierra escala 1:100.000 para Montes de María.



#### 3.3.2 CAPA DE RESISTENCIA A LA CONECTIVIDAD

Para el análisis de la conectividad en esta área, se variaron los escenarios, debido a que el objetivo no está direccionado a corredores en zonas de monocultivos (palma en la ventana Rio Gaira), por lo que en los siguientes apartes se explican los escenarios y se muestran sus resultados. Se calificaron las coberturas de la tierra del modo que se indica en la Tabla 5; y se agregan los costos incluidos en la Tabla 14.

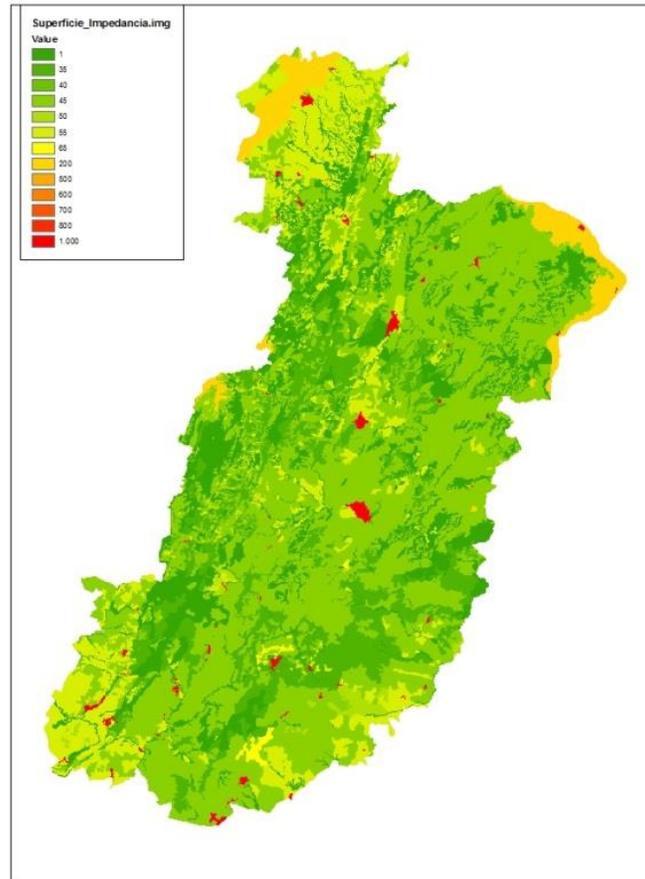
**Tabla 15.** Calificación de resistencia para la ventana Atlántico - Bolívar

Minería	150
RUNAP	5
Vía tipo 1	500
Vía tipo 2	600
Vía tipo 3	700
Vía tipo 4	800
Vía tipo 5	900
Vía tipo 6	1000

### 3.3.2.1 ESCENARIO 1 COBERTURAS DE LA TIERRA

Resistencia dada únicamente por la capa de *coberturas de la tierra* según las calificaciones definidas en la Tabla 5. En el Gráfico 33, se observa la capa resultante de resistencias, y en éste como en los gráficos siguientes la mayor resistencia a la conectividad está representada por el color rojo y la menor por verde.

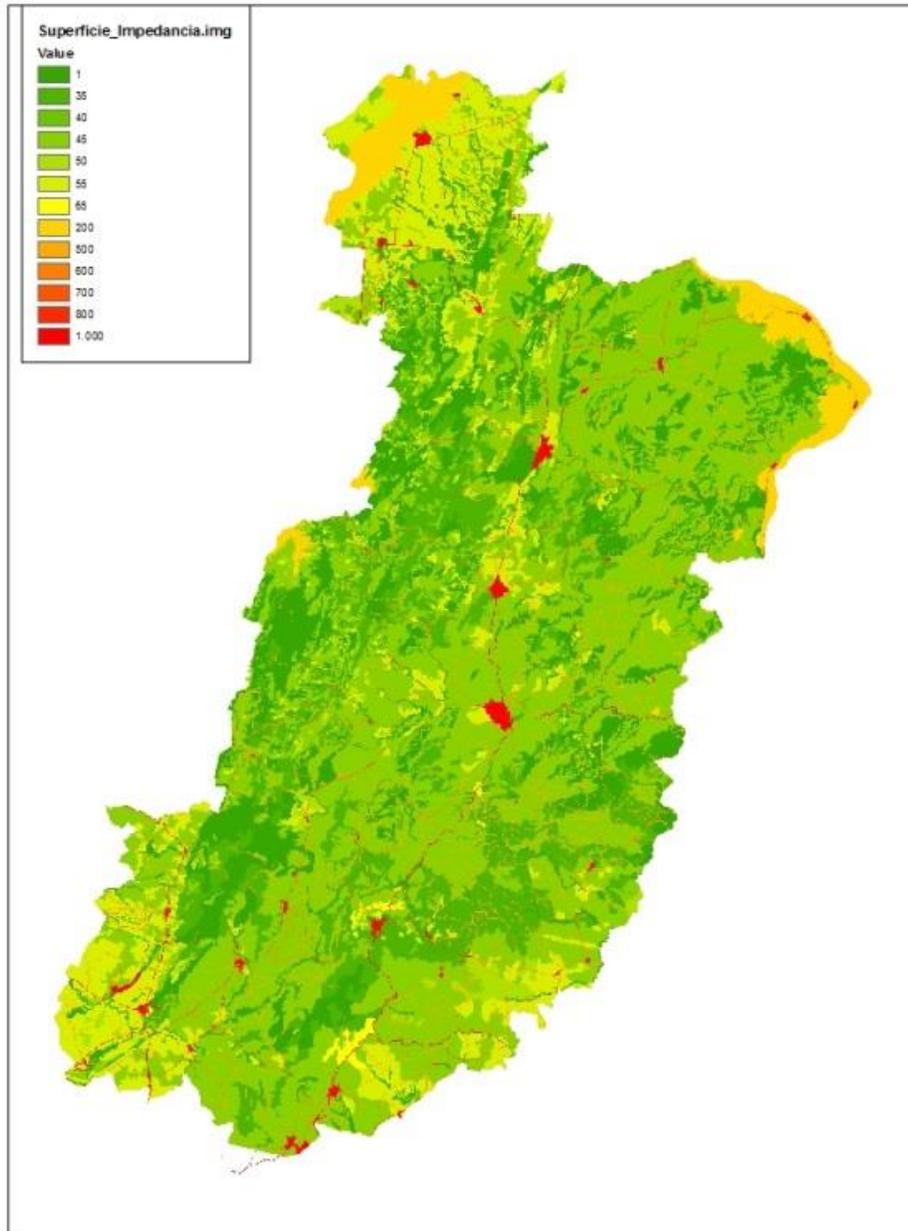
**Gráfico 33.** Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 1.



### 3.3.2.2 ESCENARIO 2 COBERTURAS DE LA TIERRA E INFRAESTRUCTURA VIAL.

Resistencia que integra la *capa de coberturas de la tierra y las vías*; esta capa se considera con la visión actual ya que las carreteras calificadas con el mayor valor de resistencia se comportan como una barrera a la conectividad. Es de anotar, que en este orden de aparición fueron integradas en el álgebra de mapas.

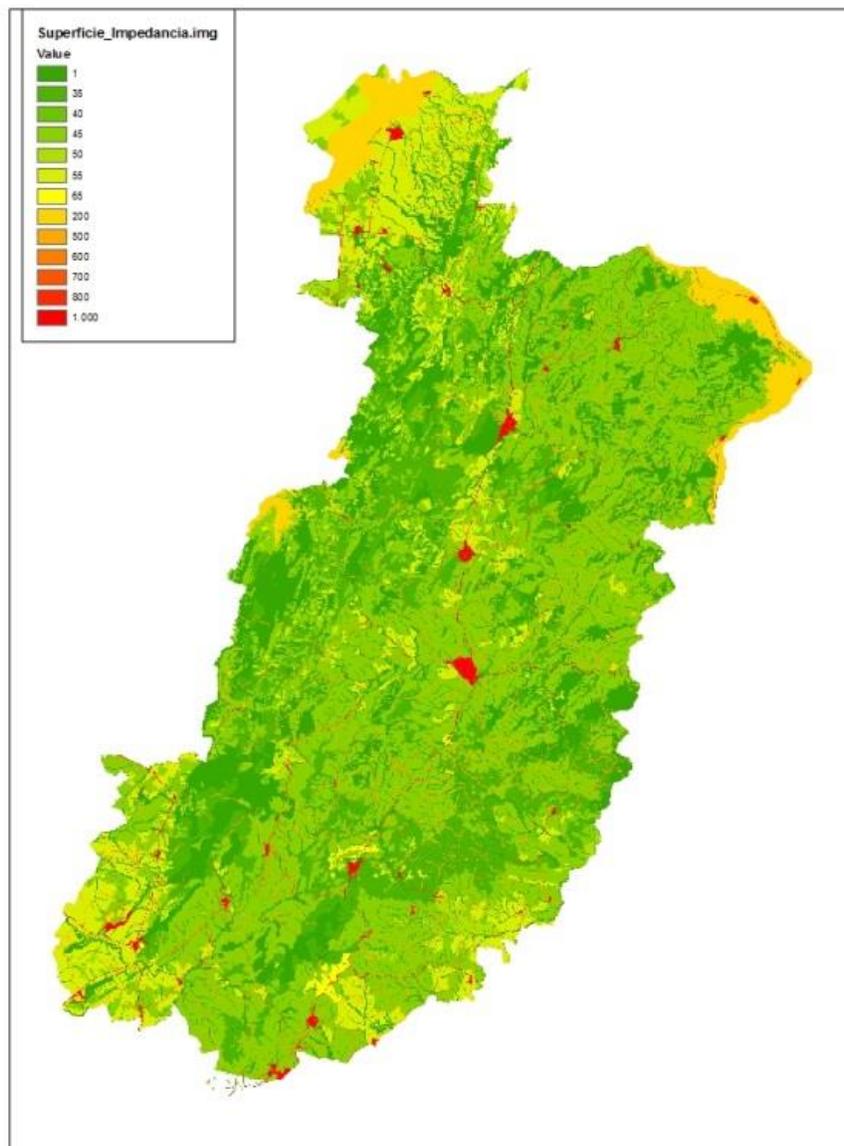
**Gráfico 34.** Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 2.



### 3.3.2.3 ESCENARIO 3 COBERTURAS DE LA TIERRA, RONDAS DE RÍOS Y LAS VÍAS

Resistencia que integra la capa de *coberturas de la tierra*, *fuentes hídricas*, *rondas de ríos* y *las vías*. Hasta la capa de fuentes hídricas, el proceso fue similar al anterior, ahora bien, después se adicionó la capa simulada de las rondas y finalmente se adicionaron las vías. Es de anotar que para el caso de las rondas, de interceptarse dicha ronda con bosques y bosques fragmentados se dio prioridad a las cubiertas biofísicas naturales sobre el ideal; este es el escenario más alentador ya que considera las rondas hídricas como superficies de no fricción, lo que hace suponer que están cubiertas de una vegetación natural, esto se cumple en pocas ocasiones. Este escenario se plantea como una propuesta de estrategia para el establecimiento de corredores de conectividad.

**Gráfico 35.** Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 3.





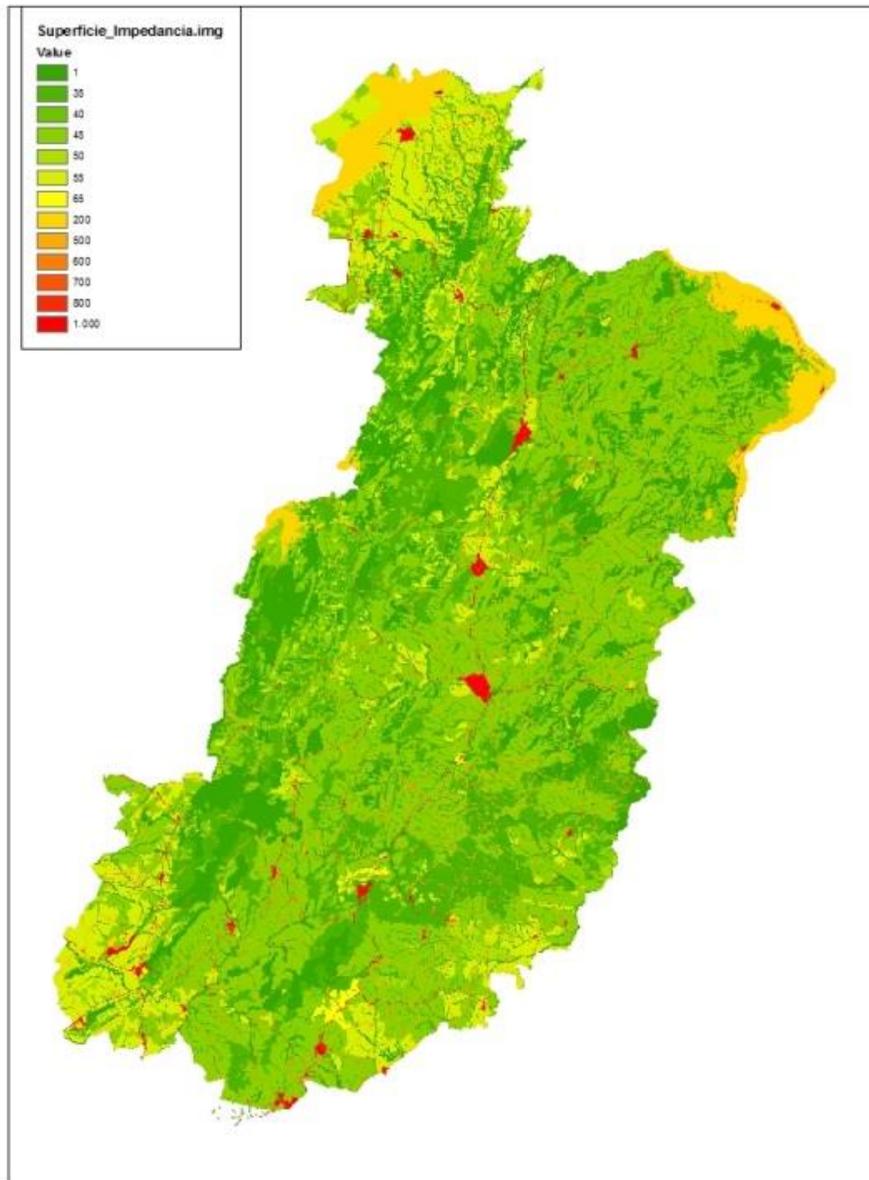
Informe técnico de interpretación de coberturas y análisis de conectividad  
Orden de compra 115 de 2013

---

### 3.3.2.4 ESCENARIO 4 COBERTURAS DE LA TIERRA, FUENTES HÍDRICAS, VÍAS Y MINERÍA

Resistencia que integra la capa de *coberturas de la tierra, fuentes hídricas, vías y minería*. El proceso de álgebra de mapas fue similar, sin embargo, al momento del proceso con la capa de minería, fue incorporada totalmente en la capa objetivo, es decir, todas aquellas coberturas fueron transformadas a las resistencias de la minería.

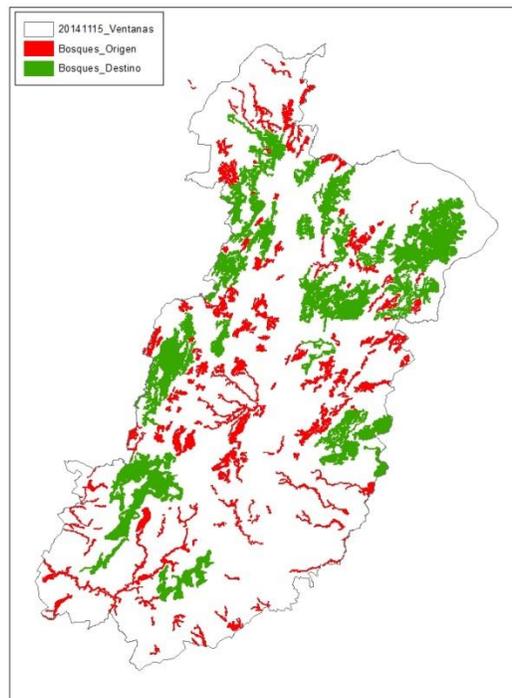
**Gráfico 36.** Capa de resistencia a la conectividad (superficie de impedancia) para el escenario 4.



### 3.3.3 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE BOSQUE

Debido a que en esta ventana los bosques tienen una dimensión mucho menor que en la ventana de Río Gaira que incluye parte de los bosques de la Sierra Nevada de Santa Marta; el procedimiento para definir los bosques destino de los bosques de origen fue diferente; en este caso se hizo teniendo en cuenta la cantidad de área que tienen siendo los bosques destino los que cuentan con más de 500 hectáreas y los de origen los que tienen menos de esa área; en la Gráfico 37 se puede observar el resultado de la clasificación del bosque.

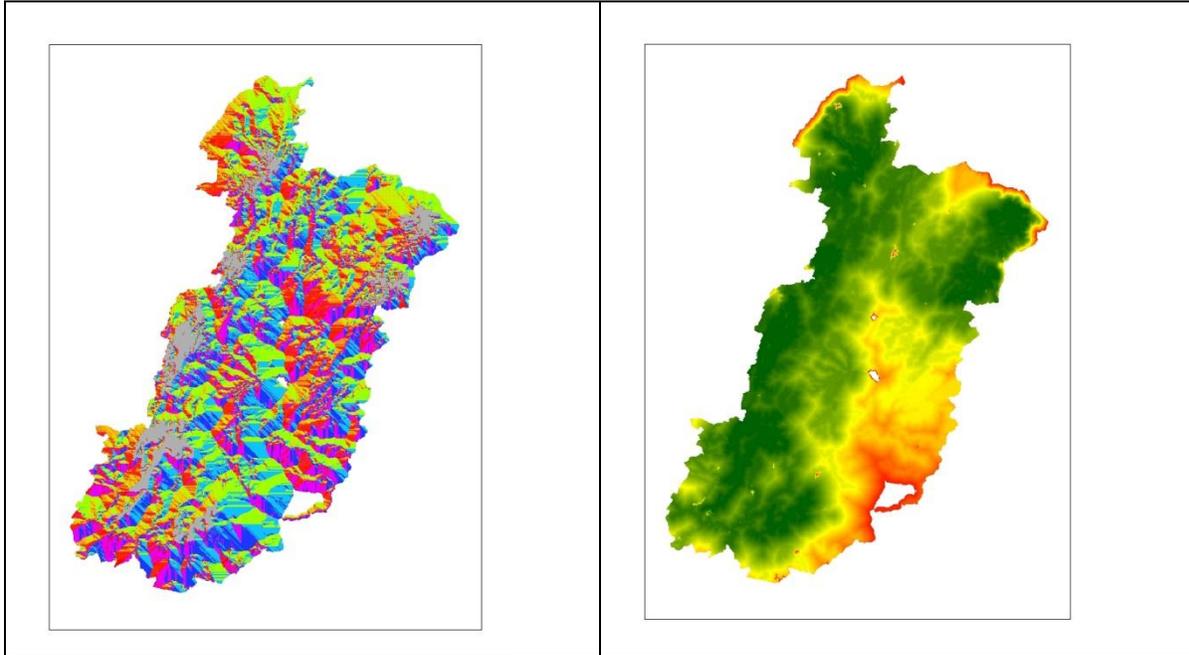
**Gráfico 37.** Clasificación del bosque de origen y destino



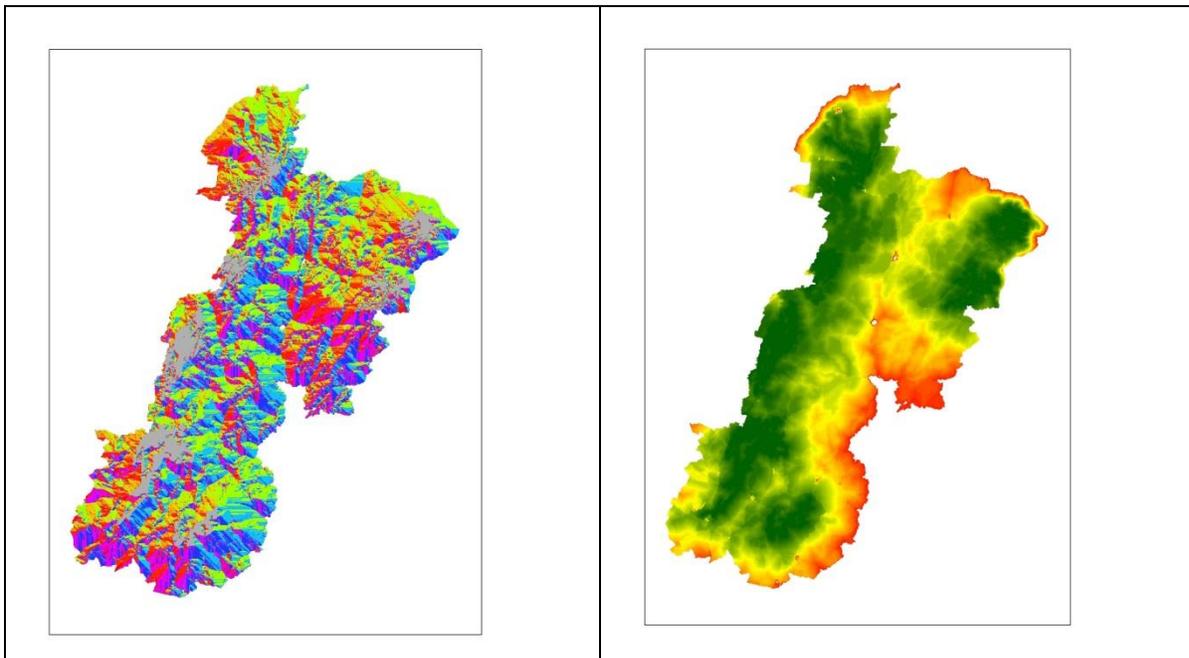
### 3.3.4 ANÁLISIS COSTO DISTANCIA

A continuación se muestran los resultados para los cuatro escenarios evaluados en esta ventana; si bien a simple vista no se ven grandes diferencias, los costos están variando en escala de valor y en distribución espacial; esto se verá reflejado en el cálculo de las rutas de conectividad para esta zona.

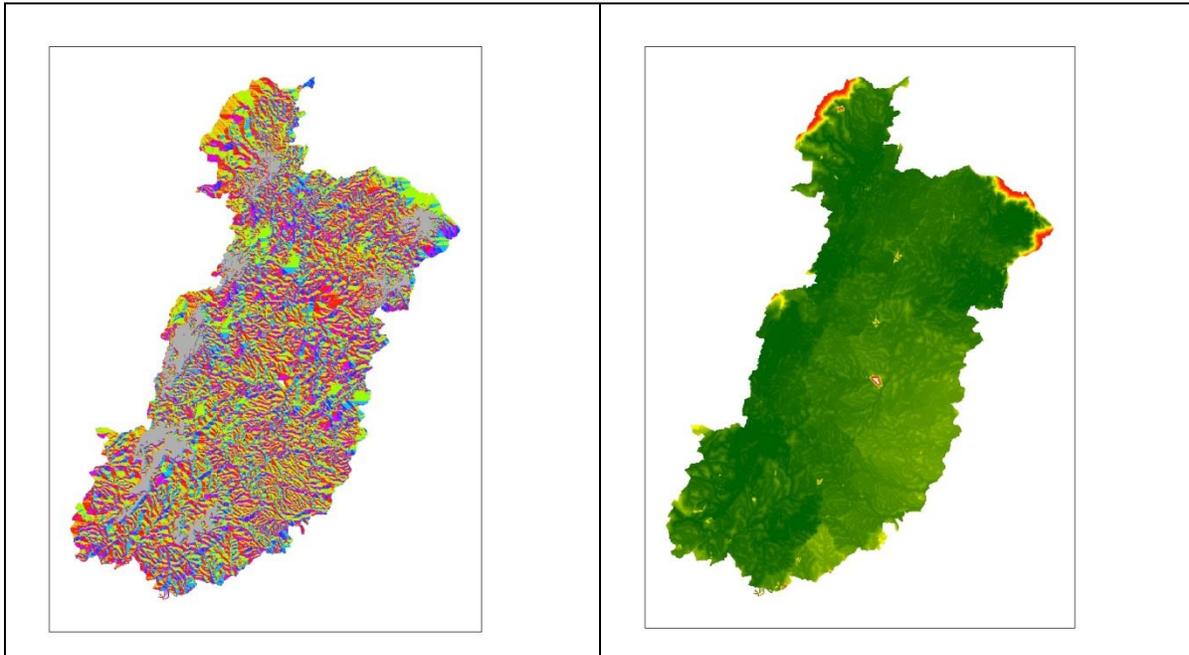
**Gráfico 38.** Distancia- Costo y BackLink para el escenario 1



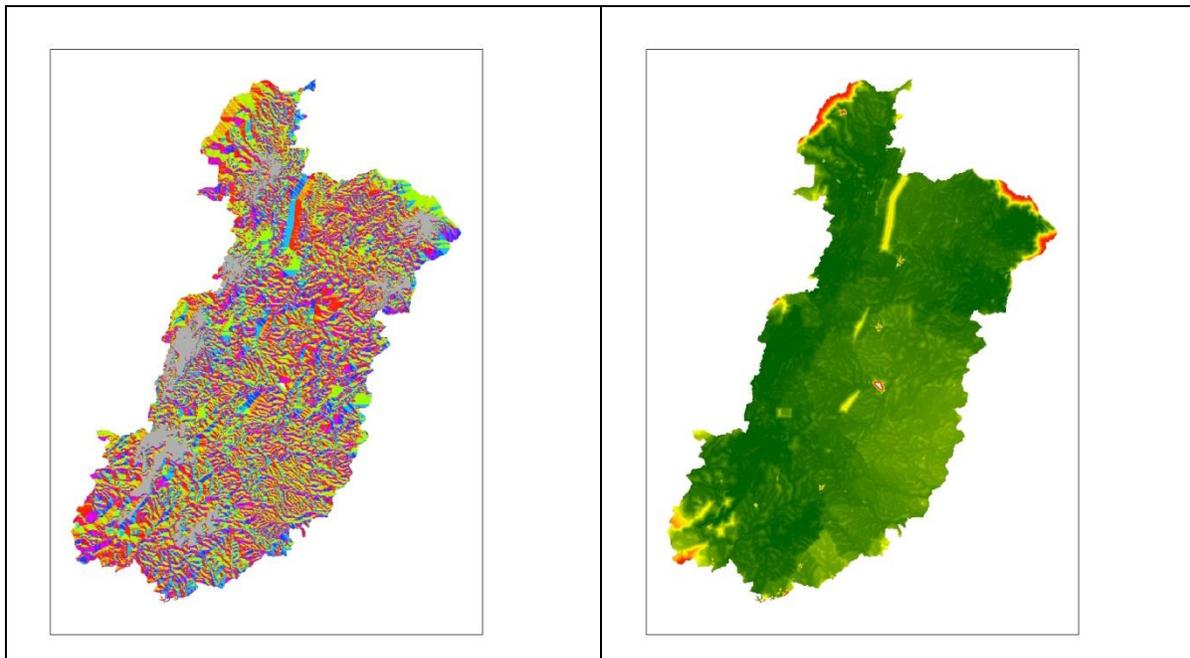
**Gráfico 39.** Distancia- Costo y BackLink para el escenario 2



**Gráfico 40.** Distancia- Costo y BackLink para el escenario 3



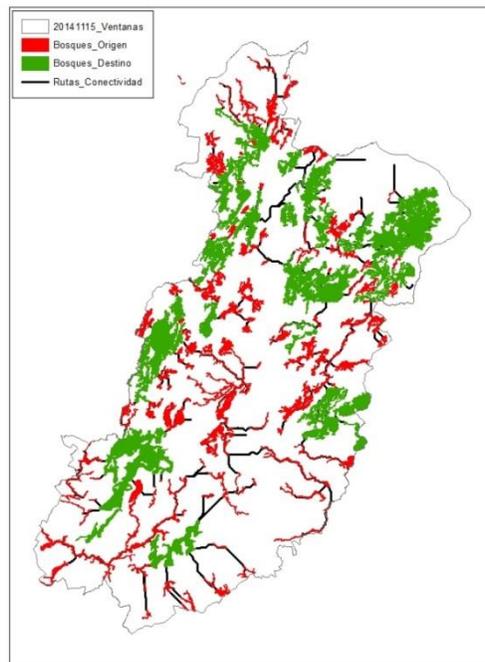
**Gráfico 41.** Distancia- Costo y BackLink para el escenario 4



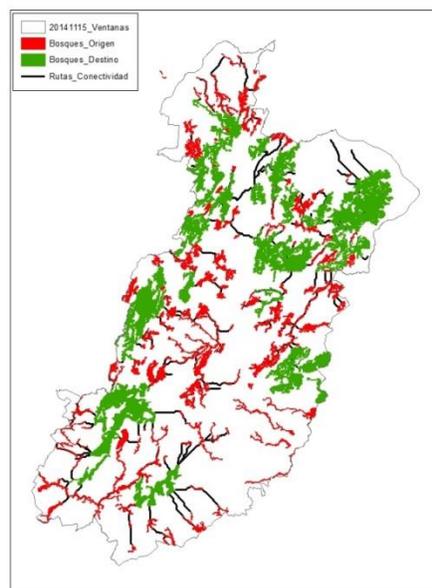
### 3.3.5 CORREDORES DE CONECTIVIDAD.

En los Gráfico 42, Gráfico 43, Gráfico 44y Gráfico 45, se pueden observar en negro las distintas rutas de corredores para la conectividad dependiente del escenario.

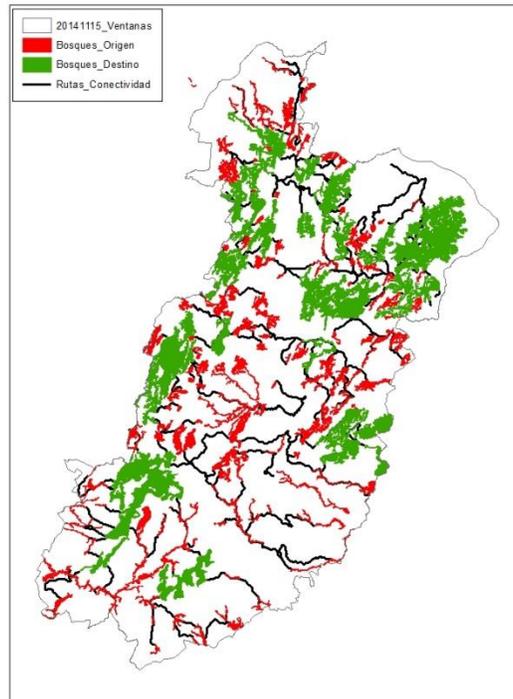
**Gráfico 42.** Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 1



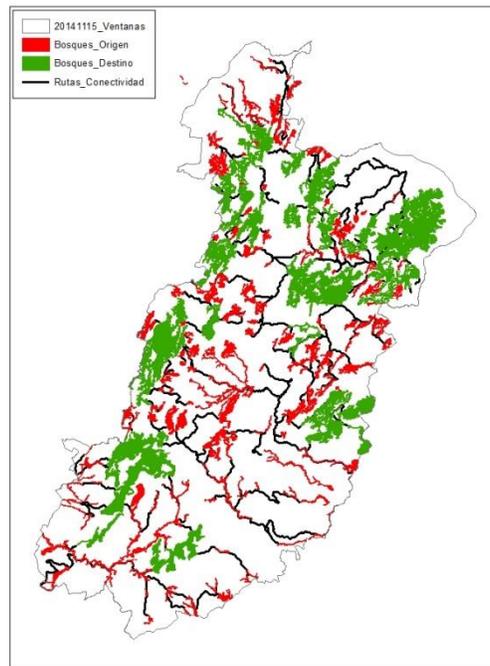
**Gráfico 43.** Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 2



**Gráfico 44.** Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 3



**Gráfico 45.** Rutas de conectividad para los parches de bosque en el escenario 4





**Tabla 16.** Características de las imágenes rapideye.

Las imágenes con las cuales se realizó el estudio fueron obtenidas de la distribuidora procálculo, quienes mantienen unas características internas descritas en la Tabla 17, estas imágenes son llamadas 2014-07-20T160935\_RE4\_3B-NAC\_18159421\_242153 y 2014-08-30T161743\_RE2\_3B-NAC\_18159420\_242153.

AFP	AREA Km2	SENSOR	REFERENCIA	DESCRIPCION
A	1384	RAPIDEYE	BB.RE.3B.5m.MS.SO.A	RapidEye, Multispectral(5), 5m, nivel proc 3B, Archivo, lic uso Single Organization, min 1200 km <sup>2</sup>
B	500	RAPIDEYE		

**Tabla 17.** Características internas de Las imágenes Rapideye en procalculo.

Clasificación se definió el modelo de clasificación CORINE LAND COVER adaptado para Colombia, como el modelo de clasificación que se utilizaría para este propósito, siempre tratando de llevarlo hasta el último nivel del mismo pues las imágenes Rapideye presentan una buena resolución espacial.

La clasificación realizada para este trabajo se desarrolló con base en una interpretación visual mediante una digitalización manual sobre el software ArcGis versión 10.1, y como se mencionó anteriormente basándonos en el modelo de clasificación Corine Land Cover, llegando hasta el cuarto nivel de detalle en cada una de las unidades presentes en la zona de estudio.

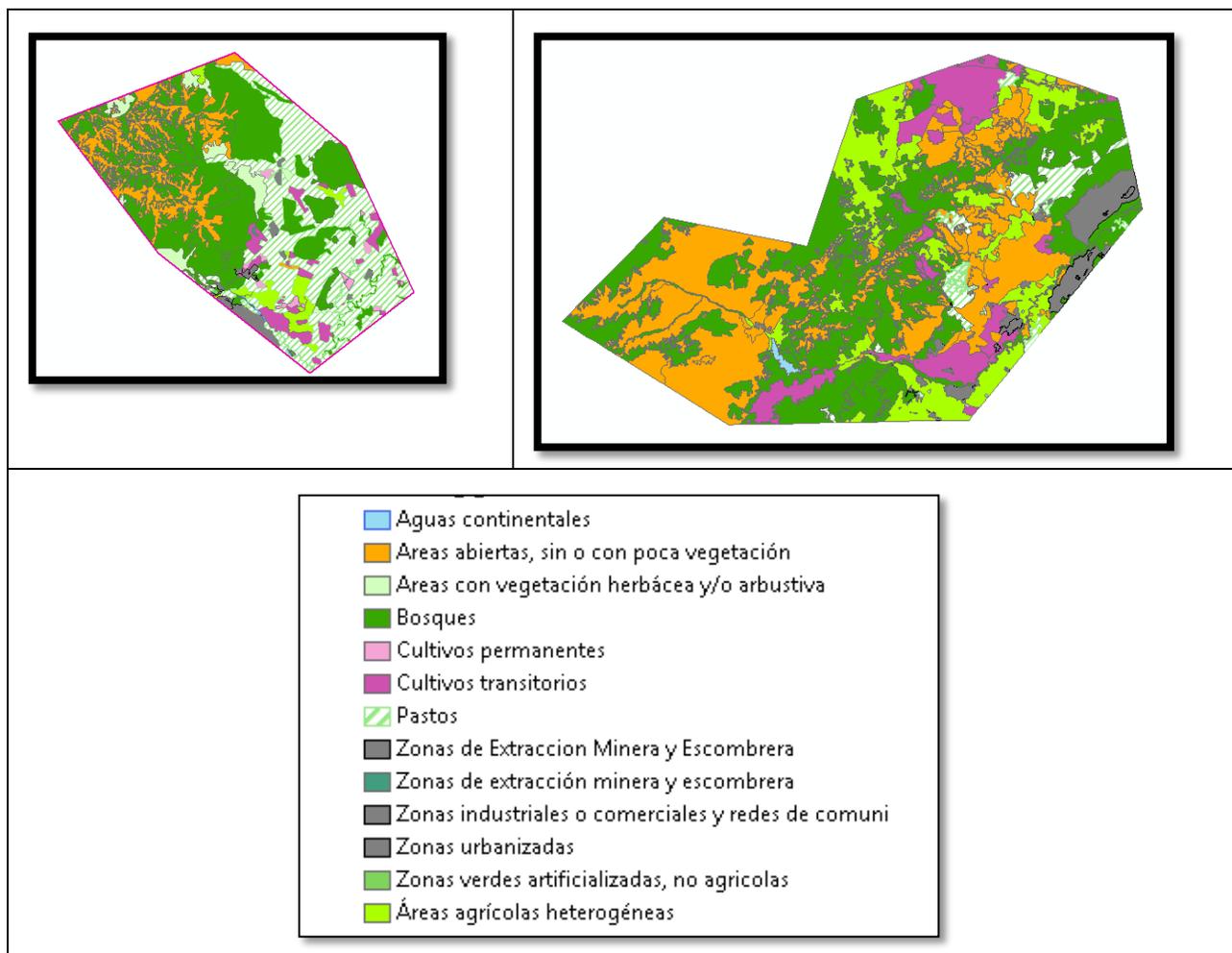
Las imágenes Rapideye para este caso específico, permite realizar unas combinaciones de bandas en realidad pocas debido a su baja resolución espectral de 5 bandas, pero que para efectos del proyecto se ajustan de manera adecuada, siendo las más utilizadas para estos procesos de clasificación visual las que se muestran en la siguiente tabla:

APLICACIÓN	COMBINACIÓN
erosión	321
Discriminación agua	321
Discriminación Vegetación	532
Vegetación Saludable	452

**Tabla 18.** Combinaciones de bandas del sensor Rapideye para identificación de coberturas.

Para el presente caso se realizó la clasificación hasta el cuarto nivel de detalle, hasta donde fue posible, obteniendo como resultado una geodatabase con las unidades de clasificación del sistema Corine Land Cover.

Se muestra a continuación la clasificación en el nivel dos en las dos áreas de trabajo y su leyenda, teniendo en cuenta que a medida que se aumenta de nivel cambia el nivel de complejidad de la clasificación.



**Gráfico 46.** Áreas clasificadas en el nivel 2 de detalle.

En el Gráfico 46 se observa clasificación en el nivel tres, mostrando el cambio de detalle y el aumento del mismo y de su complejidad.

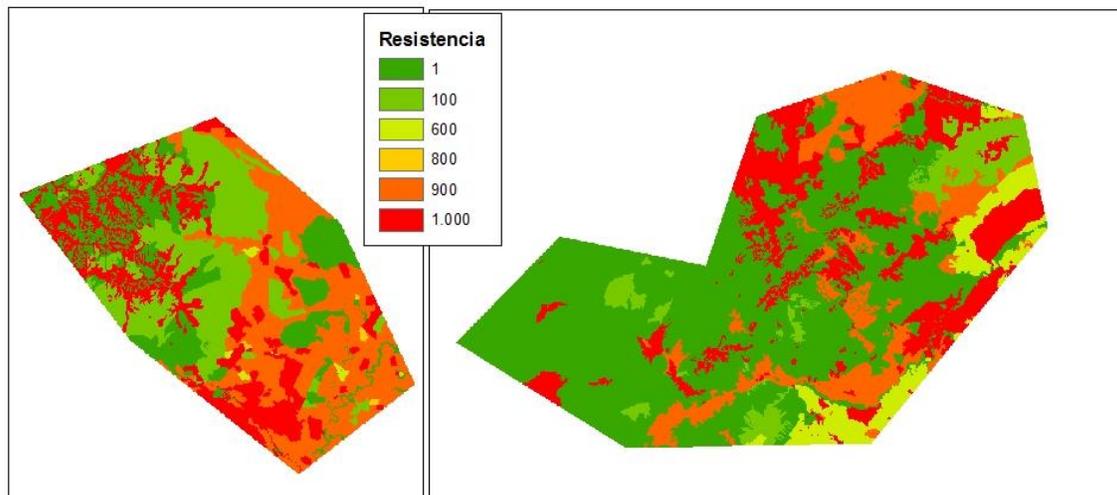
En términos generales la cobertura que más presencia tiene en las áreas de estudio es la de Bosques y áreas seminaturales con un 67% de participación, le siguen los Territorios agrícolas con el 28%, siguiendo los Territorios artificializados con 3.9% y por último Superficies de agua con un 0.2%, ver Tabla 19. Ahora bien aquí no se discrimina los porcentajes internos de las mismas.

Cobertura	Hectáreas	porcentaje
Territorios artificializados	8410,947	3,9
Territorios agrícolas	61037,038	28,5
Bosques y áreas seminaturales	144002,003	67,3
Superficies de agua	526,494	0,2
total	213978,48	100%

**Tabla 19.** Porcentaje de participación de coberturas en el nivel 1.

### 3.4.2 CAPA DE RESISTENCIA A LA CONECTIVIDAD

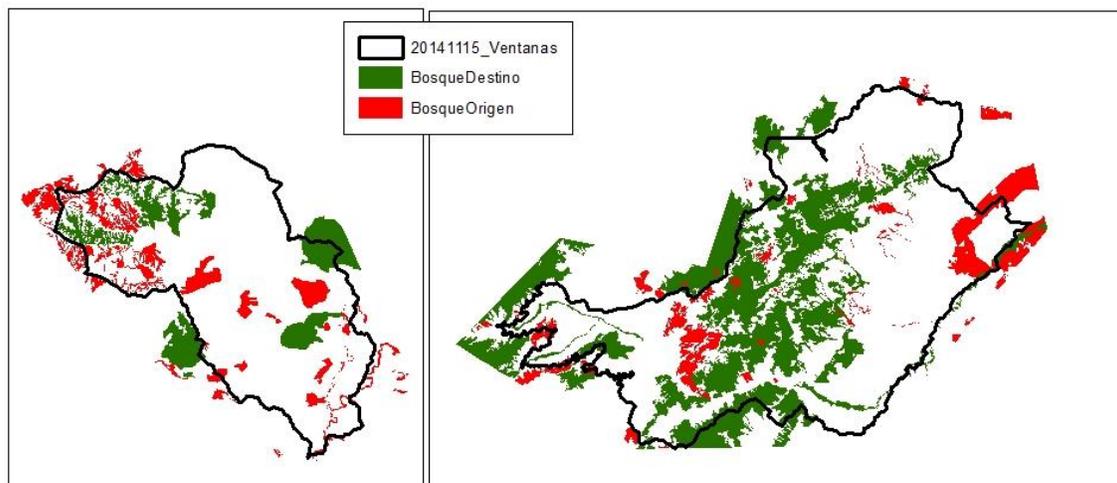
Para esta escala y teniendo en cuenta que no se cuenta con información detallada de drenajes, infraestructura vial ni explotaciones mineras, no fue posible evaluar los escenarios de las ventanas a escala 1:100.000 por lo que se presenta únicamente la resistencia asociada a la cobertura de la tierra según la interpretación para julio de 2014.



**Gráfico 47.** Resistencia a la conectividad

### 3.4.3 CLASIFICACIÓN POR TIPO DE BOSQUE

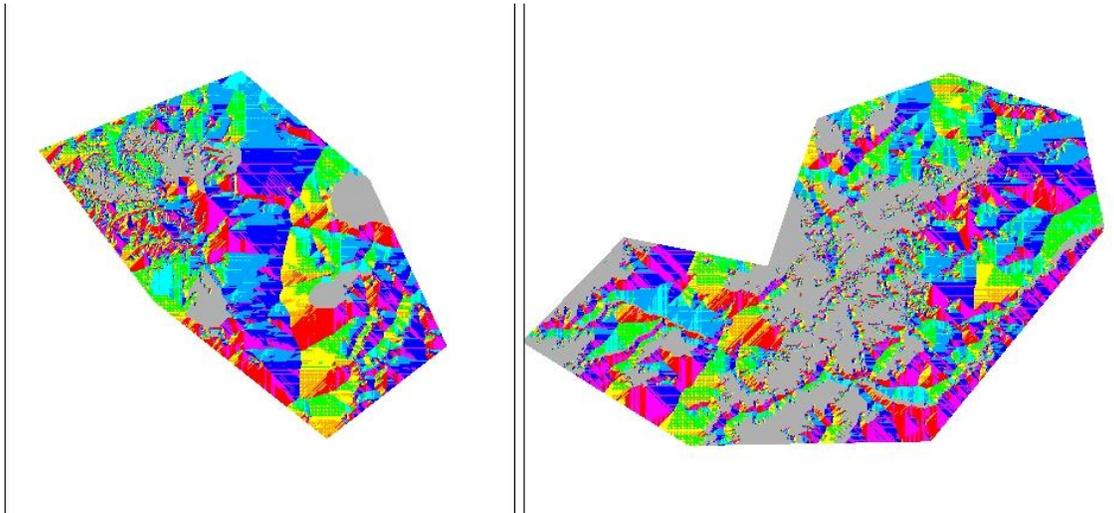
Para este caso se hizo la clasificación por bosque dependiendo el tamaño y su tipo; siendo los bosques destino los bosques densos y de más de 500 ha y los de origen los que son bosques fragmentados, algunas plantaciones y de menor tamaño.



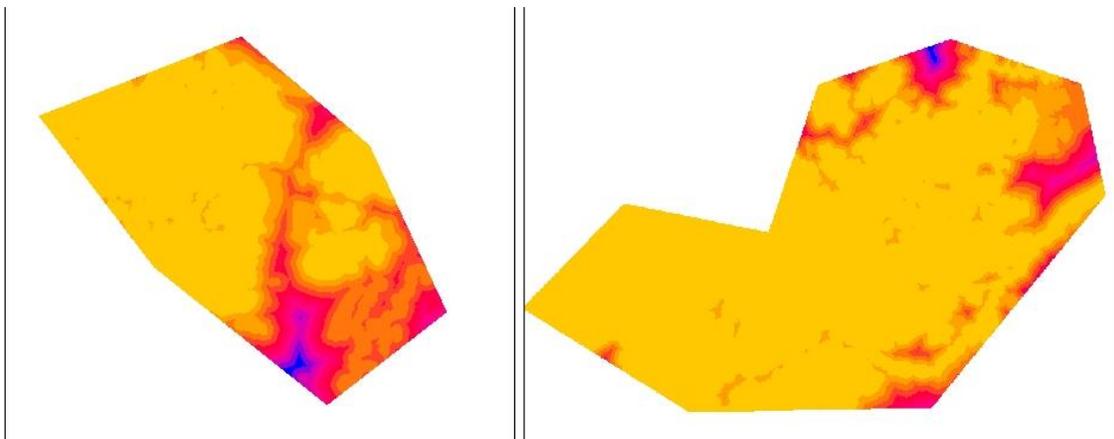
**Gráfico 48.** Clasificación por tipos de bosque (origen y destino).

### 3.4.4 ANÁLISIS COSTO DISTANCIA

A continuación, en los Gráfico 49y Gráfico 50 se observan los insumos para la identificación de rutas, el primero (backlink) indica la dirección que es mejor tomar y en segundo (costo distancia), indica los valores que toma cada pixel para la conectividad a los parches de bosque destino.

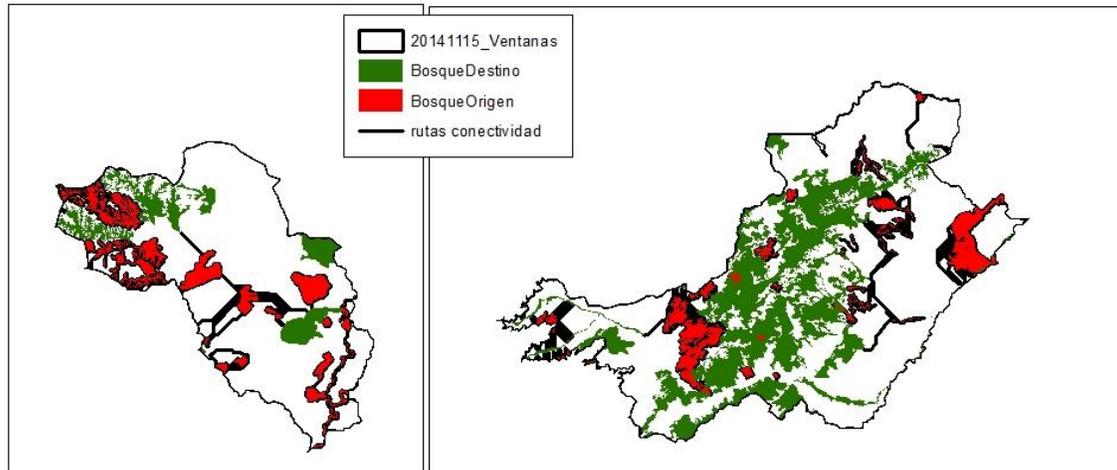


**Gráfico 49.** Back link Ventana Rio Seco y Paladines



**Gráfico 50.** Costo distancia Ventana Rio Seco y Paladines

### 3.4.5 CORREDORES DE CONECTIVIDAD.



**Gráfico 51.** Rutas de conectividad

## 4 BIBLIOGRAFÍA

- Adriaensen F, C. J. (2003). *The application of 'least-cost' modeling as a functional landscape model*.
- Ardila, J. E. (2005). Validación de una Metodología de Clasificación de Imágenes Satelitales en un entorno Orientado a Objetos. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Distrital Francisco José de Caldas*, 61-69.
- Carroll, C. N. (2004). Extinction debt of protected areas in developing landscapes. . En *Conservation Biology* (págs. 18, 1110–1120.).
- Coelho, M. E.-A. (2012). Espírito Santo. Floristic composition and structure of a tropical dry forest at different successional stages in the Espinhaço Mountains, southeastern Brazil. *Interciencia*, 37(3): 190-196.
- De la Cruz, M. y. (2013). *Avances en el Análisis Espacial de Datos Ecológicos: Aspectos Metodológicos y Aplicados*. ECESPA-Asociación Española de Ecología Terrestre.
- De Smith, M. G. (2007). *Geospatial Analysis: A comprehensive guide to principles, techniques and software tools*. Winchelsea Press.
- EEA. (2007). *CLC2006 technical guidelines*. Copenhagen: European Environment Agency.
- ESRI. (2013). *Ayuda ArcGIS*.  
<http://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z000000z5000000>.
- Fernández-Méndez, F. M. (2014). Status of Knowledge, Conservation, and Management of Tropical Dry Forest in the Magdalena River Valley, Colombia. En J. P. A. Sánchez-Azofeifa, *Tropical Dry Forests in the Americas Ecology, Conservation, and Management*. (págs. 35 - 54). Boca Raton, FL.: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Humboldt., I. -I. (1998). *El Bosque seco Tropical (Bs-T) en Colombia. Programa de Inventario de la Biodiversidad Grupo de Exploraciones y Monitoreo Ambiental GEMA*.
- IAvH, I. I. (2011). *Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables 2010*. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM.
- IDEAM, IGAC y CORMAGDALENA. (2008). *Mapa de Cobertura de la Tierra Cuenca Magdalena-Cauca: Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia a escala 1:100.000*. Bogotá, D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi y Corporación Autónoma Regional del río Grande de La Magdalena.
- Martínez, S. (2013). *Herramientas para eAnálisis de la conectividad del paisaje: fundamentos metodológicos y ejemplos de aplicación*. Análisis espacial para la conservación de biodiversidad y paisajes tropicales.
- Meegan, R. P. (2002). Landscape conservation and regional planning for the Florida panther. *Southeastern Naturalist*, 1:217-232.
- Miles, L. A. (2006). A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *Journal of Biogeography*, 33: 491-505. .

- Portillo-Quintero, C. &.-A. (2010). Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas. *Biological Conservation* 143, 144–155.
- Powers, J. J.-A. (2009). Diversity and structure of regenerating tropical dry forests in Costa Rica: Geographic patterns and environmental drivers. *Forest Ecology and Management*, 258: 959-970. .
- Quesada, M. M.-A.-C.-M.-R.-G.-M.-S.-O.-G.-V. (2014). Tropical Dry Forest Ecological Succession in Mexico: Synthesis of a Long-Term Study. En J. P. Sánchez-Azofeifa, *Tropical Dry Forests in the Americas Ecology, Conservation, and Management*. Boca Raton, FL.: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Sánchez-Azofeifa, A. J.-A.-S. (2014). Tropical Dry Forests in the Americas: The Tropi-Dry Endeavor. En J. P. A. Sánchez-Azofeifa, *Tropical Dry Forests in the Americas Ecology, Conservation, and Management*. (págs. 1 -15). Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Sánchez-Azofeifa, A. M.-A. (2005). Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forest. *Conservation Biology*, 19(2): 285-286.
- Saura, S. P. (2011a). Key structural forest connectors can be identified by combining landscape spatial pattern and network analyses. *Forest Ecology and Management*, 262:150-160.
- Saura, S. S. (2011b). Área conexas Equivalente y su aplicación a los bosques de castilla y Leon. *Revista Montes*, 106: 15-21.
- Taylor, P. D. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos* 68, 571-572.
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2014). *Pdi Distrital*. <https://sites.google.com/site/pdidistrital/home/radiancia-y-reflectancia>.
- Vieira, D. &. (2006). Principles of Natural Regeneration of Tropical Dry Forests for Restoration. *Restoration Ecology*, 14(1): 11–20.
- Vogt, P. R. (2007). Mapping spatial patterns with morphological image. *Landscape Ecol*, 171-177.