



Inventario y zonificación de ecosistemas terrestres y acuáticos. Énfasis en los humedales, bosques y sabanas inundables.

Convenio interadministrativo 650–14 entre el Departamento de Vichada y el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt con el objeto de “Aunar esfuerzos económicos y técnicos para desarrollar e implementar programas de innovación para el desarrollo sostenible del Departamento de Vichada, a partir de la ejecución del proyecto: Desarrollo de un marco conceptual, metodológico y operativo para el establecimiento de una figura innovadora de río Protegido en el río Bitá (Departamento de Vichada)”

Noviembre, 2016

Gestor:



Operador:



Interventor:



**CONSORCIO LA PALMITA**

Río Bitá, río protegido





**Gobernación de Vichada**

Luis Carlos Álvarez. Gobernador 2016-2020

Viviana Giraldo. Secretaria de Agricultura de Vichada

Juan Carlos Correa, Supervisor Convenio. Secretaría de Agricultura de Vichada

Sergio Andrés Espinoza. Gobernador 2012-2016

**Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt**

Brigitte L. G. Baptiste. Directora General

Hernando García. Subdirector de Investigaciones, Director (e)

Germán Andrade. Subdirector de Servicios Científicos y Proyectos Especiales

Adriana Camacho. Coordinadora Proyecto.

**Interventoría:**

Consorcio La Palmita

**Apoyo en Textos:**

4D Elements

Fundación Omacha

Fundación Orinoquía

Colectivo ProTerra

Corporación Ambiental La Pedregoza

Consultandes–Universidad de los Andes

Corporación Vasos Comunicantes

**Colaboradores:**

Armada Nacional

WWF

Corporinoquia

Parques Nacionales Naturales de Colombia

# TABLA DE CONTENIDO

<b><u>1. INTRODUCCIÓN.....</u></b>	<b><u>7</u></b>
<b><u>2. METODOLOGÍA .....</u></b>	<b><u>8</u></b>
2.1. RUTA METODOLÓGICA DE INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES .....	8
2.1.1. DESCRIPCIÓN DE IMÁGENES LANDSAT .....	8
2.1.2. GENERACIÓN DEL MOSAICO .....	9
2.1.3. DISCUSIÓN Y ELABORACIÓN DE LA LEYENDA .....	10
2.1.4. INTERPRETACIÓN .....	11
<b>2.2. CONSTRUCCIÓN MAPA DE ECOSISTEMAS .....</b>	<b>22</b>
2.2.1. ESTRUCTURACIÓN DE LA LEYENDA.....	24
<b>2.3. CAMBIO DE COBERTURAS NATURALES A ANTRÓPICAS .....</b>	<b>24</b>
<b><u>3. RESULTADOS.....</u></b>	<b><u>27</u></b>
3.1. DOMINIO, PROVINCIA, DISTRITO Y BIOMAS .....	27
3.2. PAISAJE Y RELIEVE.....	31
3.3. COMPONENTE, USO Y COBERTURA.....	35
3.4. ECOSISTEMAS ACTUALES .....	42
3.5. CAMBIO DE COBERTURAS NATURALES A ANTRÓPICAS .....	47
<b><u>4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</u></b>	<b><u>49</u></b>
<b><u>5. REFERENCIAS.....</u></b>	<b><u>52</u></b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1. Imágenes individuales de landsat 8. Fuente: 4D Elements, 2016</i>	9
<i>Figura 2. Ejemplo de las clases definidas por el algoritmo Cluster ISO. Fuente: 4D Elements, 2016.</i>	14
<i>Figura 3. Ejemplo de las clases definidas por el algoritmo NDVI. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	14
<i>Figura 4. Ejemplo de la clasificación supervisada con el método Interactive Supervised Classification. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	22
<i>Figura 5. Marco conceptual para elaboración mapa de ecosistemas. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	23
<i>Figura 6. Mapa de los distritos biogeográficos. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	28
<i>Figura 7. Clases de Biomas en la subzona hidrográfica del río Bita. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	30
<i>Figura 8. Mapa de paisajes fisiográficos en la subzona hidrográfica del río Bita. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	33
<i>Figura 9. Mapa de Relieve en la subzona hidrográfica del río Bita. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	35
<i>Figura 10. Mapa de uso y cobertura para el área de estudio. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	36
<i>Figura 11. Mapa de ecosistemas presentes en la subzona hidrográfica del río Bita. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	43
<i>Figura 12. Mapa de cambio de cobertura 2009-2016 presentes en la subzona hidrográfica del río Bita. Fuente: 4D Elements, 2016.</i>	47
<i>Figura 13. Cambio de cobertura natural 2005-2009 a coberturas antrópicas 2016 en hectáreas. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	48

## LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1: Distribución de las bandas OLI y TIRS, para las imágenes LANDSAT 8. Fuente: 4D Elements, 2016.</i>	8
<i>Tabla 2. Consolidado de las coberturas y usos de la tierra de las áreas interpretadas para la cuenca del río Bitá, adaptado al método de CORINE Land Cover y Romero-Ruiz a escala 1:50.000. Fuente: 4D Elements.2016</i>	10
<i>Tabla 3. Combinaciones de bandas de imágenes Landsat 8 para la interpretación de coberturas. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	11
<i>Tabla 4. Correspondencia entre las Bandas de Landsat 7 con Landsat 8. Fuente: 4D Elements, 2016.</i>	13
<i>Tabla 5. Ejemplos de coberturas identificadas en la interpretación de las imágenes Landsat.</i>	16
<i>Tabla 6. Definición de criterios de tendencias de cambio de coberturas. Fuente: 4D Elements, 2016.</i>	25
<i>Tabla 7. Dominio, provincia, distrito y tipo de bioma en la subzona hidrográfica del río Bitá Fuente: 4D Elements.2016.</i>	27
<i>Tabla 8. Área en hectáreas del paisaje y relieve para el área de estudio.Fuente 4D Elements, 2016</i>	31
<i>Tabla 9. Coberturas y porcentaje de coberturas para la zona de estudio. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	36
<i>Tabla 10. Leyenda del mapa final de ecosistemas, con sus respectivas áreas. Fuente: 4D Elements. 2016.</i>	44

# 1. INTRODUCCIÓN

En este documento se presenta la identificación y zonificación de los ecosistemas terrestres y acuáticos de la cuenca del río Bitá, para ello se presenta la descripción detallada de la metodología utilizada para la interpretación de las imágenes Landsat con miras a generar el mapa de cobertura de la tierra a escala 1:50.000, así como la construcción de las unidades hidrológicas en un área de 826.530 ha en la Orinoquia Colombiana específicamente en el área de la cuenca del río Bitá (Vichada, Colombia) bajo la metodología *CORINE Land Cover* y *Romero-Ruiz 2013*.

En primera instancia, se describe la metodología general para realizar la interpretación de las imágenes, cuyo proceso parte de la revisión de las imágenes individuales, la elaboración del mosaico pasando por procesos de combinación de bandas, el manejo de histogramas y la aplicación de filtros que permiten finalmente el ajuste de las imágenes en el mosaico a interpretar. Posteriormente, se describe la definición de la leyenda, la clasificación sistemática no supervisada y supervisada, que finalmente condujo a las grandes áreas que son trabajadas a partir de la interpretación manual acorde a la metodología *CORINE Land Cover* y *Romero- Ruiz 2013*. Se realizó el manejo de la combinación de bandas para determinar las mejores opciones e identificar las diferentes coberturas. Con este insumo se realizó el proceso de control de calidad interno para la validación de las coberturas identificadas. Igualmente, se presenta la descripción metodológica para la definición de las unidades hidrológicas para la cuenca con ayuda de la cartografía base IGAC escala 1:100.000 y el modelo digital del terreno a 30 metros de la NASA, 2010.

Posteriormente, se describe el proceso metodológico para la definición de los ecosistemas, donde se asocian los atributos de cobertura y uso del suelo, paisaje, relieve, tipo de bioma y dominio los cuales permite construir e identificar cada uno de los ecosistemas presentes en la cuenca. Seguido, se realiza el análisis de cambio de cobertura entre el periodo 2005-2009 y 2016 de las coberturas antrópicas.

## 2. METODOLOGÍA

### 2.1. Ruta metodológica de interpretación de imágenes

#### 2.1.1. Descripción de imágenes Landsat

Para el área de la cuenca del río Bitá, se adquirieron dos escenas de imágenes Landsat 8 las cuales se encuentran registradas para enero 18 de 2016 y enero 11 de 2016. Estas imágenes se caracterizan por incorporar dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo llamado Thermal Infrared Sensor (TIRS). Las bandas espectrales del sensor OLI, incorpora dos nuevas bandas espectrales: un canal profundo en el azul visible (banda 1), diseñado específicamente para los recursos hídricos e investigación en zonas costeras, y un nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus. Por otra parte, el sensor TIRS recoge dos bandas espectrales en longitudes de onda incluidas por la misma banda en los anteriores sensores TM y ETM+.

Entre las especificaciones que tiene el producto Landsat 8 es el que incorpora 11 bandas multiespectrales que tienen una resolución espacial de 30 metros para las bandas 1-7, 9; la banda pancromática 8, con una resolución de 15 metros y las bandas TIRS 10 y 11 que son remuestreadas a 30 metros pero que se toman originalmente a 100 metros. Viene en formato de datos GeoTIFF, con un remuestreo por convolución cúbica (CC) y una proyección cartográfica de Universal Transversal Mercator (UTM) (estereográfica polar de la Antártida), Datum al Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84. Presenta un error de 12 metros circular, 90% de confianza exactitud global para OLI; 41 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para TIRS y los valores de píxel en 16 bits. La Tabla 1 muestra la distribución de las bandas en OLI y TIRS, y sus características en cuanto a la longitud de onda y resolución de cada una de ellas.

Tabla 1: Distribución de las bandas OLI y TIRS, para las imágenes LANDSAT 8. Fuente: 4D Elements, 2016.

BANDAS	LONGITUD DE ONDA (micrómetros)	RESOLUCION (metros)
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: Infrarrojo cercano	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
Banda 10 – Infrarrojo térmico (TIRS 1)	10.60 – 11.19	100
Banda 11 – Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 – 12.51	100



En la Figura 1, que se encuentra a continuación, se muestran las imágenes de satélite en la combinación de bandas 5-6-2.

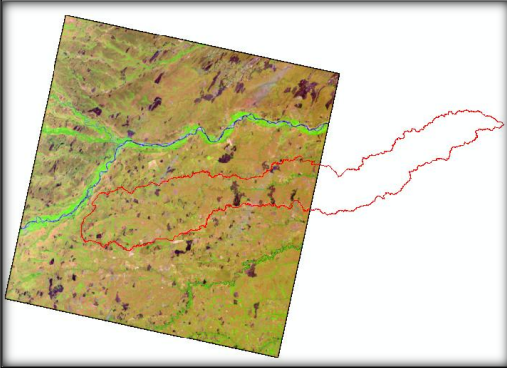
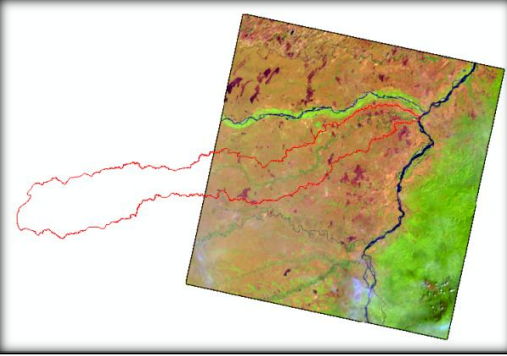
UBICACIÓN	FECHA DE ADQUISICIÓN
Path 5 row 56	<p data-bbox="841 321 987 352">2016-01-18</p>  <p data-bbox="418 724 1409 787">Calidad de la imagen: En cuanto a nubes la imagen posee pocas nubes y tiene muy buena calidad para ser procesadas.</p>
Path 4 row 56	<p data-bbox="841 787 987 819">2016-01-11</p>  <p data-bbox="418 1178 1409 1239">Calidad de la imagen: En cuanto a nubes la imagen posee pocas nubes y tiene muy buena calidad para ser procesadas</p>

Figura 1. Imágenes individuales de landsat 8. Fuente: 4D Elements, 2016

### 2.1.2. Generación del mosaico

El mosaico se elaboró con ayuda de la herramienta Mosaico de *IDRISI Selva*, teniendo como marco de referencia el sistema de coordenadas *Colombia Magna Bogotá*. Esta herramienta permite almacenar, administrar, ver y consultar las imágenes y datos anexos a la misma. Para ello inicialmente, se debe contar con todas las imágenes en un mismo sistema de referencia que para el caso de las imágenes recibidas, se encontraban el sistema UTM zonas 18 y 19 geográfica.

Una vez realizada la unión de las imágenes, se proyectó el mosaico al sistema de coordenadas GCS\_MAGNA, el cual presenta las siguientes características:

Projection: Transverse\_Mercator  
 False\_Easting: 1000000,000000  
 False\_Northing: 1000000,000000

Central\_Meridian: -74,077508  
 Scale\_Factor: 1,000000  
 Latitude\_Of\_Origin: 4,596200  
 Linear Unit: Meter (1,000000)  
 Geographic Coordinate System: GCS\_MAGNA  
 Angular Unit: Degree (0,017453292519943299)  
 Prime Meridian: Greenwich (0,000000000000000000)  
 Datum: D\_MAGNA  
 Spheroid: GRS\_1980  
 Semimajor Axis: 6378137,000000000000000000  
 Semiminor Axis: 6356752,314140356100000000  
 Inverse Flattening: 298,257222101000020000

Para el manejo de las áreas comunes entre las imágenes, se definió el orden de las mismas, dejando las de mejor calidad o de fechas más recientes en la parte superior. De esta manera la herramienta permite evaluar y seleccionar el mejor área de empalme que tenga menos ruido y que finalmente permita balancear los niveles digitales entre imágenes de diferentes fechas y valores.

Luego de realizar varias pruebas en la herramienta MosaicPro se estableció que el mejor resultado se encontró al tener activo Balanceo de Color e Histogram Matched, además de la función set overlap Function se seleccionó en la opción Feather y se generó el archivo de extensión .mop de soporte.

### 2.1.3. Discusión y elaboración de la leyenda

Con base en la leyenda de *CORINE Land Cover* (IDEAM, 2010) y Romero – Ruiz (Andrade, 2014) sobre coberturas terrestres la cual fue adoptada de manera interinstitucional por Colombia a escala 1:100.000, se realizó una propuesta de leyenda a la escala 1:50.000, validada mediante discusiones técnicas con el IAvH. Esta se ajustó a la información disponible, la leyenda nacional *CORINE Land Cover* del IDEAM (2010) y de algunas fuentes locales donde se ha realizado interpretación a escala 1:10.000. En la medida de lo posible y de acuerdo a la información que se podía extraer de las imágenes se consideró desde el nivel 3 o más para territorios artificializados, agrícolas, superficies de agua y áreas húmedas y entre 3 y 6 para bosques y áreas seminaturales. Se tomó como consideraron que la unidad mínima de mapeo de los niveles 2 a 5 fue de 1 ha y de 0.3 para el código 1. Sin embargo, se realizó excepciones de área del nivel 3 y 5 en específico para las coberturas de zonas de quemadas, tierras desnudas y degradadas, zonas de arenas naturales, lagos, lagunas y ciénagas naturales y cuerpos artificiales (Tabla 2).

Tabla 2. Consolidado de las coberturas y usos de la tierra de las áreas interpretadas para la cuenca del río Bitá, adaptado al método de *CORINE Land Cover* y Romero-Ruiz a escala 1:50.000. Fuente: 4D Elements.2016

1 NIVEL	2 NIVEL	3 NIVEL	4 NIVEL	5 NIVEL
Territorios artificializados	Zonas urbanizadas	Tejido urbano continuo		
		Tejido urbano discontinuo		
	Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	Zonas industriales o comerciales Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	Zonas industriales Red vial y territorios asociados	Agroindustrial Red vial
Territorios Agrícolas	Cultivos anuales y transitorios	Mosaico de cultivos		

	Cultivos permanentes	Cultivos permanentes arbóreos				
	Pastos	Pastos limpios				
		Pastos arbolados				
		Pastos enmalezados				
Bosques y áreas seminaturales	Bosques	Bosque denso	Bosque denso medio	Bosque denso medio de tierra firme		
		Bosque de galería y ripario		Bosque denso medio inundable		
	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva	Herbazal		Herbazal denso de tierra firme	Sabana de tierra firme plana	
					Sabana de tierra firme ondulada	
		Vegetación secundaria o en transición			Herbazal denso inundable	Sabana arbolada de tierra firme
						Sabana inundable plana
						Sabana inundable ondulada
						Sabana estacionalmente inundable
	Áreas abiertas sin o con poca vegetación				Sabana permanentemente inundable	
					Zonas arenosas naturales	
					Afloramientos rocosos	
					Tierras desnudas y degradadas	
Superficies de agua	Aguas continentales	Zonas quemadas				
		Ríos (5 m)				
		Lagunas, lagos y ciénagas naturales				





## 2.1.4. Interpretación

### **a. Combinación de bandas de visualización e identificación de coberturas**

Como punto inicial de entrenamiento y familiarización se revisaron las propiedades generales del sistema de Landsat, el cual se puede resumir en que este sistema produce imágenes con una resolución espacial de 30 metros, proveyendo imágenes en cinco bandas espectrales: azul, verde, rojo, borde del rojo e infrarrojo cercano, la banda borde del rojo permite medir las variaciones en la vegetación, permitiendo la separación de las especies y el monitoreo de la salud de la vegetación. Luego se tomó la Banda 8 y realizamos un proceso llamado layer stack que nos permitió mejorar la resolución de las bandas de 30 metros de resolución fusionándola con la banda pancromática de 15 metros.

Con esta información básica, el procedimiento inicial fue cargar las imágenes e identificar una serie de composiciones de bandas que permitieran detectar más fácilmente cada una de las coberturas y los principales patrones espaciales que se encontraban en la zona de estudio. Para ello y con ayuda de las funciones especializadas como el *Stretch* que se incluye dentro del programa ArcGis (el cual permite mejorar las propiedades del contraste y el brillo de las imágenes), se realizó una ecualización del histograma y posteriormente *DRA* (Ajuste de rango dinámico) en algunas combinaciones, lo que permite ajustar la extensión aplicada a la capa ráster utilizando solo los datos contenidos dentro de la extensión del marco de datos. La Tabla 3, muestra las principales combinaciones utilizadas para la interpretación e identificación de las coberturas.

Tabla 3. Combinaciones de bandas de imágenes Landsat 8 para la interpretación de coberturas. Fuente: 4D Elements. 2016..

COMBINACIÓN DE BANDAS LANDSAT 8	VISUALIZACIÓN	USO
Red 5, Green 4, Blue 3		<p>Resalta muy bien todas las coberturas con vegetación fotosintética. Es útil en particular para áreas de bosques, vegetación secundaria y pastos enmalezados.</p>
Red 4, Green 3, Blue 2		<p>Muestra el color verdadero de las coberturas, lo cual facilita la identificación de bosques.</p>
Red 2, Green 3, Blue 4		<p>Esta combinación permite diferenciar las zonas con altos contenidos de agua (vegetación acuática, zonas pantanosas, pastos húmedos) de las quemadas.</p>
Red 5, Green 6, Blue 2		<p>Esta combinación permite realizar una mejor identificación de tierra y agua. La tierra aparece en tonos de naranja y verde, y el agua aparece en tonos de azul.</p>

### ***b. Interpretación digital***

Como punto de partida se realizó una interpretación semiautomatizada para algunos sectores y/o coberturas utilizando los software de IDRISI Selva y ArcGIS 10.3 con sus respectivas herramientas de análisis espacial, mediante un proceso de interacciones de interpretación de las imágenes Landsat 8 con dos metodologías: no supervisada y supervisada.

Previo a realizar las interpretaciones se procedió a realizar el subconjunto de las Bandas de Landsat 8 para homologarlas a las Bandas de Landsat 7 y proceder a efectuar el procedimiento del NDVI (Tabla 4).

Tabla 4. Correspondencia entre las Bandas de Landsat 7 con Landsat 8. Fuente: 4D Elements, 2016.

LANDSAT 7			LANDSAT 8		
BANDA	ANCHO (μM)	RESOLUCIÓN (M)	BANDA	ANCHO (μM)	RESOLUCIÓN (M)
			Band 1 Coastal	0.43 – 0.45	30
Band 1 Blue	0.45 – 0.52	30	Band 2 Blue	0.45 – 0.51	30
Band 2 Green	0.52 – 0.60	30	Band 3 Green	0.53 – 0.59	30
Band 3 Red	0.63 – 0.69	30	Band 4 Red	0.64 – 0.67	30
Band 4 NIR	0.77 – 0.90	30	Band 5 NIR	0.85 – 0.88	30
Band 5 SWIR1	1.55 – 1.75	30	Band 6 SWIR1	1.57 – 1.65	30
Band 7 SWIR2	2.09 – 2.35	30	Band 7 SWIR2	2.11 – 2.29	30
Band 8 Pan	0.52 – 0.90	15	Band 8 Pan	0.50 – 0.68	15
			Band 9 Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band 6 TIR	10.40 – 12.50	30/60	Band 10 TIRS1	10.6 – 11.19	100
			Band 11 TIRS2	11.5 – 12.51	100

### c. Clasificación no supervisada

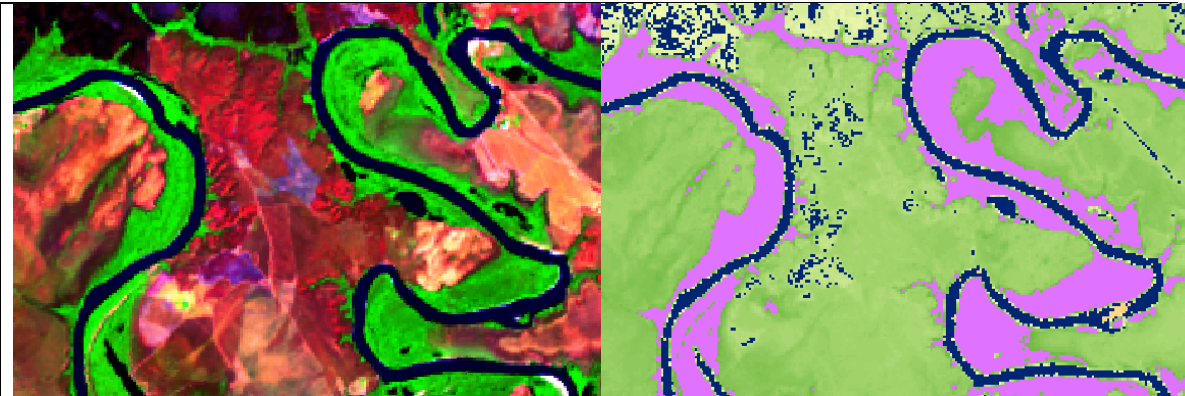
La clasificación no supervisada se realizó a través de dos métodos: i). Clasificación con cluster ISO (Spatial Analyst) y NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

#### Clasificación con Cluster ISO (Spatial Analyst)

Esta herramienta realiza una clasificación no supervisada para la serie de bandas del ráster de las imágenes Landsat mediante el uso de las herramientas Cluster ISO y Clasificación de máxima verosimilitud. La herramienta considera todas las bandas asociada al archivo de origen y para su clasificación se definieron valores de clases entre 5 y 10 clases. De esta manera este archivo nos permite tomar muestras de áreas generales que puedan ser utilizadas para una posterior clasificación supervisada. La Figura 2 muestra el ejemplo de creación de clasificación con el Cluster ISO en las clases.

Mosaico, Bandas 6, 5, 2. ecualizada	Clases definidas por el algoritmo de Cluster ISO y clasificación máxima verosimilitud.
-------------------------------------	--



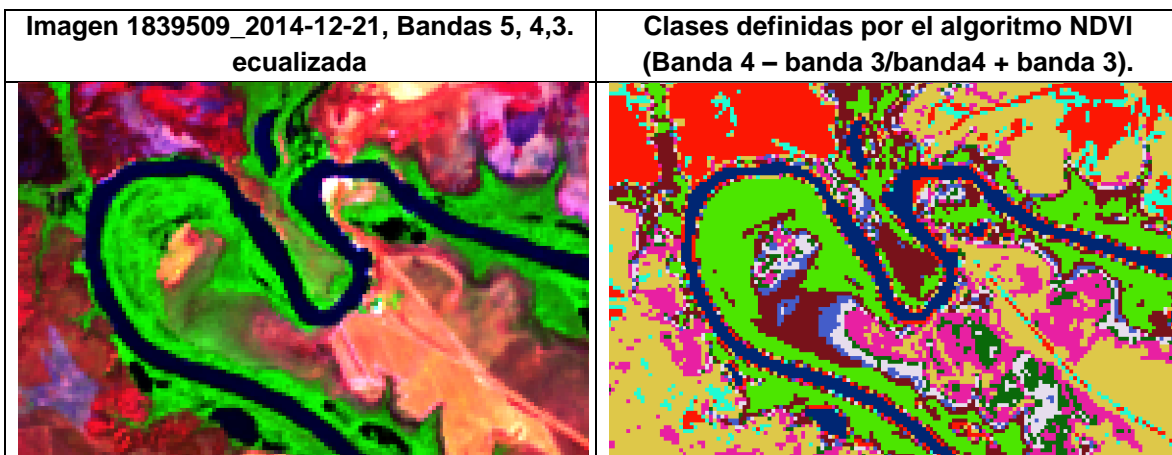


Al aplicar el algoritmo se observa una buena separación de áreas de ríos y bosques. Sin embargo, se ve mezclas con ríos y vegetación secundaria, diferentes tipos de ríos y pastos limpios. Este algoritmo permite tomar muestras generalmente para áreas de aguas.

Figura 2. Ejemplo de las clases definidas por el algoritmo Cluster ISO. Fuente: 4D Elements, 2016.

### Procedimiento NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

Otro método utilizado para el mosaico fue el procedimiento *Normalized Difference Vegetation Index*, el cual permite separar las áreas fotosintéticas de aquellas no fotosintéticas. Este procedimiento es muy útil para separar áreas de bosques y vegetación secundaria. El algoritmo que utiliza, es la resta entre la banda 4 (infrarrojo cercano) – banda 3 (rojo) dividido por la suma de la banda 4 (infrarrojo cercano) más la banda 3 (rojo). Este índice ha sido uno de los más utilizados a nivel mundial como estimador de cambio de diferentes tipos de cobertura vegetal dando buenos resultados, la Figura 3, muestra un ejemplo de su aplicación. Es importante aclarar que el procedimiento de NDVI está diseñado para imágenes Landsat 7 por lo cual se aplicó la Tabla 3 de correspondencia entre imágenes Landsat 8 y el Landsat 7.



Al aplicar el algoritmo se observa una buena separación de áreas de aguas y áreas con vegetación fotosintética. Obsérvese los valores de los rojos en donde se permite separar áreas de bosques, vegetación secundaria y aguas.

Figura 3. Ejemplo de las clases definidas por el algoritmo NDVI. Fuente: 4D Elements. 2016.







La capa resultante es un primer acercamiento a una clasificación de cobertura y muestra los resultados en valores de 0 a 255 sin ningún tipo de agrupación (Color map), en las propiedades de la capa y con el método en clasificado, con una paleta de color que permita diferenciar las clases, en este paso se requirió que la capacidad del intérprete para identificar los rangos de valores en los cuales se encuentran las coberturas, puede seleccionar entre 5 u 8 clases y definir los rangos en los cuales la cobertura tuvo una respuesta.

Una vez con estas dos clasificaciones no supervisadas se pasan a polígono con el fin de que algunos de estos se conviertan en las muestras para iniciar el procesamiento a nivel de clasificación supervisada.



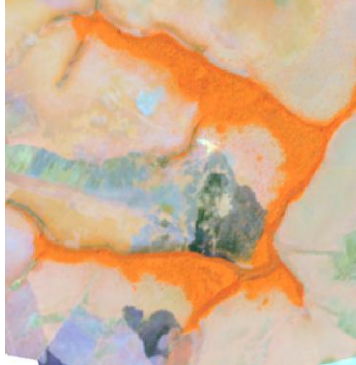

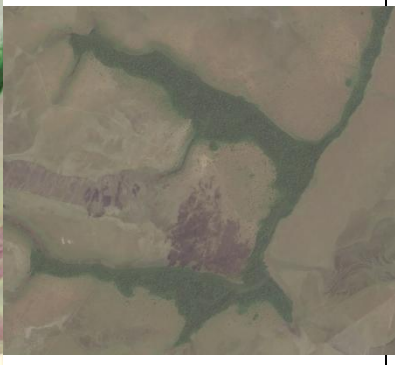


#### ***d. Clasificación supervisada***


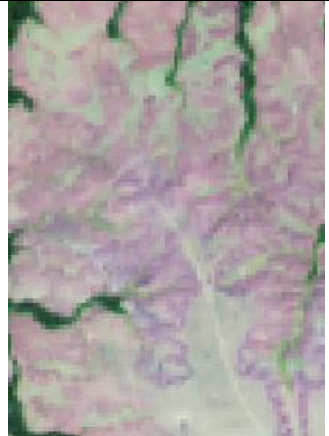




Para iniciar la clasificación supervisada nuevamente se cargaron las imágenes, se seleccionó la composición adecuada (de acuerdo a la cobertura de análisis) y se realizó la ecualización del histograma. Posteriormente, se identificaron con ayuda de la leyenda las coberturas en las diferentes combinaciones, las cuales fueron comparadas con las imágenes disponibles en el *Google Earth*. La Tabla 5, presenta ejemplos de las imágenes con las combinaciones respectivas y un detalle de las descripciones de las diferentes coberturas.

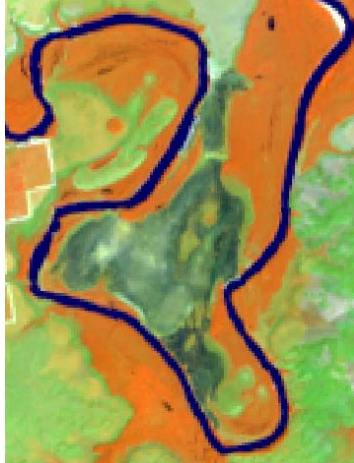


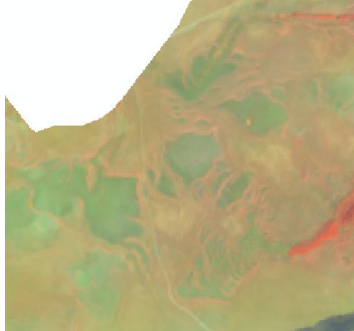


Tabla 5. Ejemplos de coberturas identificadas en la interpretación de las imágenes Landsat.

COMBINACIÓN BANDAS 562	COMBINACIÓN BANDAS 434	IMAGEN BING	COLOR, TEXTURA Y PATRÓN
			<p><b>Plantaciones forestales o Plantación de Caucho, Marañón, Pino, Eucalipto</b>  <u>Color:</u> se caracteriza por presentar color cian con matices marrón en una combinación RGB 562 y en una combinación RGB 434 muestra color verde.  <u>Textura:</u> Presenta una textura fina a media en donde se puede diferenciar los cultivos  <u>Patrón:</u> homogénea con un patrón geométrico en donde se identifican claramente surcos.</p>
			<p><b>1.2.2.1.1 Red vial</b>  <u>Color:</u> las vías se caracterizan por presentar color cian a blanco en una combinación RGB 562 y en una combinación RGB 434 muestra color beige.  <u>Textura:</u> Presenta una textura fina  <u>Patrón:</u> presenta un patrón lineal el cual en gran parte está en red</p>

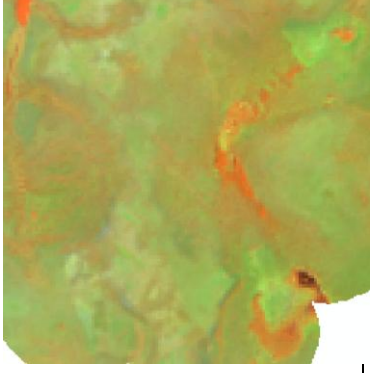

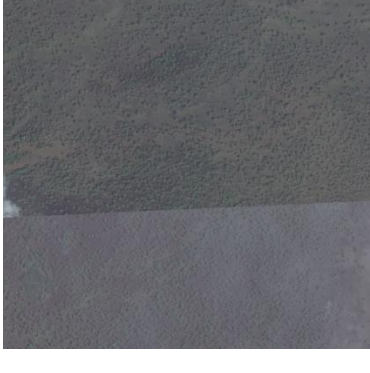


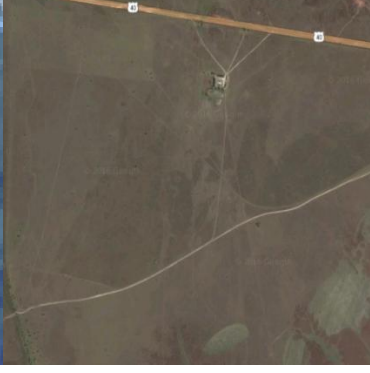
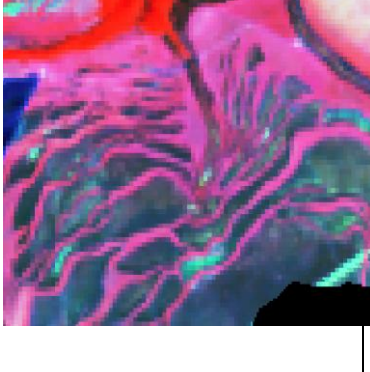
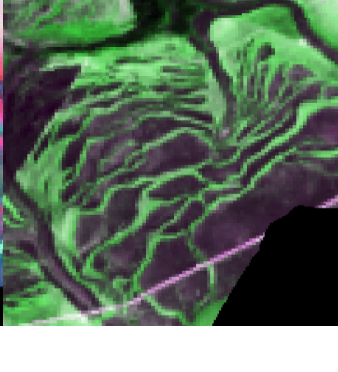
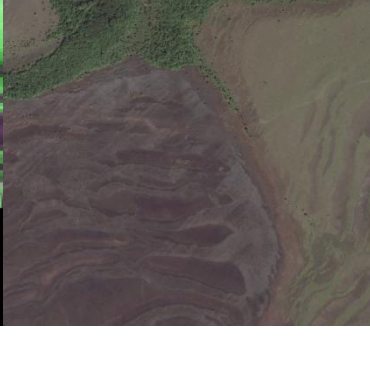


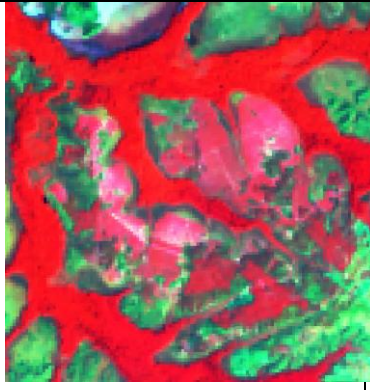
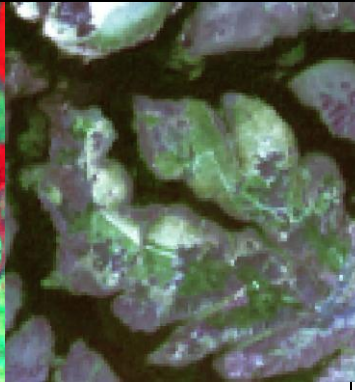

COMBINACIÓN BANDAS 562	COMBINACIÓN BANDAS 434	IMAGEN BING	COLOR, TEXTURA Y PATRÓN
		<p><i>No se reporta imagen</i></p>	<p><b>Quemas</b>  <u>Color:</u> Las pistas se observan de color verde oscuro, en una combinación RGB 562; en una combinación RGB 434 se observan en color morado oscuro.  <u>Textura:</u> Se observa una textura gruesa.  <u>Patrón:</u> Sigue un patrón geométrico dado por la forma inherente a las pistas e infraestructura asociada.</p>
			<p><b>Bosque de Galería o Bosque Ripario</b>  <u>Color:</u> Esta clase de cobertura presenta tonalidades Rojas con matices naranjas en una combinación RGB 562 y en una combinación RGB 434 se ve de color verde.  <u>Textura:</u> Presenta una textura media  <u>Patrón:</u> Sigue un patrón irregular</p>
		<p><i>No se reporta imagen</i></p>	<p><b>Suelos Desnudos,</b> <u>Color:</u> La cobertura muestra un color cian, en algunas ocasiones blanco en RGB 562; en una combinación RGB 434 presentan un color blanco.  <u>Textura:</u> Presenta una textura fina  <u>Patrón:</u> Sigue un patrón geométrico definido por la parcelación de potreros.</p>

COMBINACIÓN BANDAS 562	COMBINACIÓN BANDAS 434	IMAGEN BING	COLOR, TEXTURA Y PATRÓN
			<p><b>Sabana Ondulada de tierra firme</b>  <u>Color:</u> La cobertura muestra un color verde claro, en algunas ocasiones morado claro si son quemas viejas en RGB 562 se denota la altura de la sabana; en una combinación RGB 434 presentan un color morado medio. La variación del color depende de la altura del pastizal.  <u>Textura:</u> Presenta una textura gruesa homogénea.  <u>Patrón:</u> Sigue un patrón irregular</p>
			<p><b>Sabana Plana de tierra firme o Herbazales densos de tierra firme no Arbolada</b>  <u>Color:</u> La cobertura muestra un color verde claro, en algunas ocasiones morado claro si son quemas viejas en RGB 562; en una combinación RGB 234 presentan un color verde. La variación del color depende del contenido de humedad y la altura del pastizal.  <u>Textura:</u> Presenta una textura fina homogénea.  <u>Patrón:</u> Sigue un patrón geométrico definido por la parcelación de potreros.</p>

COMBINACIÓN BANDAS 562	COMBINACIÓN BANDAS 434	IMAGEN BING	COLOR, TEXTURA Y PATRÓN
			<p><b>Sabana Permanentemente Inundada o Herbazales densos Inundados</b></p> <p><u>Color:</u> La cobertura muestra un color verde oscuro en la combinación RGB 562; en una combinación RGB 234 presentan un color morado oscuro. La variación del color depende del contenido de humedad y la altura del pastizal.</p> <p><u>Textura:</u> Presenta una textura fina homogénea.</p> <p><u>Patrón:</u> Sigue un patrón irregular</p>
			<p><b>Sabana Estacionalmente Inundada</b></p> <p><u>Color:</u> La cobertura muestra un color verde oscuro en la combinación RGB 562; en una combinación RGB 234 presentan un color morado oscuro. La variación del color depende del contenido de humedad y la altura del pastizal.</p> <p><u>Textura:</u> Presenta una textura fina homogénea.</p> <p><u>Patrón:</u> Sigue un patrón irregular</p>



COMBINACIÓN BANDAS 562	COMBINACIÓN BANDAS 434	IMAGEN BING	COLOR, TEXTURA Y PATRÓN
			<p><b>Sabana Arbolada o Herbazales densos de tierra firme Arbolada</b>  <u>Color:</u> La cobertura muestra un color verde oscuro en la combinación RGB 562; en una combinación RGB 234 presentan un color morado oscuro. La variación del color depende del contenido de humedad y la altura del pastizal.  <u>Textura:</u> Presenta una textura fina homogénea.  <u>Patrón:</u> Sigue un patrón irregular</p>
			<p><b>Cultivos</b>  <u>Color:</u> La cobertura muestra un color azul claro o blanco en RGB 562; en una combinación RGB 434 presentan un color azul claro o blanco. La variación del color depende del contenido de humedad y la altura del cultivo.  <u>Textura:</u> Presenta una textura fina homogénea.  <u>Patrón:</u> Sigue un patrón geométrico definido por la parcelación</p>
			<p><b>Sabana Ondulada inundada</b>  <u>Color:</u> La cobertura muestra un color verde claro, en algunas ocasiones con franjas de color rosa claro RGB 562 se denota la altura de la sabana; en una combinación RGB 434 presentan un color gris oscuro. La variación del color depende de la altura del pastizal.  <u>Textura:</u> Presenta una textura gruesa homogénea.  <u>Patrón:</u> Sigue un patrón irregular</p>

COMBINACIÓN BANDAS 562	COMBINACIÓN BANDAS 434	IMAGEN BING	COLOR, TEXTURA Y PATRÓN
			<p><b>Morichales</b></p> <p><u>Color:</u> Esta clase de cobertura presenta tonalidades Palo de Rosa con matices rosados en una combinación RGB 562 y en una combinación RGB 434 se ve de color verde claro.</p> <p><u>Textura:</u> Presenta una textura media</p> <p><u>Patrón:</u> Sigue un patrón irregular</p>

A partir de esta identificación y con las muestras que se tomaron de la interpretación no supervisada, las cuales se seleccionaron manualmente entre 100 a 200 muestras digitalizadas con el fin de poder determinar las principales clases que se presentaban en cada una de las coberturas. Una vez seleccionadas y agrupadas las muestras por clases definidas, se trabajó con el algoritmo *Interactive Supervised Classification* de ArcGis que permite agrupar los valores digitales cercanos a las muestras y separar por clases, tal como se muestra en la Figura 4.

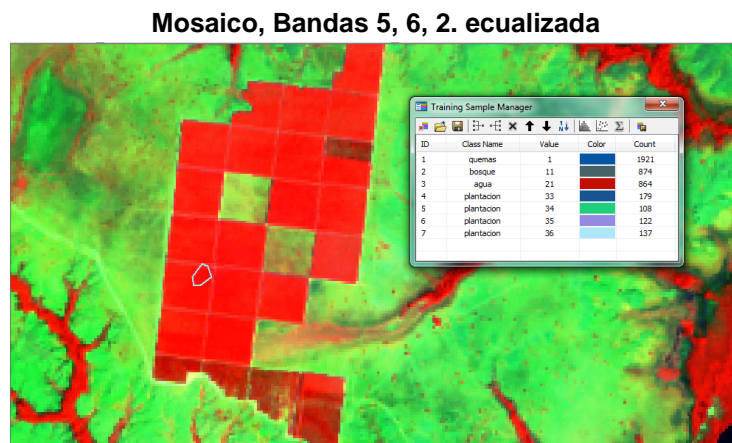


Figura 4. Ejemplo de la clasificación supervisada con el método *Interactive Supervised Classification*. Fuente: 4D Elements. 2016.

Una vez realizada la clasificación supervisada, se inicia la etapa de verificación de esas clases dándole nombres a cada una y posteriormente pasándolas de tipo raster a polígono. En este procedimiento se genera un alto número de polígonos que se hace necesario a través de análisis de *dissolve*, generación de partir los polígonos y eliminación de áreas que permiten separar “individualizar cada clase y polígono”. Para ello la eliminación fue selectiva iniciando la eliminación con aquellas áreas menores de 1 ha.

Posteriormente, a cada una de esas clases creadas, se extrajo como máscara un nuevo raster de la imagen original y se aplicó el mismo mejoramiento de imagen. A cada clase seleccionada se le hizo una clasificación supervisada, de manera que se daba más detalle a la cobertura seleccionada u otras coberturas que se encuentren mezcladas hasta ajustar de manera general a las coberturas que contenían.

Cada una de estas coberturas en raster se pasaron a formato vector, se unieron en un solo shapefile teniendo en cuenta la clase de cobertura, después se aplicó un *dissolve* y *multipart* análisis que se emplea para separar “individualizar cada clase y polígono”. Posteriormente, se calculó el área en hectáreas y a través de la herramienta *Eliminate* se eliminaron los polígonos menores a 0.05 ha inicialmente hasta 1 ha o más de ser necesario.

## 2.2. Construcción Mapa de Ecosistemas

La Figura 5 muestra el esquema metodológico, para la elaboración del mapa de ecosistemas el cual se constituye en una adaptación del mapa de ecosistemas propuestos por (IDEAM, 2015) y para la Orinoquia (Romero Ruiz, Galindo, Otero, & Armenteras, 2004)

y Parques Nacionales de Colombia (Latorre , Jaramillo, Corredor-Gil, & Arias, 2014), los cuales se basaron fundamentalmente en la combinación de cobertura y uso del suelo, paisaje, relieve, tipo de bioma y dominio.

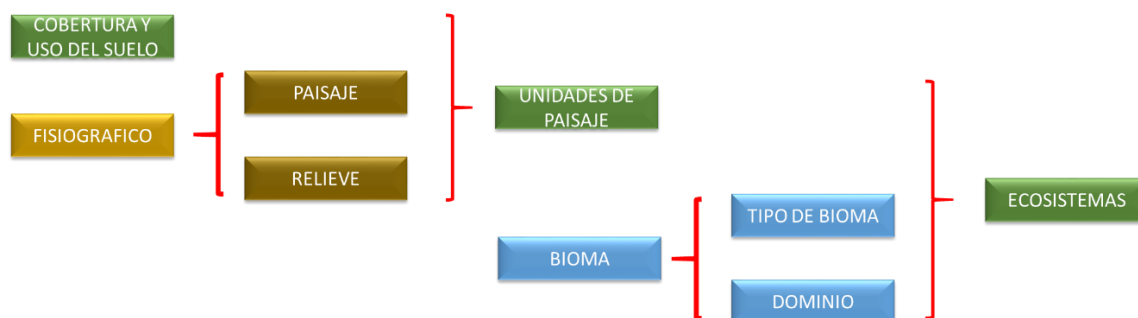


Figura 5. Marco conceptual para elaboración mapa de ecosistemas. Fuente: 4D Elements. 2016.

La identificación de ecosistemas se realizó inicialmente a través de la sobreposición de los mapas de cobertura y uso del suelo, paisaje y relieve, previo al ajuste de estas dos últimas capas. De esta manera se definieron las unidades de paisaje para la zona. Debido a que esta unidad de paisaje se distribuye por toda el área de estudio, atravesando zonas con diferentes tipos de paisajes fisiográficos y relieves su clasificación es en función de la fisiografía y del bioclima; sin embargo, la variable bioclima no se tuvo en cuenta por presentar toda el área homogeneidad en el clima de acuerdo a la clasificación de Caldas Lang utilizada para Colombia.

Posteriormente y con ayuda del mapa eco biogeográfico producido por Parques Nacionales (Latorre , Jaramillo, Corredor-Gil, & Arias, 2014), se realizó la identificación de las provincias, distritos, tipos de biomas y clases de biomas regionales con base en relieve y limitantes edáficas. Para ello y con ayuda del modelo digital del terreno a 30 metros, así como el mapa de cobertura se establecieron los diferentes biomas que se encuentran en la zona de estudio.

Para la definición del mapa de provincias y distritos biogeográficos se tomó como referencia el mapa eco biogeográfico de Parques Nacionales (Latorre , Jaramillo, Corredor-Gil, & Arias, 2014) a escala 1:100.000. Este mapa se basa en la definición conceptual de Hernández Camacho et al (Hernandez-Camacho, Hurtado, Ortiz, & Walschburger, 1992) en el cual se establece que los distritos biogeográficos definidos como *áreas que tengan condiciones climáticas, geológicas y edafológicas similares, dada su historia biogeográfica tiene faunas y flores diferentes*. Por lo tanto, se espera que esta región presente una composición similar de especies y ecosistemas. Las provincias y distritos biogeográficos se convierten en atributos del mapa de ecosistemas que no se reflejan en la leyenda del mismo.

El paso final fue la identificación de los ecosistemas. Para este se integró la información de los biomas con el de unidades de paisaje y se definió la leyenda respectiva para este mapa final. La versión final del mismo contiene como atributos, la información que se genera del

mapa de fisiografía y de distritos biogeográficos anexo a los biomas. De esta manera, estos atributos permitieron caracterizar a cada uno de los ecosistemas que se encuentran en la región. La clasificación de los ecosistemas sigue los lineamientos establecidos en el mapa nacional de ecosistemas (IDEAM, 2015).

### **2.2.1. Estructuración de la Leyenda**

Para la estructuración de la leyenda se incorporaron los cinco componentes primarios descritos anteriormente: i). Cobertura y uso del suelo; ii). Tipo de Paisaje iii). Tipo general de relieve y; iv). Tipo general de bioma. v). dominio biogeográfico. El código final de cada ecosistema fue descrito con un único identificador que contiene las iniciales en mayúscula de cada una de las capas temáticas que constituyen el mismo. A continuación, se presenta un ejemplo de la denominación de los ecosistemas incluida:

- ✓ BGVAALPZOR: Bosque de galería o ripario en Vallecitos de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia
- ✓ BG: Bosque de galería o ripario (Cobertura y uso del suelo)
- ✓ VA: Vallecitos (Paisaje).
- ✓ AL: Altiplanicie (Relieve).
- ✓ PZ: Pedozonobioma (Tipo de Bioma).
- ✓ OR: Orinoquia (Dominio).

### **2.3. Cambio de coberturas naturales a antrópicas**

El cambio de coberturas naturales a coberturas antrópicas es definido como el promedio de la superficie de las coberturas naturales, que se transforma a otro tipo de cobertura no natural, ya sea con fines agrícolas, proyectos de expansión urbana, minera, petrolera, vial, entre otros, en un intervalo de tiempo determinado.

Su importancia radica en que ofrece una medida del cambio en el estado de los ecosistemas en relación con su cobertura, en un área de interés determinada y durante un período de tiempo específico que se traduce en la diferencia entre los instantes de tiempo, años 1 y 2. Es de utilidad para identificar la incidencia de una determinada política en relación con la conservación de ecosistemas, y ofrece un panorama más real de los niveles de alteración de la biodiversidad en una región. La identificación de ecosistemas y la medición de los cambios de cobertura de éstos, contribuye al monitoreo del patrimonio biológico existente en diferentes áreas de interés considerando uno de los niveles superiores de manifestación de la biodiversidad, el nivel ecosistémico.

Igualmente, determinar el cambio de coberturas naturales a antrópicas constituye un insumo vital para entender la pérdida de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que se presentaban en áreas naturales y son remplazados por otros tipos de servicio. La transformación de la cobertura boscosa se relaciona ampliamente con la eliminación de los ecosistemas naturales boscosos y sabanas naturales, los cuales están adaptados a su ambiente biofísico y ofrecen cada uno un paquete de servicios ecosistémicos óptimo para este entorno. La sociedad se beneficia en forma directa o indirecta de estos servicios. Una alta tasa de cambio de cobertura es una indicación de alta presión sobre los recursos, con alto riesgo de degradación y reducción de capacidad adaptativa: pierde su diversidad, sus



funciones y sus capacidades intrínsecas para responder a cambios en su ambiente biofísico. El cálculo de cambios de coberturas en diferentes períodos, ofrecerá información dinámica que permitirá, en posteriores etapas, la formulación de políticas, la priorización de las mismas y la medición de sus logros.

Para obtener la información que permita calcular el índice de tasa de cambio promedio de la superficie de las coberturas naturales se utilizan los parámetros descritos en la Tabla 6.

Tabla 6. Definición de criterios de tendencias de cambio de coberturas. Fuente: 4D Elements, 2016.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN	FUENTE
Cobertura y uso del suelo (Corine Land Cover 2009)	“Las coberturas de la tierra proporcionan información fundamental para diversos procesos nacionales como los mapas de ecosistemas, conflictos de uso del territorio, ordenación de cuencas y del territorio, seguimiento a la deforestación de los bosques, y los inventarios forestales, sólo por citar algunos” (IDEAM, 2010)	(IDEAM, 2014)
Cobertura y uso del suelo (Corine Land Cover, Romero R 2016)		4D ELEMENTS (2016)

Con el fin de estimar la tasa de cambio de las coberturas naturales a antrópicas se empleó la fórmula de (Puyravaud, 2003), donde se define la tasa de cambio promedio anual de la superficie de las coberturas es:

$$TCE_{iht1-2} = \frac{(\ln ATE_{iht2} - \ln ATE_{iht1}) \cdot 100}{(t_2 - t_1)}$$

Donde:

$TCE_{iht1-2}$  es la tasa de cambio promedio anual de la superficie total (porcentaje) de un ecosistema i, en un área de interés h entre dos instantes de tiempo t, 1 y 2.

$ATE_{iht1}$  es la superficie total (hectáreas) de un ecosistema i, en un área de interés h en el instante de tiempo inicial 1.

$ATE_{iht2}$  es la superficie total (hectáreas) de un ecosistema i, en un área de interés h en el instante de tiempo final 2.

$t_1$  es el año correspondiente al instante de tiempo inicial 1.

$t_2$  es el año correspondiente al instante de tiempo final 2.

La unidad de medida de este indicador, es el porcentaje que puede variar entre menos de 100, porque puede perderse todo en un periodo analizado, a 100 puede aumentar hasta poblar todo el mundo (en teoría) con porcentajes de incremento muy altos. En otras palabras, el análisis del valor extremo -100, se obtiene cuando la superficie total del ecosistema, existente en un tiempo inicial  $t_1$  no se registra en el tiempo final  $t_2$ , (deforestación). El indicador se aproxima a 0, cuando luego de transcurrido el período evaluado (diferencia entre 1 y 2), la superficie total del ecosistema no presenta cambios. Finalmente, el indicador aumenta su valor a positivo en la medida que, luego de transcurrido el período evaluado, la superficie total del ecosistema analizado en el área de interés aumenta (regeneración).

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Dominio, Provincia, Distrito y Biomas

Se muestra la jerarquía biogeográfica en términos de dominio, provincia, distrito y tipo de bioma que se encuentran al interior de la subzona hidrográfica del río Bitá – SZH - la Tabla 7. De acuerdo a Latorre, Jaramillo, Corredor-Gil & Arias (2014) la SZH del río Bitá se encuentra en la extensa área de la Región Biogeográfica Neotropical ubicada en la zona ecuatorial intertropical del continente suramericano al oriente de las estribaciones orientales de la cordillera de los Andes, con climas cálidos húmedos y superhúmedos conocido como el **dominio Cisandino**, el cual atraviesa toda la cuenca de los ríos Orinoco y Amazonas.

Tabla 7. Dominio, provincia, distrito y tipo de bioma en la subzona hidrográfica del río Bitá Fuente: 4D Elements.2016.

DOMINIO	PROVINCIA	DISTRITO	TIPO BIOMA	AREA HA	%	
Cisandino	Guayana	Complejo, Cerros, Mesetas y Afloramientos Escudo Guayanés	Pedozonobioma	218	0.03	
		Total, Complejo, Cerros, Mesetas y Afloramientos Escudo Guayanés		218	0.03	
		Total, Guayana		218	0.03	
	Orinoquia	Maipures		Hidrobioma	342	0.04
				Pedozonobioma	3,204	0.39
			Total, Maipures		3,545	0.44
		Sabanas altas		Hidrobioma	10,444	1.29
				Pedozonobioma	775,744	95.50
		Total, Sabanas altas		786,188	96.78	
		Vías	Vías	22,360	2.75	
	Total, Vías		22,360	2.75		
Total, Orinoquia	Total Orinoquia			812,094	99.97	
Total general				812,312	100.00	

Este se caracteriza por presentar un relieve por un sistema de planicies, lomeríos, macizos, afloramientos rocosos antiguos, y un vasto sistema de planicies aluviales de desborde. La vegetación para el Bitá es caracterizada por formaciones de sabana mal y bien drenada, así como por bosques de galería y elementos dispersos de vegetación rupícola.

Esta gran unidad biogeográfica (Dominio) se encuentra compuesta por las provincias: VI. Orinoquia, VII. Guayana, sensu Hernández-Camacho, Hurtado, Ortiz, & Walschburger (1992). La provincia de **la Orinoquia** cubre para esta subzona un área de 812.094 ha que corresponde al 99,9% del territorio mientras que la provincia de **la Guayana** únicamente tiene un área de 218 ha que corresponde al 0,3% del área restante, la cual se ubica en el área aledaña a la cabecera municipal de Puerto Carreño. Dentro de la provincia de **la Orinoquia**, la subzona del río Bitá tiene 2 distritos biogeográficos (Figura 6):

- **Sabanas altas** que se ubican a lo largo de toda la Subzona, la cual se caracteriza por presentar un relieve de superficies planas a ligeramente onduladas donde predominan áreas bajas depresionales con relieve plano-cóncavo encontrando en su interior formaciones típicas e sabanas inundables, estacionalmente inundables, lomas y colinas, así como un gran complejo de bosques de galería. Este distrito

cubre un área total de 786.188 ha que corresponde al 96,7% del territorio del río Bitá.

- **Maipures:** Por su parte el distrito Maipures que se ubica principalmente en el sector oriental de los Llanos en el municipio de Puerto Carreño, tiene un área total de 3.545 ha que equivalen al 0,44% del territorio.

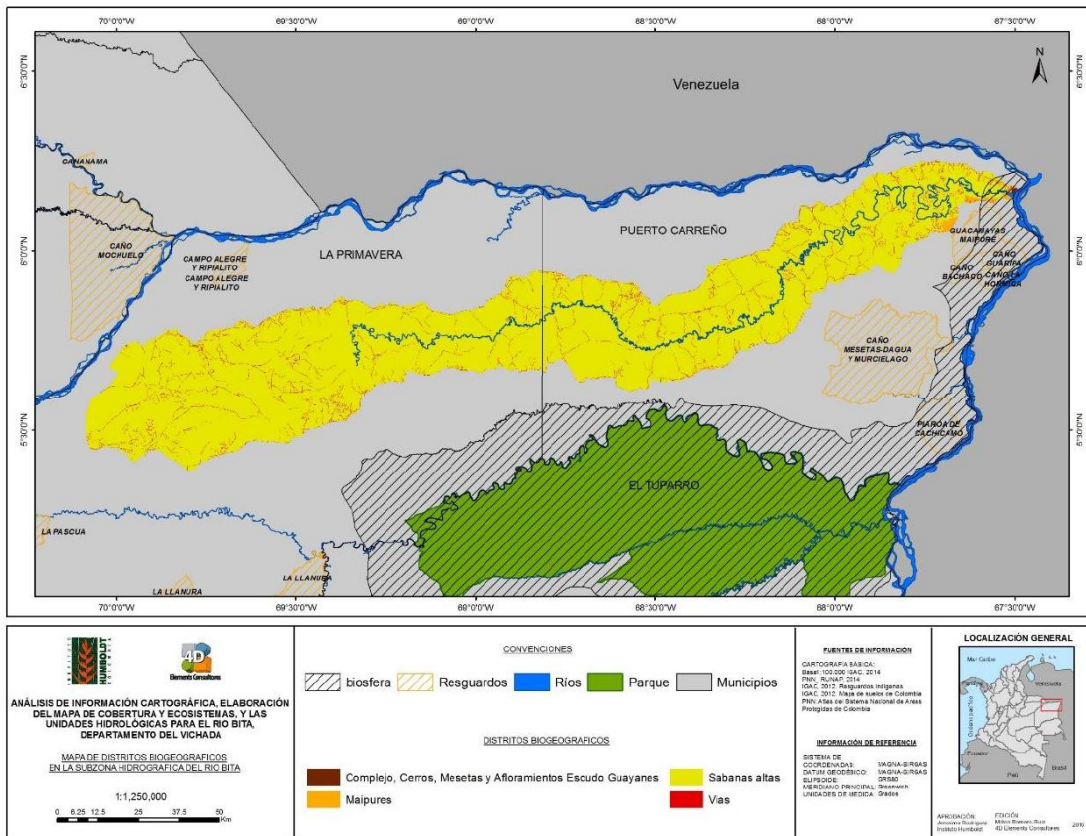


Figura 6. Mapa de los distritos biogeográficos. Fuente: 4D Elements. 2016.

Por su parte, dentro de la provincia de Guayana se encuentra el distrito de complejo, cerros, mesetas y afloramientos escudo guayanés que se encuentra ubicado en las estribaciones de la cabecera municipal de Puerto Carreño y que tiene un área de 218 ha que equivale al 0.03% del territorio.

A nivel de tipo de bioma, en el área se encuentra dos tipos:

- **Pedozonobioma:** áreas las cuales son caracterizadas más por condiciones edáficas, que climáticas que de acuerdo a Walter, 1980, los define como áreas con tipos extremos de suelos y vegetación azonal, donde los suelos juegan un papel más importante que el clima. Su extensión es de 779.166 ha.

- **Hidrobioma:** áreas que corresponden a todas aquellas superficies de agua que atraviesan una región en donde no existe un suelo superficial y poca presencia de especies vegetales en aquellas áreas donde el agua corre con presencia de vegetación acuática en áreas confinadas de lagos y lagunas. Para la Subzona corresponde al curso principal del río Bitá y todas aquellas lagunas asociadas al mismo, con un área total de 10.786 ha.

Finalmente, Latorre et al., (2014) define las clases de biomas presentes en la Orinoquia Colombiana destacándose para la subzona hidrográfica del río Bitá 7 clases de biomas clasificados así (Figura 7):

***Subxerotropofítico Tropical:*** Bioma azonal conocido como “sabanas” caracterizado por presentar una vegetación con predominio de herbáceas, en las cuales pueden aparecer entremezclados arbustos y subarbustos esparcidos, e inclusive árboles y palmeras. Las sabanas se desarrollan en climas semihúmedos y semiáridos, con precipitación promedio que oscilan entre 1.000 a 2.800 mm año. La distribución de las lluvias en el año muestra la alternancia de temporadas secas y lluviosas, presentándose entre cuatro a siete meses de sequía pronunciada.

El relieve de las sabanas es plano a ligeramente inclinado, ocasionalmente, se encuentra en terrenos ondulados. Los suelos son pobres en materia orgánica con textura media o gruesa, pobres en nutrientes y con nivel freático profundo. En el oriente los suelos son ricos en óxidos de hierro; y altos contenidos aluminio, lo cual es un factor tóxico limitante para la vegetación.

En resumen, las sabanas constituyen un complejo de formaciones naturales que son clímax edáficos que son afectadas por incendios periódicos (*Pyroclimax*), debido a causas naturales y cuya frecuencia se ha intensificado debido a la ocupación humana, lo que dificulta establecer sus verdaderos límites. En términos generales se pueden distinguir dos grandes tipos de sabanas a saber, las sabanas “estacionales” o con régimen altermohigróico en las que se pueden diferenciar las sabanas bien drenadas de planicies y las sabanas bien drenadas de piedemonte. El otro gran tipo denominadas sabanas “hiperestacionales” o inundables con drenaje deficiente que se inundan durante la temporada lluviosa y en las que se podrían encontrar las sabanas mal drenadas de la llanura eólica y las sabanas mal drenadas en condiciones semiáridas.

Las sabanas altermohigróicas ocupan un vasto sector de la altillanura plana y ondulada donde son interrumpidas por bosques de galería y humedales tropicales.

### **Helofítico tropical**

***Bioma Freatofítico Tropical (Bosque de Galería):*** Bioma azonal asociado perimetralmente a los drenajes, están localizados en zonas bajas mal drenadas con fondos planos o cóncavos, donde se depositan materiales finos. En general, el bioma freatofítico se asocia con bosques de galería o riparios, los cuales, pueden formar franjas a lo largo de

ríos, cursos de aguas permanentes o temporales y en muchos casos son inundados transitoriamente cada año.

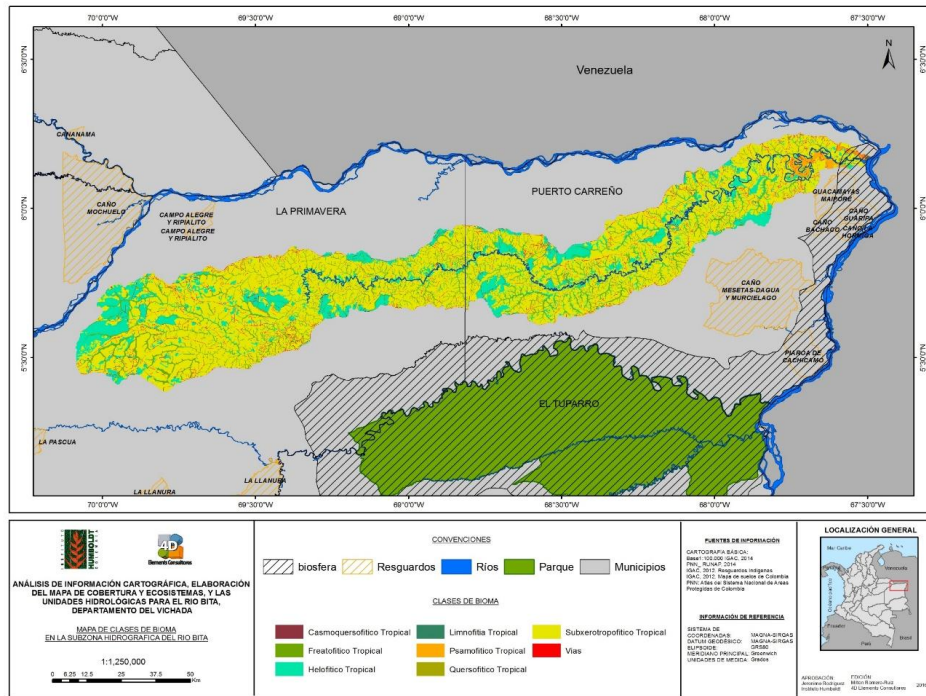


Figura 7. Clases de Biomas en la subzona hidrográfica del río Bitá. Fuente: 4D Elements. 2016.

Los bosques riparios o de galería se localizan en climas semihúmedos a desérticos, en los cuales se presenta estrés hídrico durante cortos a largos períodos al año, se resaltan las características edáficas en estas zonas puesto que son más húmedas que la de los alrededores, por tal razón, la vegetación es más exuberante.

Este bioma tiene gran importancia como “corredores” para la dispersión de la biota silvícola y albergue de fauna silvestre, durante temporadas secas desfavorables en los alrededores. En este sentido, se convierten en zonas de alta importancia y función por su capacidad de provisión, regulación y soporte de bienes y servicios ambientales, como también la filtración del recurso hídrico.

Los bosques de galería tienen su mayor extensión en las sabanas de la altillanura en la Orinoquía, así como en la provincia pericaribeña y los valles medio, y alto del río Magdalena.

### **Limnofitia tropical**

**Bioma psamofítico del piso térmico cálido. (Playas, médanos, dunas tropicales):** Bioma azonal que se desarrolla en suelos arenosos poco evolucionados localizados en playas y dunas o médanos, compuestos por la acumulación de sedimentos sucesivamente. Las playas, compuestas por sedimentos acumulados sucesivamente, integradas por arenas de grano medio a grueso y localmente gravillas. Su formación está asociada a la

redistribución de los aportes aluviales, debido al socavamiento del río y la erosión superficial ocurrida en el lecho y las márgenes del mismo.

Por otro lado, los médanos y dunas corresponden a formaciones arenosas asociadas a climas áridos o desérticos, ya sean actuales o antiguos (para el caso de Colombia asociado al último período glacial durante el pleistoceno). La vegetación de las dunas estabilizadas se entremezcla con un considerable número de especies de los biomas xerofíticos adyacentes.

La cobertura puede ser rala o densa con especies leñosas y hierbas rastreras, incluye especies halofitas, así como un considerable número de especies de los biomas xerofíticos, subxerofíticos y de sabanas adyacentes.

### **Quersofítico Tropical**

#### ***Bioma casmo-quersofítico del piso térmico cálido. (Vegetación rupícola tropical):***

Bioma azonal localizado en forma de enclaves sobre un substrato granítico o de areniscas cuarcíticas derivadas de la disección de rocas duras, derivando un relieve residual, de escorrentía rápida y baja capacidad de regulación y retención hídrica. La vegetación bajo estas circunstancias se adapta a estrés hídrico, aun cuando las condiciones climáticas sean húmedas y se encuentren selvas higrofiticas o subhigrofiticas en los alrededores.

La vegetación se encuentra compuesta por un complejo de comunidades vegetales de porte bajo, con presencia de herbáceas como gramíneas, vegetación arbustiva y semiarbustiva de matorrales más o menos abiertos.

También se encuentran arboles achaparrados de cinco metros. En general, este complejo de vegetación recibe el nombre de “vegetación rupícola”, y se encuentran muestras representativas de este bioma al oriente de Colombia ligados a la disección de afloramientos del escudo guayanés, localizados de forma predominante a orillas del río Orinoco en los departamentos de Vichada y Vaupés.

En los cerros que presentan este pedobioma, puede observarse la transición hacia bosques con mejor desarrollo, como algunos con predominio de palmas que alcanzan alturas superiores a los diez metros. La flora en estos pedobiomas tiene un alto grado de endemismos y muestra estrechas afinidades con la de los “tepuyes” del sur de Venezuela, Guayana, Surinam, Guayana Francesa y sectores colindantes del Brasil (Hernández-Camacho y Sánchez, 1992). Su distribución en Colombia se halla en la Orinoquía y Amazonia.

## **3.2. Paisaje y Relieve**

La caracterización fisiográfica para el mapa de ecosistemas partió del mapa de ecosistemas del (IDEAM, 2015) y de (Romero Ruiz, Galindo, Otero, & Armenteras, 2004), el cual dentro de sus atributos presenta la información referente a paisaje y relieve. Estas características son descritas en la Tabla 8.

Tabla 8. Área en hectáreas del paisaje y relieve para el área de estudio. Fuente 4D Elements, 2016

PAISAJE	RELIEVE	AREA (HA)	%
Altiplanicie	Campos de arenas	11.199	1,38



	Depresiones	143.294	17,64
	Glacis	683	0,08
	Lomas y colinas	266.978	32,87
	Ondulaciones	250.764	30,87
	Vallecitos	67.574	8,32
Total Altiplanicie		740.491	91,16
Peniplanicie	Aplanamientos	4.418	0,54
	Montes e islas	96	0,01
Total Peniplanicie		4.514	0,56
Valle	Planos de desborde o inundación	34.102	4,20
	Superficies de agua	10.786	1,33
	Vegas	59	0,01
Total Valle		44.947	5,53
VIAS	Vías	22.360	2,75
Total VIAS		22.360	2,75
Total general		812.312	100,00

Como resultado de este ejercicio se identificó un total de 3 tipos de paisaje en los que se encuentran 11 tipos de relieve predominando para toda el área de estudio, el paisaje de la Altiplanicie en un 91.2% (740.490 ha), seguido del paisaje de Valle con 5,6% (44.947 ha) y Peneplanicie con 0.6% (4.514 ha) (Figura 8).

La **Altiplanicie** también denominado Altillanura la cual puede ser dividida en dos tipos de paisajes i) estructural erosional, y ii) depositacional. El paisaje de altiplanicie estructural erosional comprende las planicies altas soleventadas antes del pleistoceno superior, como bloques basculados hacia el oriente. Está conformada de sedimentos del terciario superior al cuaternario inferior, de distintas constituciones que han generado diferentes grados de disección en el territorio.

El altiplano estructural erosional ha sufrido un proceso de denudación que ha iniciado con la erosión producida por la escorrentía, seguido de un proceso de profundización y ensanchamiento de los cauces, hasta configurar un relieve de colinas aplanadas. El sistema fluvial, normalmente, sigue un modelado dendrítico, con segmentos homogéneos en cuanto a longitud y profundidad, pero con diferencias en su densidad y en la forma y amplitud de los interfluvios. La morfología que se presenta permite distinguir en el río Bitá dos tipos de relieves característicos:

- **Superficies planas a onduladas**, que cubren un total de 250.764 ha (31%) las cuales se caracterizan por presentar pendientes no superiores a 7% con superficies extensas con interfluvios planos a convexos y laderas ligeramente onduladas.
- **Superficies lomas y colinas** se desarrollan en materiales limo-arenosos con inclusiones de arcillosos, cubriendo un área total de 266.978 ha (33% del territorio). Las cimas son onduladas a planas y laderas medianas a inclinadas con pendientes entre 10 a 25%.



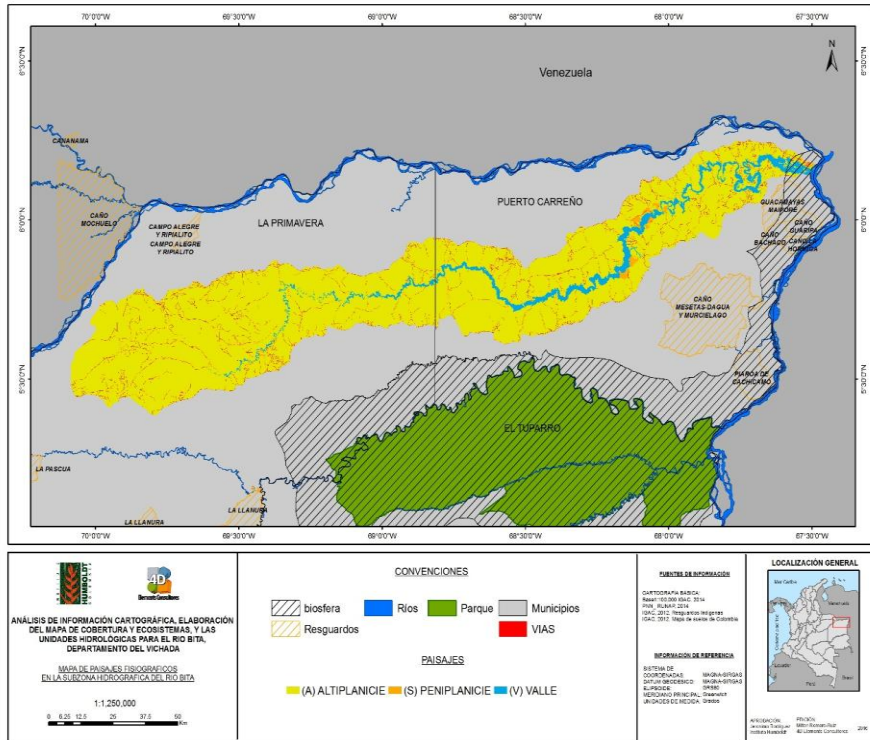


Figura 8. Mapa de paisajes fisiográficos en la subzona hidrográfica del río Bitá. Fuente: 4D Elements. 2016.

Por su parte, el altiplano depositacional se caracteriza por la generación de zonas de acumulación o depositación. Dentro de esta altillanura se encuentran tres relieves importantes:

- **Vallecitos:** Estos corresponden a las franjas de disección, por donde corren los drenajes de agua de escorrentía, a medida que las corrientes son mayores, los vallecitos se van ensanchando generando planos de inundación y en algunos casos terrazas bajas. Estos vallecitos corresponden a franjas estrechas y muy alargadas, conectando unas con otras, de relieve plano cóncavo y formada por sedimentos coluviales y aluviales medios y finos.
- **Glacis:** zonas transicionales entre las superficies de la altillanura estructural y los vallecitos, conformando superficies inclinadas y corrugadas, en ocasiones depresionales (bajíos y esteros). Los materiales constitutivos son coluviones finos precedentes de la altillanura, el relieve es ondulado a plano, con concavidades, pendientes inferiores al 7% y fluctuaciones del nivel freático. En la Subzona se encuentra en el sector medio en áreas aledañas al río Bitá, con una extensión de 683 ha que corresponde a 0.08% del territorio.
- **Campos de arena** o dunas, que son lineamientos de la dirección de las dunas, que se caracterizan por la escasa vegetación y un relieve ligeramente ondulado cimas amplias y depresiones cortas, con pendientes inferiores a 5%. Se encuentran en la parte baja de la Subzona hidrográfica con un área de 11.199 ha que corresponde al 1.4% del territorio.

El Paisaje de **Valle** también conocido como *Llanura aluvial de ríos andinenses*, se caracteriza por ser planicies bajas y muy extensas, formadas por ríos trenzados y meándricos que nacen en la altiplanicie. En la subcuenca este paisaje se presenta en áreas aledañas al río Bitá en el relieve denominado **planos de desborde o inundación** con 34.102 ha (4,2%).

Estos planos de inundación comprenden además las denominadas **vegas** (este último que bordea el río Orinoco con una extensión de 59 ha) y sobrevegas de los ríos que con frecuencia sufren proceso de inundación (por lo menos 1 cada 2 años), pero que constantemente tiene su nivel freático cerca de la superficie. Igualmente, en este paisaje se incluye las superficies de agua conformadas por las áreas de ríos, lagunas y lagos con 10.786 ha (1,3%) y vegas con 59 ha (0,01%).

Finalmente está el paisaje de **peniplanicie**, el cual se constituye por el basamento continental y representa un relieve residual producto de aplanamiento relativo de antiguos sistemas montañosos y colinados.

Desde el precámbrico este paisaje ha sido constantemente labrado por procesos de erosión geológica hasta conformar en la actualidad **peniplanicies o aplanamientos** (4.418 ha en la Subzona) y relieves residuales de sierras, cerros tabulares (**montes e islas**) con 96 hectáreas siendo este último relieve el de menor representación y el cual se ubica únicamente en el sector aledaño a Puerto Carreño (Figura 9).

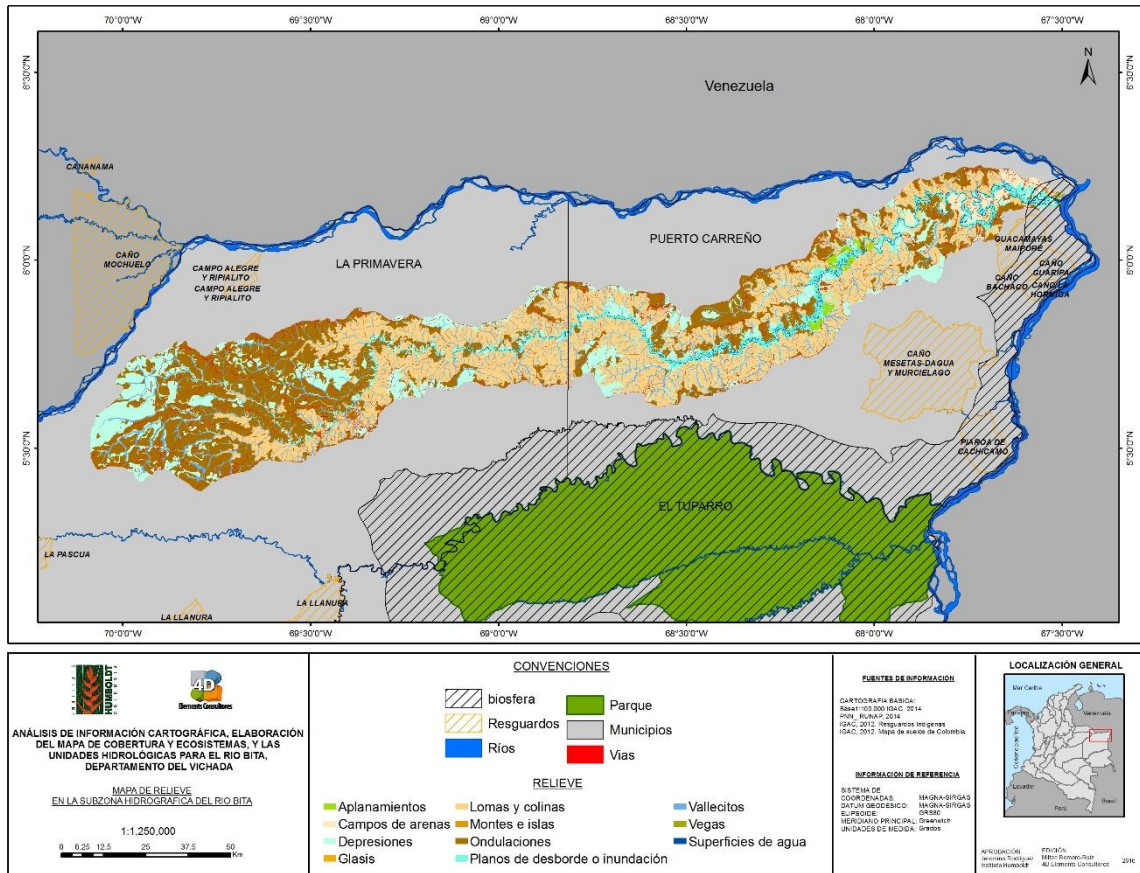


Figura 9. Mapa de Relieve en la subzona hidrográfica del río Bitá. Fuente: 4D Elements. 2016.

### 3.3. Componente, Uso y Cobertura

El resultado de la interpretación de imágenes de satélite Landsat 456 y 556 de enero de 2016, se muestra en la Tabla 9 y la Figura 10, este fue realizado a partir de la utilización de la leyenda adaptada para el proyecto, que consiste en una combinación entre la propuesta por el IDEAM (2010) para construir el mapa de cobertura y uso de la tierra en Colombia y de Romero en Andrade (2014) para la construcción del mapa de cobertura y uso para la cuenca del río Elvita en Vichada (Colombia).

En general, se afirma que el área es bastante homogénea en términos de su uso y cobertura, pues cerca del 95% de su territorio está constituido por coberturas naturales de bosques y áreas seminaturales; mientras que los territorios agrícolas cubren solamente un 2,5% del territorio y las áreas urbanas un 3%.

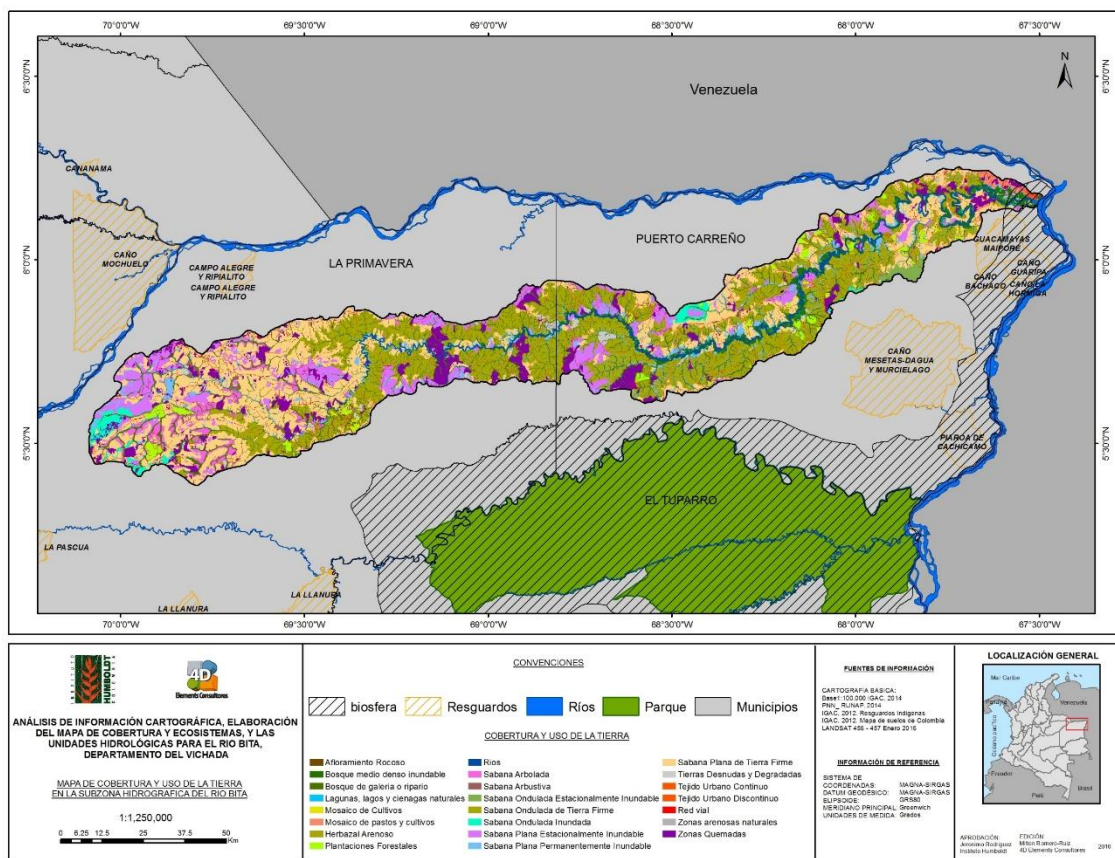


Figura 10. Mapa de uso y cobertura para el área de estudio. Fuente: 4D Elements. 2016.

Tabla 9. Coberturas y porcentaje de coberturas para la zona de estudio. Fuente: 4D Elements. 2016.

COBERTURA	ÁREA (ha)	%
Red vial	22.360	2.75
Tejido Urbano Continuo	24	0
Tejido Urbano Discontinuo	457	0.06
Mosaico de Cultivos	123	0.02
Mosaico de pastos y cultivos	3.718	0.46
Plantaciones Forestales	16.339	2.01
Afloramiento Rocoso	96	0.01
Bosque de galería o ripario	67.574	8.32
Bosque medio denso inundable	33.399	4.11
Sabana Arbolada	15.010	1.85
Sabana Arbustiva	1.440	0.18
Sabana Arenosa	840	0.1
Sabana Ondulada de Tierra Firme	231.776	28.53
Sabana Ondulada Estacionalmente Inundable	4.928	0.61
Sabana Ondulada Inundada	12.102	1.49

Sabana Plana de Tierra Firme	206.783	25.46
Sabana Plana Estacionalmente Inundable	70.433	8.67
Sabana Plana Permanentemente Inundable	48.343	5.95
Tierras Desnudas y Degradadas	10.121	1.25
Zonas arenosas naturales	157	0.02
Zonas Quemadas	55.660	6.85
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	2.707	0.33
Ríos	7.922	0.98
<b>Total</b>	<b>812.312</b>	<b>100</b>

Dentro de los **bosques y áreas seminaturales** puede decirse que para enero del 2016 un total de 591.655 hectáreas que corresponde al 73% del área se encuentra cubierto por diferentes tipos de sabanas y bosques.

- **Sabanas de tierra firme:** Estas sabanas se ubican a lo largo de toda la subzona del río Bitá, principalmente en su sector medio y bajo. De acuerdo a Rangel, Aguilar, & Lowy (1987) estas sabanas se ubican en alturas inferiores a 300 msnm y se caracterizan por tener una vegetación predominantemente herbácea donde las Poaceae; Cyperaceas, Lamiaceas entre otras se destacan. Geomorfológicamente, se ubican en áreas de la altiplanicie plana y de lomas y colinas con un área total de 231.776 ha (28,5%) para **las sabanas onduladas de tierra firme** y 206.783 ha (25,5%) para las **sabanas planas de tierra firme**.
- **Sabanas inundables:** que de acuerdo a Sarmiento (1983), las clasifica como sabanas hiperestacionales donde las condiciones de estrés hídrico y las condiciones climáticas le confieren sus características particulares. Estas se subdividen para el Bitá de acuerdo con el paisaje y relieve en el que se encuentran e incluye de dos tipos.
- **Sabana permanentemente inundable (planas u onduladas)** la cual permanece inundada durante la mayor parte del año (8 a 12 meses) con 30-100 cm de agua (Huber & Alarcon, 1988). Estas se localizan principalmente en las riberas de los bosques de galería, los planos de inundación y en algunas depresiones de la altiplanicie. En extensión las **sabanas planas permanentemente inundables** con 48.343 ha (6 %) y las **sabanas onduladas inundadas** de 12.102 ha que corresponde al 1,5% del territorio.
- **Sabanas inundables estacionalmente;** la cual se ve sometida a procesos de inundación por algunos periodos de tiempo (6 a 8 meses) y se ubican principalmente en la parte alta y algunos sectores de sector medio de la cuenca en las áreas circundantes al río Bitá. En extensión las **sabanas planas estacionalmente inundables** tienen un área de 70.433 ha (8,7%), mientras que las **sabanas ondulada estacionalmente inundable** tiene 4.928 ha (0,6%).
- **Sabanas arenosas:** se caracterizan por estar formadas bajo condiciones de extrema aridez dentro de las áreas inundables (Molano, 1988), responden a un gradiente de profundidad de nivel freático (Vincelli, 1981) y se ubican en la parte



baja de la subzona del río Bitá. Estas presentan una extensión de 840 ha que corresponde al 0,1% del territorio.

- **Sabanas arboladas:** se caracterizan por la presencia de una asociación de formación vegetal herbácea con un porcentaje mayor de cobertura de plantas leñosas que en la sabana abierta, generalmente de la especie *Curatella americana* (Salamanca, 1983), Se ubican principalmente en las áreas vértices o de borde de algunos bosque de galería en la parte alta del río Bitá y tiene un área de 15.010 ha (1,85%) de sabanas arboladas y 1.440 (0,2%) para sabanas arbustivas.



Foto 1. A la derecha sabanas onduladas de tierra firme, a la izquierda sabanas planas de tierra firme. Tomadas por Jerónimo Rodríguez, 2016.

En cuanto a las áreas **boscosas naturales**, que de acuerdo al IDEAM (2010) comprende las áreas naturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida. Los bosques son determinados por la presencia de árboles que deben alcanzar una altura del dosel superior a los cinco metros y para su diferenciación se trabaja con los criterios fisonómicos estructurales fácilmente observables en imágenes de sensores remotos como son la densidad y la altura. De esta manera para las Subzona hidrográfica encontramos:

- **Bosques de galería o ripario:** De acuerdo a IDEAM (2010) estos bosques se caracterizan por estar constituidos por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales. Este tipo de cobertura está limitada por su amplitud, ya que bordea los cursos de agua y los drenajes naturales. En la subzona tienen una extensión de 67.574 ha que corresponden al 8,3% del territorio.
- **Bosques densos altos a medios inundables** que se ubican a lo largo del cauce del río Bitá, desde su parte alta hasta la desembocadura. Corresponde a las áreas con vegetación de tipo arbóreo caracterizada por un estrato más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más del 70% del área total de la unidad, con altura del dosel superior a 15 metros y que se encuentra localizada en las franjas adyacentes a los cuerpos de agua (loticos y lenticos), las cuales corresponden a la

planicie de desborde o inundación del río Bitá con procesos de inundación periódicos con una duración de más de dos meses. Su extensión en el área es del 33.399 ha que corresponde al 4,1% del territorio.

Los **territorios agrícolas** de acuerdo al IDEAM (2010), son definidos como aquellos terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, 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 a las que se incluyen las plantaciones forestales para esta clasificación.

- **Plantaciones forestales.** “Son coberturas constituidas por plantaciones de vegetación arbórea, realizada por la intervención directa del hombre con fines de manejo forestal. En este proceso se constituyen rodales forestales, establecidos mediante la plantación y/o la siembra durante el proceso de forestación o reforestación, para la producción de madera (plantaciones comerciales) o de bienes y servicios ambientales (plantaciones protectoras)” (IDEAM, 2010). En la Subzona del Bitá tiene un área total de 16.339 ha que corresponde al 2% de la Subzona y está constituido principalmente por cultivos de *Acacia mangium*, *Eucaliptus pellita* y *Pinus caribaea*.



Foto 2. Plantación forestal de pino caribe. Tomadas por Jerónimo Rodríguez, 2016.

- **Mosaico de pastos y cultivos** que corresponden a las tierras ocupadas por pastos y cultivos, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. Para la zona se encuentra un total de 3.718 ha que corresponde a 0.5% del territorio.



Foto 3. Mosaico de pastos y cultivos. Tomada por Jerónimo Rodríguez, 2016.

- **Mosaico de cultivos** que incluye las tierras ocupadas con cultivos anuales, transitorios o permanentes, en los cuales el tamaño de las parcelas es muy pequeño (inferior a 25 ha) y tiene un área total de 123 ha que corresponde al 0,02% del territorio.

**Superficies de agua** de acuerdo al IDEAM (2010) son los cuerpos y cauces de aguas permanentes, intermitentes y estacionales, que para el caso de la subzona hidrográfica del río Bitá están localizados en el interior del mismo. Este se subdivide en:



Foto 4. Vista del río Bitá. Tomada por IAvH, 2016.

- **Ríos:** considerado como aquella corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río y que para la Subzona tiene un total de 7.922 ha que corresponde propiamente al curso principal del río Bitá.



- **Lagunas, lagos y ciénagas naturales** que son superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce, que pueden estar conectadas o no con un río que en extensión cubre un total de 2.707 ha (0,3%) que se ubica principalmente al interior de los bosques densos altos y medios inundables que bordean el plano de inundación del río Bitá.
- **Zonas arenosas naturales:** Corresponde a los terrenos bajos y planos constituidos principalmente por suelos arenosos y pedregosos, por lo general desprovistos de vegetación o cubiertos por una vegetación de arbustal ralo y bajo que para el caso de la Subzona del río Bitá se ubica en las playas del río del mismo nombre con un área total de 157 ha que corresponde al 0,02% del territorio.

**Territorios urbanos o 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 o infraestructura vial (IDEAM, 2010).

- **Red vial:** Son espacios artificializados con infraestructuras de comunicaciones como carreteras que para la Subzona se encuentran sin pavimentar y que cubren un área total de 22.360 ha que equivalen al 2,8% de la subcuenca.
- **Territorio Urbano Continuo:** Son espacios conformados por edificaciones y los espacios adyacentes a la infraestructura edificada y que para la zona se ubica en la desembocadura del río Bitá en la cabecera municipal de Puerto Carreño, capital del departamento del Vichada. Su extensión es de 24 Ha.
- **Territorio Urbano Discontinuo:** Son espacios conformados por edificaciones y zonas verdes. Las edificaciones, vías e infraestructura construida cubren la superficie del terreno de manera dispersa y discontinua y que para el Bitá se ubican en las inmediaciones de la cabecera municipal de Puerto Carreño, Tiene un área total de 457 ha que conforma el 0,06% del territorio.

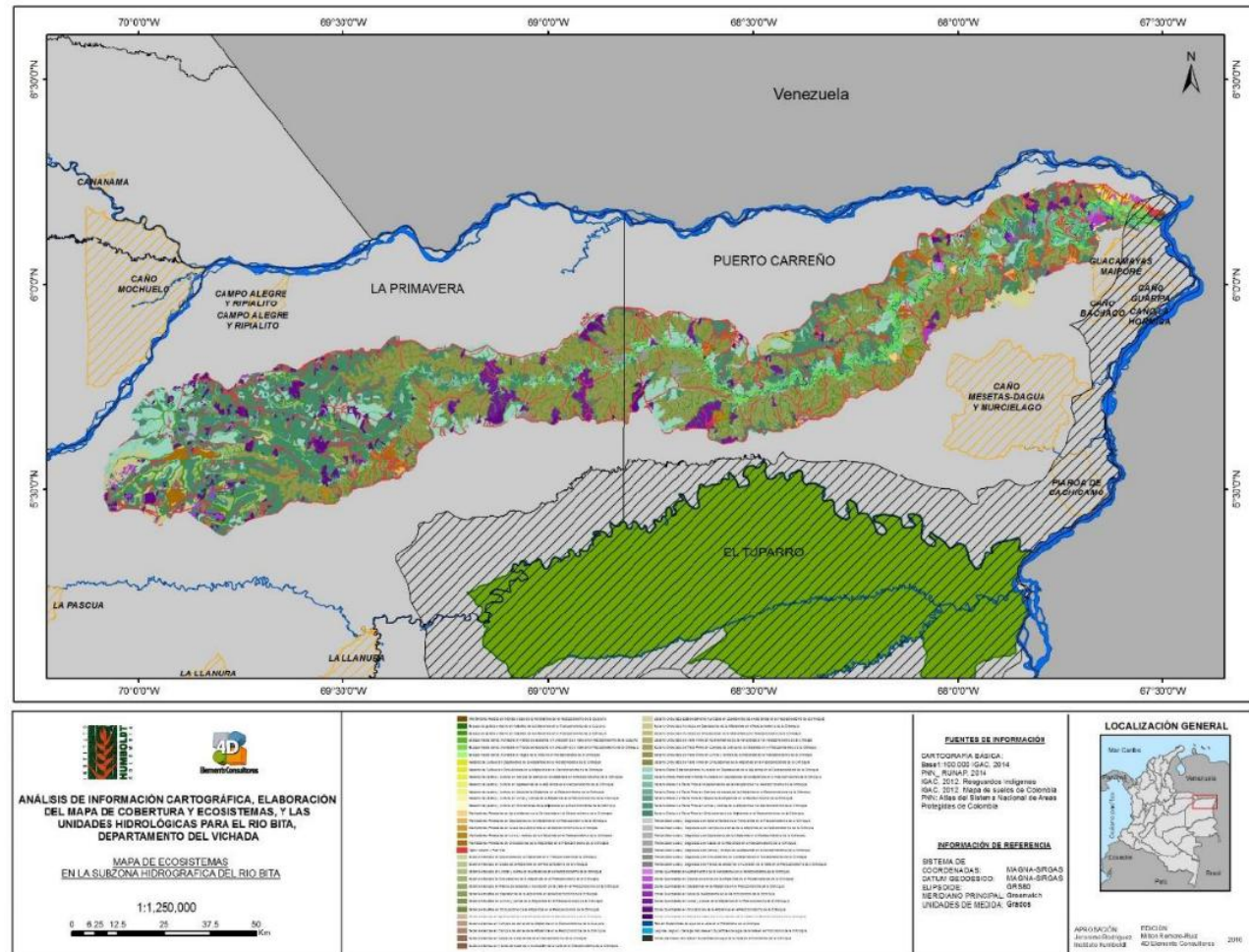


*Foto 5. Vista de zonas arenosas y afloramientos rocosos alrededor de Puerto Carreño. Foto: Jerónimo Rodríguez*

### **3.4. Ecosistemas actuales**

Como resultado de la unión de la cobertura y uso del suelo, paisaje, relieve, tipo de bioma y provincia se obtuvo un total de 63 ecosistemas para el área de estudio (Figura 11), en donde 6 ecosistemas cubren cerca del 80% del territorio.

Figura 11. Mapa de ecosistemas presentes en la subzona hidrográfica del río Bitá. Fuente: 4D Elements. 2016.



En orden descendente se encuentra la sabana ondulada de tierra firme en lomas y colinas de la altiplanicie en el pedozonobioma de la Orinoquia que cubre un área total de 227.980 ha que corresponde al 28% del territorio. Le sigue la sabana plana de tierra firme en ondulaciones de la altiplanicie en el pedozonobioma de la Orinoquia con 200.325 ha (24,6%); sabana plana estacionalmente inundable en depresiones de la altiplanicie en el pedozonobioma de la Orinoquia con 70.433 ha (8,7%); Bosques de galería o ripario en vallecitos de la altiplanicie en el pedozonobioma de la Orinoquia con 67.488 ha (8,3%); la sabana plana permanentemente inundable en depresiones de la altiplanicie en el pedozonobioma de la Orinoquia con 48.343 ha (6%). Los restantes 57 ecosistemas cubren el 20% del área de la subzona hidrográfica del río Bitá. La Tabla 10, presenta la leyenda del mapa final y se adjunta el archivo plano de esta para efectos de identificación y lectura.

Tabla 10. Leyenda del mapa final de ecosistemas, con sus respectivas áreas. Fuente: 4D Elements. 2016.

<b>ECOSISTEMA</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>%</b>
Bosque medio denso inundable en Planos de desborde o inundación de la Valle en el Pedozonobioma de la Orinoquia	33.338	4.1
Bosque medio denso inundable en Vegas de la Valle en el Pedozonobioma de la Orinoquia	59	0.01
Lagunas, lagos y ciénagas naturales en Superficies de agua de la Valle en el Hidrobioma de la Orinoquia	2.707	0.33
Mosaico de Cultivos en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	37	0
Mosaico de Cultivos en Ondulaciones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	86	0.01
Mosaico de pastos y cultivos en Campos de arenas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	2.835	0.35
Mosaico de pastos y cultivos en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	195	0.02
Mosaico de pastos y cultivos en Glacis de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	100	0.01
Mosaico de pastos y cultivos en Lomas y colinas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	8	0
Mosaico de pastos y cultivos en Ondulaciones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	579	0.07
Plantaciones Forestales en Aplanamientos de la Peniplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	611	0.08
Plantaciones Forestales en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	2.356	0.29
Plantaciones Forestales en Glacis de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	106	0.01
Plantaciones Forestales en Lomas y colinas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	6.172	0.76
Plantaciones Forestales en Ondulaciones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	7.094	0.87
Ríos en Superficies de agua de la Valle en el Hidrobioma de la Orinoquia	7.922	0.98
Sabana Arbolada en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	1.926	0.24
Sabana Arbolada en Glacis de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	18	0

Sabana Arbolada en Lomas y colinas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	2.510	0.31
Sabana Arbolada en Ondulaciones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	10.450	1.29
Sabana Arbolada en Planos de desborde o inundación de la Valle en el Pedozonobioma de la Orinoquia	106	0.01
Sabana Arbustiva en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	87	0.01
Sabana Arbustiva en Lomas y colinas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	146	0.02
Sabana Arbustiva en Ondulaciones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	1.207	0.15
Sabana Arenosa en Aplanamientos de la Peniplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	195	0.02
Sabana Arenosa en Campos de arenas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Guayana	34	0
Sabana Arenosa en Campos de arenas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	588	0.07
Sabana Arenosa en Glacis de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	6	0
Sabana Arenosa en Planos de desborde o inundación de la Valle en el Pedozonobioma de la Orinoquia	16	0
Sabana Ondulada de Tierra Firme en Aplanamientos de la Peniplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	2.030	0.25
Sabana Ondulada de Tierra Firme en Campos de arenas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	867	0.11
Sabana Ondulada de Tierra Firme en Lomas y colinas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	227.980	28.07
Sabana Ondulada de Tierra Firme en Ondulaciones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	900	0.11
Sabana Ondulada Estacionalmente Inundable en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	4.928	0.61
Sabana Ondulada Inundada en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	8.684	1.07
Sabana Ondulada Inundada en Ondulaciones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	3.418	0.42
Sabana Plana de Tierra Firme en Aplanamientos de la Peniplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	884	0.11
Sabana Plana de Tierra Firme en Campos de arenas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	4.863	0.6
Sabana Plana de Tierra Firme en Glacis de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	252	0.03
Sabana Plana de Tierra Firme en Lomas y colinas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	459	0.06
Sabana Plana de Tierra Firme en Ondulaciones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	200.325	24.66
Sabana Plana Estacionalmente Inundable en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	70.433	8.67
Sabana Plana Permanentemente Inundable en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	48,343	5.95

Tejido Urbano y Vías	22.841	2.81
Tierras Desnudas y Degradadas en Aplanamientos de la Peniplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	118	0.01
Tierras Desnudas y Degradadas en Campos de arenas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	93	0.01
Tierras Desnudas y Degradadas en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	603	0.07
Tierras Desnudas y Degradadas en Glacis de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	65	0.01
Tierras Desnudas y Degradadas en Lomas y colinas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	4,900	0.6
Tierras Desnudas y Degradadas en Ondulaciones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	4.175	0.51
Tierras Desnudas y Degradadas en Planos de desborde o inundación de la Valle en el Pedozonobioma de la Orinoquia	167	0.02
Zonas arenosas naturales en Superficies de agua de la Valle en el Hidrobioma de la Orinoquia	157	0.02
Zonas Quemadas en Aplanamientos de la Peniplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	358	0.04
Zonas Quemadas en Campos de arenas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	1.732	0.21
Zonas Quemadas en Depresiones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	5,702	0.7
Zonas Quemadas en Glacis de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	64	0.01
Zonas Quemadas en Lomas y colinas de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	24.802	3.05
Zonas Quemadas en Ondulaciones de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	22.530	2.77
Zonas Quemadas en Planos de desborde o inundación de la Valle en el Pedozonobioma de la Orinoquia	472	0.06
Afloramiento Rocoso en Montes e islas de la Peniplanicie en el Pedozonobioma de la Guayana	96	0.01
Bosque de galería o ripario en Vallecitos de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Guayana	86	0.01
Bosque de galería o ripario en Vallecitos de la Altiplanicie en el Pedozonobioma de la Orinoquia	67.488	8.31
Bosque medio denso inundable en Planos de desborde o inundación de la Valle en el Pedozonobioma de la Guayana	3	0
<b>Total</b>	<b>812.312</b>	<b>100</b>



### 3.5. Cambio de coberturas naturales a antrópicas

Se muestran en la Figura 13 las áreas naturales y no naturales que sufrieron transformación entre el 2005-2009 al 2016. Para realizar este análisis se utilizó el mapa de CORINE Land Cover 2005-2009 (IDEAM, 2014), y el mapa de cobertura y uso de la tierra elaborado dentro de este proyecto. Como se mencionó en la metodología, y por problemas de escala y leyenda únicamente se analizó las áreas transformadas a 2016 y se realizó una comparación con respecto a lo que existía en el 2005-2009.

Se encontró que para 2016 existía un total de 20.622 Has intervenidas en áreas de mosaico de cultivos, pastos y cultivos, plantaciones forestales, tejido urbano continuo y discontinuo lo que corresponde a un 2% de la cuenca del río Bita (Figura 12). Por otra parte existen 22.360 has en red vial conformada principalmente por carreteras sin pavimentar las cuales son transitables principalmente en verano. La red vial no fue analizada por no encontrarse digitalizada en su totalidad en el mapa de CORINE Land Cover 2005-2009.

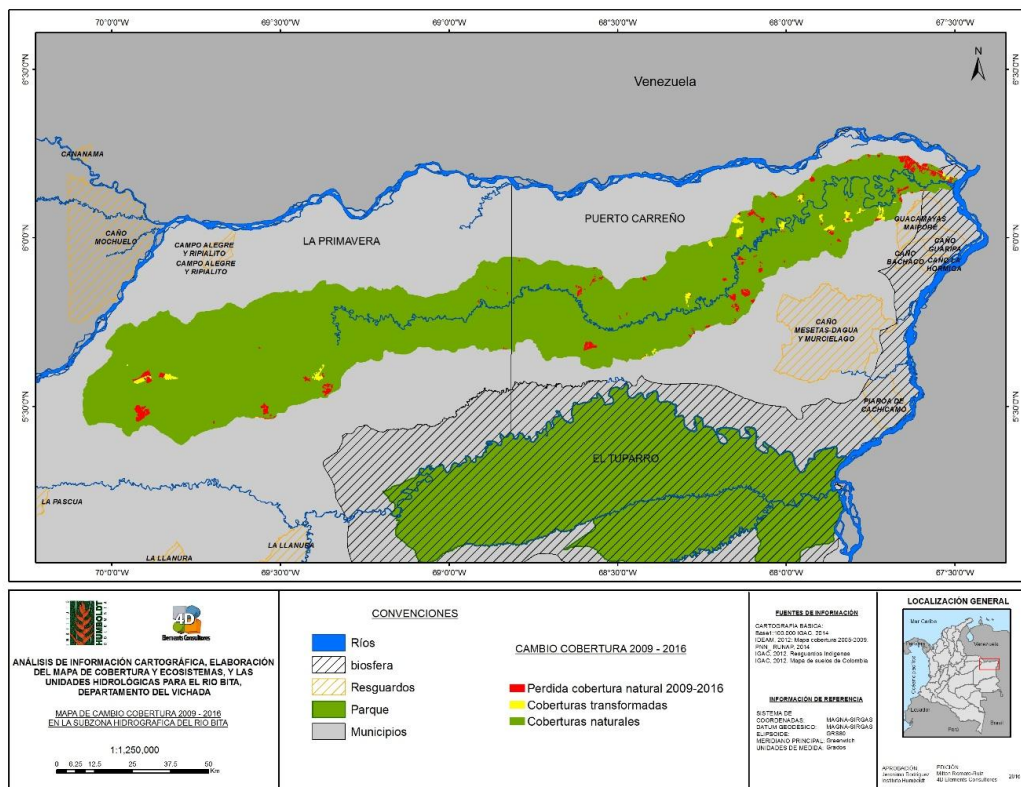


Figura 12. Mapa de cambio de cobertura 2009-2016 presentes en la subzona hidrográfica del río Bita. Fuente: 4D Elements, 2016.

Se observa que el mayor crecimiento ha ocurrido en las áreas de plantaciones forestales encontrándose un total de 16.339 Ha las cuales se han originado principalmente por cambio de coberturas naturales del herbazal denso de tierra firme (sabanas de tierra firme) con un total de 13.159 ha, seguido de áreas en pastos limpios (1.233 ha); zonas quemadas (1.233

ha), herbazal denso inundable (145 Ha), Herbazal abierto arenoso (145 ha) y bosques de galería (113 ha).

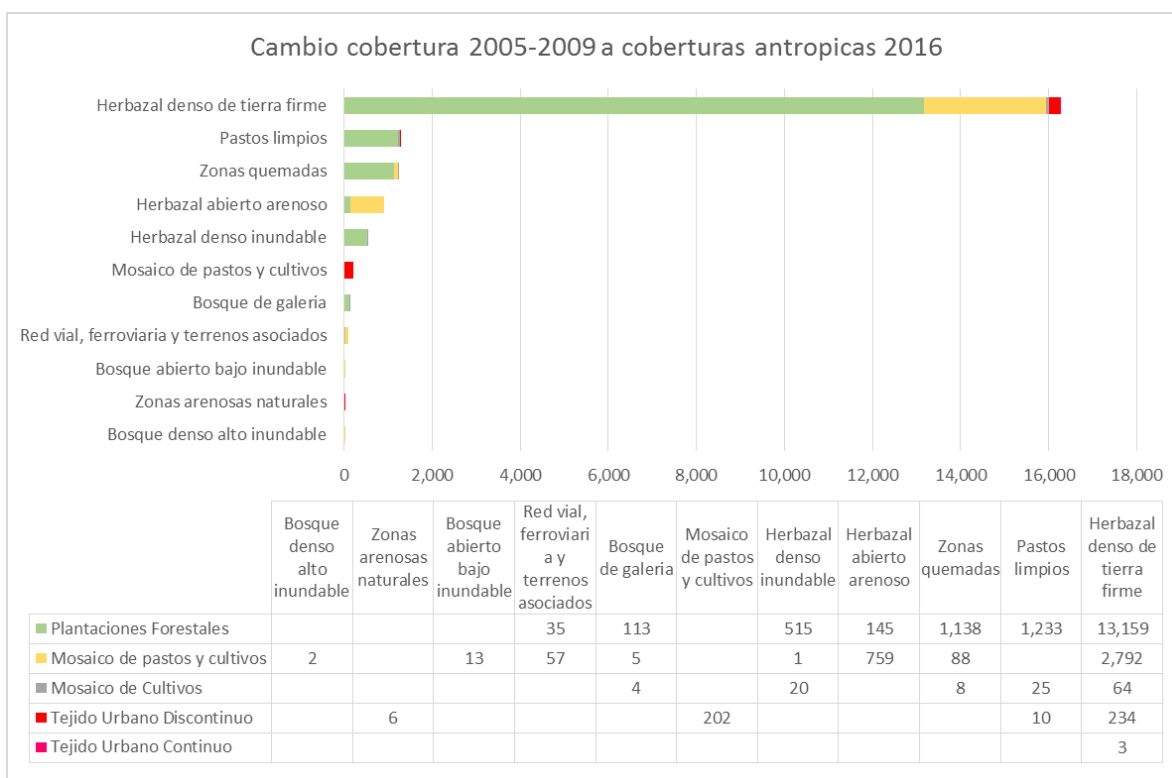


Figura 13. Cambio de cobertura natural 2005-2009 a coberturas antrópicas 2016 en hectáreas. Fuente: 4D Elements. 2016.

Se observa que el mayor crecimiento ha ocurrido en las áreas de plantaciones forestales encontrándose un total de 16.339 ha las cuales se han originado principalmente por cambio de coberturas naturales del herbazal denso de tierra firme (sabanas de tierra firme) con un total de 13.159 ha, seguido de áreas en pastos limpios (1.233 ha); zonas quemadas (1.233 ha), herbazal denso inundable (145 ha), Herbazal abierto arenoso (145 ha) y bosques de galería (113 ha). La segunda cobertura antrópica que ha aumentado son las áreas de mosaicos de pastos y cultivos con un total de 3.718 ha corresponde al cambio de herbazal denso de tierra firme (sabanas de tierra firme) con un total de 2.792 ha, y el herbazal abierto arenoso con 748 ha.

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Esta subzona presenta una temperatura promedio multianual que oscila entre los 27.1°C a 28°C. y la precipitación oscila entre los 2000 a 2500 mm al año, presenta un régimen monomodal con un periodo de lluvias que va desde abril hasta noviembre y un periodo seco entre diciembre a marzo. El área se ubica en el piso térmico “cálido” y en la condición de humedad de “húmedo a subhúmedo” predominando en el área el régimen Cálido subhúmedo y biogeográficamente en el dominio Cisandino que corresponde a las unidades biogeográficas de la Orinoquia y Amazonia. Dentro de la Orinoquia se encuentra en la provincia de **la Orinoquia** cubriendo un área de 812.094 ha que corresponde al 99,9% del territorio mientras que la provincia de la **Guayana** únicamente tiene un área de 218 ha que corresponde al 0,3% del área restante, la cual se ubica en el área aledaña a la cabecera municipal de Puerto Carreño.

Dentro de la provincia de la Orinoquia se tienen 2 distritos biogeográficos que corresponden a las **Sabanas altas** que se ubican a lo largo de toda la Subzona la cual se caracteriza por presentar un relieve de superficies planas a ligeramente onduladas donde predominan áreas bajas depresionales con relieve plano-cóncavo encontrando en su interior formaciones típicas e sabanas inundables, estacionalmente inundables, lomas y colinas, así como un gran complejo de bosques de galería. Este distrito cubre un área total de 786.188 ha que corresponde al 97% del territorio del río Bitá y el distrito **Maipures** que se ubica principalmente en el sector oriental de los Llanos en el municipio de Puerto Carreño tiene un área total de 3.545 ha que equivalen al 0,44% del territorio.

En cuanto a su cobertura de la tierra, se afirma que el área es bastante homogénea, pues cerca del 95% de su territorio está constituido por coberturas naturales de bosques y áreas seminaturales; mientras que los territorios agrícolas cubren un 2,5% del territorio y las áreas urbanas un 3%. Dentro de los **bosques y áreas seminaturales** se puede decir que para enero del 2016 un total de 591.655 ha que corresponde al 73% del área se encuentra cubierto por diferentes tipos de sabanas y bosques. En términos de sabanas se encuentran las **sabanas planas permanentemente inundables** con 48.343 ha (6%); las **sabanas onduladas inundadas** con 12.102 ha que corresponde al 1,5% del territorio; las **sabanas planas estacionalmente inundables** con un área de 70.433 ha (8%); las **sabanas ondulada estacionalmente inundable** tiene 4.928 ha (0,6%); **sabanas arenosas** con 840 ha que corresponde al 0,1% del territorio; las **sabanas arboladas** con un área de 15.010 ha (1.85%) y las **sabanas arbustivas** con 1.440 ha (0,2%). En cuanto a bosques se encuentran las áreas de **bosques de galería** con una extensión de 67.574 ha que corresponden al 8% del territorio **y bosques medios inundables** con un área es del 33.399 ha que corresponde al 4% del territorio.

En territorios agrícolas se resalta la presencia de **plantaciones forestales** 16.339 ha que corresponde al 2% de la Subzona; **mosaico de pastos y cultivos** con un total de 3.718 ha que corresponde a 0,5% del territorio y **mosaico de cultivos** con 123 ha que corresponde al 0,02% del territorio. En términos de superficies de agua se encuentra en **ríos** con 7.922 has; **lagos, lagunas y ciénagas naturales** con 2.707 ha; y zonas arenosas naturales con 157 ha que corresponde al 0,02% del territorio. Se destaca la extensa **red vial** en el territorio que se encuentran sin pavimentar y que cubren un área total de 22.360 ha que equivalen al 3% de la subcuenca. Finalmente, se destaca para este periodo la extensión de 55.660 has que corresponde al 7% del territorio en **zonas quemadas**.

Al integrar la información de cobertura y uso del suelo, paisaje, relieve, tipo de bioma y provincia se obtuvo un total de **63 ecosistemas**, en donde 6 ecosistemas cubren cerca del 80% del territorio se encuentra la sabana ondulada de tierra firme en lomas y colinas de la altiplanicie en el pedozonobioma de la Orinoquia que cubre un área total de 227.980 ha que corresponde al 28% del territorio. Seguido por la sabana plana de tierra firme en ondulaciones de la altiplanicie en el pedozonobioma de la Orinoquia con 200.325 ha (25%); sabana plana estacionalmente inundable en depresiones de la altiplanicie en el pedozonobioma de la Orinoquia con 70.433 ha (9%); Bosques de galería o ripario en vallecitos de la altiplanicie en el pedozonobioma de la Orinoquia con 67.488 ha (8%); la sabana plana permanentemente inundable en depresiones de la altiplanicie en el pedozonobioma de la Orinoquia con 48.343 ha (6%).

En cuanto a los cambios de cobertura natural a cobertura antrópica para el periodo analizado entre el 2007-2009 y 2016, se observa que el mayor crecimiento ha ocurrido en las áreas de plantaciones forestales encontrándose un total de 16.339 ha las cuales se han originado principalmente por cambio de coberturas naturales del herbazal denso de tierra firme (sabanas de tierra firme) con un total de 13.159 ha, seguido de áreas en pastos limpios (1.233 ha); zonas quemadas (1.233 ha), herbazal denso inundable (145 ha), Herbazal abierto arenoso (145 ha) y bosques de galería (113 ha).

## **Recomendaciones**

- Elaborar un análisis de cobertura de la tierra para el 2016 en temporada húmeda con el fin de conocer el estado de los ecosistemas en este periodo, así como una revisión en campo de las unidades de cobertura identificadas.
- Definir a nivel detallado la toponimia al interior de las unidades hidrológicas, con el fin de caracterizar cada unidad en términos de sus nombres geográficos.
- Elaborar análisis a nivel de unidades hidrológicas de cantidad y calidad de las aguas, como línea base que permita entender la oferta y demanda de las aguas en el territorio.
- Incorporar variables climáticas de temperatura y precipitación a la luz de entender la dinámica climática a lo largo del año en temporadas húmedas y secas.

- Establecer una línea base a nivel regional de cada uno de los componentes de estudio a un nivel más detallado e incorporar nuevos elementos como especies, factores de riesgos, vulnerabilidad, y cambio climático, que permita refinar los lineamientos establecidos para cada una de las estrategias establecidas.
- Establecer un sistema de monitoreo que permita medir, semestral/anualmente, los cambios que ocurren al interior del territorio y entender la dinámica natural de la zona en especial con lo referente a los cambios hídricos que ocurren en los periodos de intercambio climático de invierno y verano.
- Incorporar información regional generada dentro de la corporación y otros entes regionales a escala detallada que permitan actualizar y mejorar la información generada en esta primera aproximación que conlleve a un ordenamiento el territorio.

## 5. REFERENCIAS

- 4D Elements, 2016. Análisis de información cartográfica, elaboración del mapa de cobertura y ecosistemas, y las unidades hidrológicas del Río Bitá, Departamento del Vichada. Realizado En el marco del proyecto con el IAvH
- Hernández-Camacho, J., Hurtado, A., Ortiz, R., & Walschburger, T. (1992). Unidades biogeográficas de Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*, 105-153.
- Hernández-Camacho, J., Sánchez H. (1992). Biomas terrestres de Colombia. *Acta Zoológica Mexicana*, 105-153
- Huber, O., & Alarcon, C. (1988). *Mapa de vegetación de Venezuela: 1:2.000.000*. Caracas: Ministerio de Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. The Nature Conservancy.
- IDEAM. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de La Tierra: Metodología CORINE Land Coifver Adaptada para Colombia. Escala 1:100.000*. Bogota: IDEAM.
- IDEAM. (2014). Mapa de cobertura y uso del suelo 2005-2009. Escala 1:100.000. Bogota, Colombia.
- IDEAM. (2015). Mapa de ecosistemas de Colombia. Escala 1:100.000. Bogotá, Colombia.
- IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLEERÍA. (2015). *Nuevos Escenarios de Cambio Climático para Colombia 2011-2100 Herramientas Científicas para la Toma de Decisiones - Enfoque Nacional-Departamental: Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático*. Bogota: IDEAM.
- Latorre, J., Jaramillo, O., Corredor-Gil, L., & Arias, D. (2014). *Condición de las unidades eco-biogeográficas continentales y sistema nacional de áreas protegidas en Colombia (Base de datogeográfica a escala 1:100.000)*. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Molano, J. (1988). *Biogeografía de la Orinocia Colombia: En Colombia Orinoco*. Bogota: Fondo FEN.
- Rangel, O., Aguilar, M., & Lowy, P. (1987). *Parque Nacional Natural Sierra de la La Macarena. En RAngel, J.O. (ed). Colombia Diversidad Biotica I*. Bogota: Universidad Nacional de Colombia.
- Romero-Ruiz, M., Galindo, G., Otero, J., & Armenteras, D. (2004). *Ecosistemas de la cuenca del orinoco colombiano*. Bogota: Guadalupe LTDA.
- Salamanca, S. (1983). La vegetacion en la Orinoquia - Amazonia: Fisiografía y formaciones vegetales. *Colombia Geografica* 10 (2), 5-31.
- Sarmiento, G. (1983). The savannas o tropical America In. F. Bourlieri ed. *Ecosystems of the World*. 13. *Tropical Savannas*, 245-288.
- Vincelli, P. (1981). Estudio de la vegetación del territorio faunístico El Tuparro. *Cespedesia* 10(37/38), 5-54.
- Walter, H. (1980). *Vegetation of the earth and ecological systems of the geo-biosphera*. Berlin: Springer Verlag.