

**IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS QUEMADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN
EL DEPARTAMENTO DEL META Y DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE
INTERVENCIÓN PARA SU REDUCCIÓN**

Lina Roció Rodríguez Beltrán
Javier Eduardo Ríos Miranda

Director
Jhon Makario

Especialización en Prevención, Atención y Reducción de Desastres
Universidad Católica de Manizales
Manizales
2017

Contenido

1.	PRESENTACIÓN.....	7
1.1.	INTRODUCCIÓN	7
1.2.	OBJETIVOS	9
1.2.1.	Objetivo general.....	9
1.2.2.	Objetivos Específicos.....	9
2.	MARCO TEÓRICO.....	10
2.1.	TELEDETECCIÓN DE ÁREAS QUEMADAS	11
2.2.	GENERACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES.	13
2.3.	VENTAJAS DEL PROCESO DE TELEDETECCION.....	15
2.4.	EL PROGRAMA LANDSAT.....	19
2.5.	DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS DE LANDSAT 8	20
3.	MARCO NORMATIVO	24
4.	MARCO CONCEPTUAL	26
5.	MARCO GEOGRÁFICO, CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA OBJETO DE ESTUDIO	34
5.1.	PRELIMINARES.....	34
5.1.1.	Localización del área objeto de la evaluación.....	34
5.1.2.	Extensión superficialia	35
5.2.	DIAGNÓSTICO FÍSICO	36
5.2.1.	Cobertura de la Tierra	36
5.2.2.	Componente Geoesférico	44
5.2.3.	Componente Atmosférico	51
5.2.4.	Componente Hidroesférico	57
5.3.	DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO	59
5.3.1.	Población.....	59
5.3.2.	Economía.....	61
5.4.	DIAGNÓSTICO GESTIÓN DEL RIESGO POR INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL	65
5.4.1.	Institucionalidad.....	65
5.4.2.	Eventos registrados.....	67
5.4.3.	Medidas adoptadas.....	72
6.	METODOLOGÍA.....	74
6.1.	Caracterización Espectral De Las Áreas Quemadas	76

6.2.	Métodos Para Cartografiar Áreas De Quemadas	77
6.2.1.	Análisis Visual	77
6.2.2.	Clasificación Supervisada y No Supervisada.....	79
6.2.3.	Índices Espectrales	80
6.2.4.	Generación de índices espectrales.....	84
7.	RESULTADOS OBTENIDOS	90
7.1.	Nivel de daños y tendencias.....	91
7.2.	Tendencias por Municipio	97
7.2.1.	Puerto Gaitán	97
7.2.2.	Mapiripán	100
7.2.3.	San Martín	103
7.3.	Estado legal del territorio.....	105
7.4.	Ejercicio realizado en el 2009 por CORMACARENA, para los períodos 2004 y 2008.....	112
7.4.1.	Validación de los registros del Sistema Modis Rapid Response para el Departamento del Meta	112
7.4.2.	Estimación de la superficie quemada para el Departamento del Meta la temporada seca de comienzos de año (2004 y 2008) realizado por Cormacarena.....	114
7.4.3.	Comparación de los datos compilados con registros de CORMACARENA.....	115
7.4.4.	Resultados obtenidos en el ejercicio.....	115
7.4.5.	Estimación de la superficie quemada por municipio, área protegida y tipo de cobertura para 2004 y 2008.....	116
7.4.6.	Comparación de resultados realizado por Cormacarena 2009 (2004, 2008) y el presente ejercicio 2017 (2016)	124
8.	IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS DE INTERVENCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE ÁREAS QUEMADAS	129
8.1.	Medidas de Intervención en la planificación de la restauración de áreas incendiadas..	130
8.1.1.	Los planes de restauración de áreas quemadas	130
8.1.2.	Inventario de regeneración	131
8.2.	Medidas de intervención para la recuperación áreas quemadas	132
9.	CONCLUSIONES	134
10.	RECOMENDACIONES	137
	BIBLIOGRAFIA.....	139

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1 Ancho de banda para los sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en Landsat 7 (USGS. 2013).</i>	21
<i>Figura 2 Promedio de la Respuesta Espectral Relativa.</i>	23
<i>Figura 3 Ubicación área de estudio, Departamento del Meta, Colombia.</i>	34
<i>Figura 4 Cobertura de la Tierra en el Departamento del Meta</i>	44
<i>Figura 5 Geología Departamento del Meta.</i>	49
<i>Figura 6 Geomorfología Departamento del Meta.</i>	51
<i>Figura 7 Subzonas Hidrográficas Departamento del Meta.</i>	59
<i>Figura 8 Pirámide de población total según sexo y grupos para el año 2015.</i>	60
<i>Figura 9 Ubicación Departamento del Meta sobre la Grilla Landsat 8</i>	74
<i>Figura 10 Combinación Verdadero color 432 y Falso Color 751</i>	75
<i>Figura 11 Pre - Procesamiento De Las Imágenes Satelitales.</i>	75
<i>Figura 12 Digitalización en pantalla de una cicatriz de un incendio forestal en rojo fluorescente se nota el fuego activo</i>	78
<i>Figura 13 Composición RGB, para la Detección Visual de Áreas de Quemadas</i>	79
<i>Figura 14 Normalized Burn Ratio</i>	83
<i>Figura 15 Izquierda Arriba Imagen Landsat 8 verdadero Color, Derecha Arriba SWIR 2, Izquierda Abajo NBR y Derecha Abajo Cicatrices procesadas.</i>	85
<i>Figura 16 Mosaico de área Quemadas.</i>	86
<i>Figura 17 Izq. Total Polígonos Áreas Quemadas, Der. Polígono Departamento del Meta</i>	87
<i>Figura 18 Resultado áreas con Cicatrices después del proceso elimínate de ArcGis</i>	88
<i>Figura 19 Comparación de la limpieza de polígono por cobertura.</i>	88
<i>Figura 20 Áreas Quemadas Departamento del Meta.</i>	92
<i>Figura 21 Polígono Con Mayor Cobertura de área quemada, Azul Ubicación en el Municipio Mapiripan, Puerto Gaitán, San Martín.</i>	93
<i>Figura 22 Puerto Gaitán, Mapiripan y San Martín los municipios más afectados.</i>	94
<i>Figura 23 Cobertura de la Tierra 2012 vs Áreas de Cicatrices quemadas 2016</i>	96
<i>Figura 24 Cobertura de la Tierra 2012 vs Áreas de Cicatrices quemadas 2016, Municipio de Puerto Gaitán.</i>	98
<i>Figura 25 Fotografías aéreas de Bosque de galería y Ripario</i>	99
<i>Figura 26 Cobertura de la Tierra 2012 vs Áreas de Cicatrices quemadas 2016, Municipio de Mapiripan.</i>	101
<i>Figura 27 Fotografías aéreas de cobertura de herbazal alto de tierra firme. Fuente: SINCHI</i>	102
<i>Figura 28 Cobertura de la Tierra 2012 vs Áreas de Cicatrices quemadas 2016, Municipio de San Martín.</i>	103
<i>Figura 29 Fotografías aéreas de cobertura de pastos limpios. Fuente: SINCHI.</i>	104
<i>Figura 30 Estado Legal del Territorio, departamento del Meta. Áreas declaradas (azul), Resguardos Indígenas (Naranja), Parques Nacionales (verde), Área de Manejo especial de la Macarena (Rosa).</i>	105
<i>Figura 31 Áreas de Cicatrices quemadas 2016, Sobre el Estado Legal del Territorio.</i>	106
<i>Figura 32. Fuente: Sinchi, 2012 y Autores, 2016.</i>	107

<i>Figura 33. Mapa de Resguardos Indígenas del Meta vs Áreas Quemadas, y grafico de Barras de las áreas quemadas por Resguardo Indígena</i>	108
<i>Figura 34 Mapa de Parques Nacionales y grafico de tortas de las áreas quemadas en cada uno de las Parques.....</i>	109
<i>Figura 35 Mapa de Zonas del AMEM y grafico de torta de las áreas quemadas en cada una de las Zonas.....</i>	110
<i>Figura 36 Áreas Quemadas departamento del Meta usando el método de índice de área quemada a través de imágenes Landsat 8.</i>	111
<i>Figura 37 Cubrimiento de imágenes Landsat para el departamento del Meta.....</i>	114
<i>Figura 38 Mosaico de imágenes Landsat ETM+ Año 2004 y 2008, Combinación RGB 457. Cubrimiento de imágenes Landsat para el departamento del Meta.</i>	117
<i>Figura 39 Resultado del ejercicio realizado por Cormacarena para el cálculo de áreas quemadas para el Departamento del Meta en los años 2004 y 2008</i>	118
<i>Figura 40 ONI (Ocean Niño Index) o Índice Oceánico Niño desde 1950 hasta 2016.....</i>	119
<i>Figura 41 Resultado de los diferentes ejercicios realizados, áreas quemadas en los años 2004 (494.027,6 ha), 2008 (350.285,3 ha) y 2016 (467.986,6 ha) para el departamento del Meta.....</i>	124
<i>Figura 42 Comparación de los diferentes resultados: 2004 Azul, 2008 Amarillo y 2016 rojo (derecha) y cruce de los resultados obtenidos: 2004 y 2008 Azul, 2004 y 2016 Verde, 2008 y 2016 Amarillo, 2004, 2008 y 2016 Rojo (izquierda).....</i>	125
<i>Figura 43 Municipios de Mapiripán, Puerto Gaitán y San Martín vs áreas quemadas en el año 2004, 2008 y 2016.....</i>	127

LISTA DE TABLAS

<i>Tabla 1 Aplicaciones de las diferentes bandas espectrales.....</i>	18
<i>Tabla 2 Segmentos de Landsat 8.....</i>	19
<i>Tabla 3 Instrumentos de barrido</i>	20
<i>Tabla 4 Especificaciones de Productos LDCM a Nivel 1</i>	22
<i>Tabla 5 Distribución de las bandas en OLI y TIRS</i>	22
<i>Tabla 6 Descripción unidades geológicas departamento del Meta.....</i>	46
<i>Tabla 7 Geoestructuras presentes en el Departamento del Meta.....</i>	50
<i>Tabla 8 Estaciones Hidrometeorológicas en el Departamento del Meta.....</i>	52
<i>Tabla 9 Descripción Zonas y subsanas hidrográficas en el departamento del Meta</i>	57
<i>Tabla 10 Eventos y Municipios afectados por la ocurrencia de Incendios Forestales</i>	69
<i>Tabla 11 Focos de calor identificados en el Departamento del Meta</i>	70
<i>Tabla 12 Número de Focos de Calor por año por Municipio.....</i>	71
<i>Tabla 13 Medidas adoptadas por las diferentes instituciones en el Departamento del Meta</i>	73
<i>Tabla 14 Número de polígonos según área en hectáreas del mismo</i>	91
<i>Tabla 15 Porcentajes de área Quemadas por Coberturas de la tierra Agrupadas 2012....</i>	91
<i>Tabla 16 Porcentaje de áreas quemadas por Municipio.....</i>	93
<i>Tabla 17 Cicatrices de áreas quemadas por cobertura de la tierra.</i>	96
<i>Tabla 18 Áreas de Cobertura de la Tierra vs Cicatrices de Áreas Quemadas, del municipio de Puerto López.</i>	100

<i>Tabla 19 Cuadro de Áreas de Cobertura de la Tierra vs Cicatrices de Áreas Quemadas, del municipio de Mapiripan.</i>	102
<i>Tabla 20 Cuadro de Áreas de Cobertura de la Tierra vs Cicatrices de Áreas Quemadas, del municipio de San Martín.</i>	104
<i>Tabla 21 Áreas de Estado Legal del Territorio, AMEM, Áreas declaradas, Parques Nacionales, Resguardos Indígenas vs Áreas Quemadas</i>	107
<i>Tabla 22 Áreas de Resguardos Indígenas vs Áreas Quemadas.</i>	108
<i>Tabla 23 Áreas de Parques Nacionales vs Áreas Quemadas.</i>	109
<i>Tabla 24 Áreas de Zonas del AMEM</i>	110
<i>Tabla 25 Comparación entre diferentes fuentes de información de quemas e incendios en el Municipio de Puerto Gaitán</i>	115
<i>Tabla 26 Fecha de imágenes Landsat descargadas para la realización del ejercicio</i>	118
<i>Tabla 27 Comparación del Total de área quemado por municipio años 2004 y 2008 realizado por CORMACARENA y año 2016 realizado por los autores. Temporadas secas de cada año.</i>	121
<i>Tabla 28 Comparación del Total de áreas quemadas por tipo de cobertura años 2004 y 2008 realizado por CORMACARENA y año 2016 realizado por los autores. Temporadas secas del año.</i>	122
<i>Tabla 29. Comparación Total quemado por área protegida años 2004 y 2008 realizado por CORMACARENA y año 2016 realizado por los autores. Temporadas secas de comienzo de año (enero y febrero).</i>	123
Tabla 30 Comparación de porcentajes de áreas quemadas por municipio vs periodo de años y cruces	126
<i>Tabla 33 Lineamientos Planes de restauración de áreas quemadas</i>	131
<i>Tabla 34 Medidas de Intervención para la recuperación áreas quemadas</i>	132

IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS QUEMADAS POR INCENDIOS FORESTALES EN EL DEPARTAMENTO DEL META Y DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE INTERVENCIÓN PARA SU REDUCCIÓN

1. PRESENTACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

El departamento del Meta localizado en la parte central de Colombia aproximadamente a 80 km hacia al sur de la capital del país, cubre un área superficial de 85.551,24 km², presenta un gradiente altitudinal entre 200 msnm a 4000 msnm, y caracteriza por ser una región llana, con clima cálido húmedo, cuyas condiciones favorecen la presencia de diversas comunidades tropicales.

Gracias a las condiciones físicas de territorio y a las diferentes prácticas socioculturales que identifican a una región de los llanos y que se agudiza con la presencia del Fenómeno del Niño, el Departamento del Meta se caracteriza por presentar anualmente un número considerable de emergencias por incendios forestales, especialmente durante los períodos secos prolongados, entre los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, lapso en el que los ecosistemas tropicales húmedos y muy húmedos pierden gran parte de su contenido de humedad superficial, llegando a niveles de susceptibilidad alta de combustión de la biomasa vegetal contenida en éstos.

El presente estudio busca identificar las áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices) en el Departamento del Meta para el año 2016 a través del procesamiento de imágenes satelitales, utilizando imágenes Landsat TM/ETM+ como una herramienta para analizar el patrón de distribución espacial y temporal de estos eventos. Así mismo, busca identificar zonas de atención prioritaria en materia de incendios y determinar, si es posible, medidas de intervención que

reduzcan considerablemente estas áreas y eventualmente la propagación de este fenómeno.

El método se basó en una comparación espectral de índices NBR (Normalized Burn Ratio), tomando como referencia los registros oficiales de los puntos de calor generados por el sensor MODIS en su proyecto FIRMS.

El procedimiento estimó 467.986,57 ha afectadas por 5.817 polígonos de cicatrices o incendios en el 2016. Los meses según focos de calor donde se presentaron aumentos considerables fueron de diciembre a marzo.

Los resultados representan una alternativa para analizar el patrón de distribución espacial y temporal de las áreas quemadas, así como identificar zonas de atención prioritaria en materia de incendios.

El documento se desarrolló en tres fases metodológicas: adquisición de la información de partida, extracción de las áreas quemadas y validación de resultados. En la primera se emplearon como datos fuente 8 imágenes del sensor LANDSAT 8 (30 m de resolución espacial). Para la extracción de la información de áreas quemadas, se emplearon índices espectrales ajustados a la señal del carbón.

Finalmente, se aplicaron criterios de contexto para refinar la delimitación de los perímetros quemados y una vez identificados se procedió a indicar o determinar algunas medidas de intervención para su mejoramiento.

Palabras clave: Áreas quemadas, Landsat, NBR, NDVI, Teledetección, Latinoamérica, MODIS

1.2.OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Identificar las áreas quemadas por incendios forestales en el departamento del Meta para el año 2016 a través del procesamiento de imágenes satelitales.

1.2.2. Objetivos Específicos

1. Realizar un diagnóstico de variables físicas que pueden incidir en la probabilidad de ocurrencia de un incendio Forestales en el Departamento del Meta.
2. Analizar el patrón de distribución espacial y temporal de las áreas quemadas identificadas en el territorio.
3. Determinar medidas de intervención que reduzcan el área de cicatrices por incendios forestales identificadas en el Departamento del Meta

2. MARCO TEÓRICO

Uno de los riesgos más recurrentes que presentan los entornos naturales y antrópicos son los ocasionados por los incendios de la cobertura vegetal, pues esta clase de emergencias, en la mayoría de los casos, se originan de actividades antrópicas y su recurrencia pone en peligro inminente a los seres humanos, la infraestructura y bienes y servicios ambientales, además de afectar arduamente a la cobertura vegetal provocando efectos adversos como la pérdida de biodiversidad asociada a esta cobertura, la erosión de suelos, fuerte procesos de desertificación, disminución del recurso hídrico, colmatación de cauces y embalses e inundaciones, entre otros.

De acuerdo con el protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos por incendios de la cobertura vegetal elaborado por el IDEAM, los incendios forestales se definen como el fuego que se propaga, sin control sobre la cobertura vegetal, cuya quema no estaba prevista, y su importancia radica en la cantidad de área quemada que dejan a su paso generando un impacto negativo a la biodiversidad existente, además de pérdidas económicas.

De esta forma los incendios forestales constituyen una de las amenazas más recurrentes para el bosque, debido a la cantidad de impactos negativos generados. Es así como Fors (1967) hace referencia a la pérdida de la biodiversidad y de especies forestales de gran valor genético o en peligro de extinción, la destrucción de semillas de alto potencial reproductivo, la destrucción de los componentes del suelo forestal, como las hojas secas y el humos, y migración de fauna silvestre por pérdida de hábitat. Así mismo Belwars & Valenzuela (1991) sustentan que la biomasa quemada produce el aumento de la concentración de CO₂ atmosférico y por ende se presentan cambios en el desequilibrio de la temperatura del planeta.

El principal medio utilizado para la deforestación es el fuego, que muchas veces escapa de control y causa incendios forestales en áreas con bosques todavía naturales. De ahí la importancia de estudiar con más detalle este fenómeno.

Según el reciente informe de la FAO sobre la evolución de los bosques en el mundo, durante el período 2000-2005 (FRA2005), Latinoamérica fue la región del Planeta con una mayor tasa anual de deforestación (en torno a 4.884.000 ha /año), lo que representa el 66,74% de la deforestación en el mundo.

2.1. TELEDETECCIÓN DE ÁREAS QUEMADAS

Una de las falencias más grandes de monitoreo de este fenómeno es la falta de información cartográfica, específicamente la relacionada con la cartografía sistemática del área quemada, lo que dificulta en gran medida la cuantificación del impacto generado, así como también la determinación de medidas relevantes para prevenir la erosión del suelo y ayudar al restablecimiento de la cobertura vegetal perdida. En este sentido y como lo expresa Martin et al (2005) y Pererira (1999) la teledetección ha mostrado ser una herramienta fundamental en la cartografía del área quemada debido a que permite cubrir grandes extensiones con una alta frecuencia temporal proporcionando adicionalmente información en regiones espectrales no visbles.

Zerda (2003) se refiere a esta misma tecnología destacando que mediante los programas informáticos de procesamiento de imágenes pueden realizarse las denominadas combinaciones de color, producto de seleccionar dos o tres bandas espectrales del total que provee cada sensor remoto y combinarlas de diversas formas para incrementar la percepción de objetos, áreas calcinadas u otros fenómenos.

La Teledetección permite una observación sistémica de toda la superficie de la tierra, en diversas bandas del espectro electromagnético, algunas de las cuales son sensibles a la discriminación de la señal de la vegetación quemada (Chuvienco,

2002). De esta forma, este instrumento han sido utilizado para mapear áreas quemadas en diversos territorios con distintos tipos de vegetación, incluyendo matorrales y monte bajo (Holden et al, 2005), bosques mediterráneos (García y Chuvieco, 2004), bosques australes (Navarro Cerrillo et al, 2008) y vegetación típica de la sabana africana (Smith et al, 2007).

Así mismo el uso de esta herramienta ha sido acuñado tanto a una escala de nivel regional como local, para el primer caso en gran parte de los ejercicios llevados a cabo se han empleado sensores de baja resolución como el National Oceanic and Atmospheric Administration/Advanced Very High Resolution Radiometer (NOAA/AVHRR) (Martín y Chuvieco, 1995); SPOT-VEGETATION (Stroppiana et al, 2002) y últimamente el Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) (Loboda et al, 2007). Para el segundo caso, el nivel local, los sensores de resolución media como TM y ETM+ han sido utilizados por algunos autores como Smith et al (2007), Navarro Cerrillo et al (2008) y Miller y Yool (2002). Sin embargo, en los últimos años se identifican trabajos en otros satélites más recientes como SACC/ MMRS (García y Chuvieco, 2004), CBERS-CCD (Cots et al, 2007) y TERRASTER (Nikolakopoulos, 2003) con resultados satisfactorios.

De especial renombre para nuestra investigación son los dos proyectos para cartografiar localmente áreas quemadas en el META que desarrolló CORMACARENA. El primero, denominado “Determinación de zonas vulnerables e implementación de un mecanismo de detección de incendios forestales para el departamento del meta, basado en el procesamiento de imágenes satelitales” (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial la macarena “CORMACARENA”, (Carlos Sarmiento geógrafo, msc. (c) manejo y conservación de vida silvestre, Claudia patricia Fonseca Tobián ing. Geógrafa); este trabajo usó datos del sensor Landsat 7, mientras el segundo denominado “Actualización y determinación de zonas vulnerables e implementación de un mecanismo de detección de incendios forestales para el departamento del Meta,

basado en el procesamiento de imágenes satelitales 2010-2013” (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial la macarena “CORMACARENA”), se abordó a partir de datos del sensor MODIS. Ambos produjeron resultados muy relevantes, y con los cuales se han tomado decisiones en el tema de incendios forestales.

2.2.GENERACIÓN DE MAPAS TEMÁTICOS A PARTIR DEL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES SATELITALES.

Las imágenes satelitales son generadas a partir de la teledetección satelital. El término teledetección fue adoptado en los países de habla hispana como traducción del inglés *remote sensing*, utilizándose para describir las observaciones de un objeto efectuadas sin mediar contacto físico con él (Pinilla, 1995).

La teledetección espacial se define como aquella técnica que permite adquirir imágenes de la superficie terrestre desde sensores instalados en diferentes plataformas espaciales (aviones, satélites, estaciones espaciales, etc) (Chuvieco, 1996).

El desarrollo de la teledetección ha crecido vertiginosamente en los últimos años, y se espera aún un crecimiento más acelerado en el futuro. Existen numerosas aplicaciones basadas en el análisis de imágenes satelitales que abarcan campos científicos muy variados como cartografía, agricultura, forestación y logística militar entre otros. Actualmente la globalidad de los problemas ambientales requiere complementar la escala y la cobertura tradicional de los estudios de campo con nuevas herramientas, que permitan observar territorios más amplios y más frecuentemente.

Ya se consideran las técnicas de teledetección como parte integrante en la formación de especialistas que luego verterán su conocimiento en diferentes áreas. En efecto, la teledetección no es tan solo una herramienta que permite

auscultar con precisión los detalles de una superficie terrestre, sino que también contribuye a entender lo concreto desde la globalidad.

Hace una década el procesamiento digital de imágenes alcanzaba costos muy elevados y la infraestructura para realizarlo era sofisticada. Los conocimientos técnicos también tenían que ser elevados. Hoy en día las imágenes pueden ser procesadas con computadoras personales, con lo se amplía el uso potencial de las imágenes satelitales.

Existen áreas de aplicación que todavía no han aprovechado suficientemente las virtudes de las imágenes satelitales, por ejemplo, quienes trabajan con datos georeferenciados se encuentran limitados en la elección de la representación de sus datos. En muchos casos utilizan planos catastrales u hojas de ruta digitalizados los cuales fueron construidos para satisfacer objetivos diferentes. Es por esto que surge la necesidad de presentar una alternativa. En tal sentido se propone construir una herramienta que permita la construcción de mapas personalizados basados en imágenes satelitales, aprovechando así todos sus beneficios.

El principal objetivo del procesamiento digital de imágenes satelitales es permitir manipular y analizar los datos de imágenes producidas por sensores remotos, de tal forma que sea “revelada” información que no pueda ser reconocida inmediatamente en la forma original. Los sensores llevados a bordo de satélites registran distintos tipos de radiación electromagnética. Las ondas electromagnéticas se categorizan por su ubicación dentro del espectro electromagnético de acuerdo a su longitud de onda. Los intervalos de longitudes de onda más utilizados en teledetección son el rango visible, el infrarrojo próximo, infrarrojo medio e infrarrojo térmico o lejano (Jensen, 1996).

El tratamiento digital de las imágenes agiliza el proceso de interpretación, permite generar modelos cuantitativos e integrar los resultados con otro tipo de información geográfica. Para la mayor parte de los usuarios de la teledetección

espacial, el fruto de los ensayos de clasificación es un mapa temático que refleja la localización de las variables (suelo, vegetación, etc) junto con la base de datos que contiene y manipula dicha información (Jensen, 1996).

Para algunos proyectos este es el resultado final, pero para otros se trata de un mapa que proporciona junto con otras variables territoriales un conocimiento integrado del espacio en estudio. En este contexto, la información obtenida por medio de la teledetección constituye una fuente de análisis para los GIS (Geographical Information Systems). La teledetección constituye una técnica más de información geográfica, que unida a otros datos cartográficos o estadísticos facilita una evaluación más certera del terreno en estudio.

Para el desarrollo de un GIS es necesario realizar la digitalización de los datos de entrada y la adecuación de estos datos mediante su estructura topológica. Esta adecuación permite realizar el análisis y modelamiento, los cuales representan y simulan las relaciones existentes en el mundo real, con el fin de tomar decisiones en relación con un objetivo trazado.

Los GIS son una herramienta de manipulación de datos espaciales. Estos datos se caracterizan por tener una ubicación en el espacio o referenciación geográfica. Si los GIS son una herramienta idónea de almacenamiento y gestión ambiental, la teledetección brinda al sistema una de las fuentes de información más interesantes. En otras palabras los GIS son la continuación lógica de una buena parte de las aplicaciones temáticas de la teledetección.

2.3. VENTAJAS DEL PROCESO DE TELEDETECCION

En conjunto con la perspectiva vertical y panorámica, el alcance más significativo de los sistemas de teledetección espacial, es la información del espectro, donde nuestros sentidos no perciben lo que sucede. Como se conoce, nuestros ojos solo pueden captar un rango de energía, la cual suele ser comúnmente limitada para

observar fenómenos que son apreciables en otras bandas del espectro, como el infrarrojo cercano, térmico o las microondas.

Con el fin de comprender todos estos aspectos, resulta importante investigar la forma en que se comportan las distintas cubiertas en esas bandas del espectro; los ojos humanos indican que la vegetación es de color verde, la nieve blanca y los suelos arcillosos rojos, pero no se puede identificar con ellos cómo se resaltan estas cubiertas en el infrarrojo cercano, térmico o la zona de las microondas.

Sin embargo tanto en el visible como en las otras bandas, la percepción de una determinada cobertura se puede discriminar gracias a su comportamiento espectral. En consecuencia, tiene gran sentido caracterizar el comportamiento de cada una de estas cubiertas con el objeto de luego lograr una identificación de ellas sobre la imagen satelital; en la mayoría de situaciones esta diferenciación se realiza a partir de la creación de un modelo de reflectividad, compuesto por curvas desarrolladas en laboratorio sobre las que se delimita el rango espectral abarcado por el sensor remoto utilizado. A partir de esta grafica se pueden deducir los elementos componentes plasmados en la imagen satelital, por ejemplo, en la cotidianidad la vegetación tiene un comportamiento cromático con baja reflectividad en azul y rojo, un poco mayor en el verde y mucho más alto en el infrarrojo.

Las bajas reflectivas del visible se deben a la absorción de la luz de los pigmentos fotosintéticos. En este medio la absorción de la humedad es un parámetro de mayor importancia, por lo que la vegetación joven tiende a disminuir la reflectividad en esa banda; en caso contrario la vegetación vieja tiene una distinción diferente, con mayor reflectividad en el visible e infrarrojo medio y menor en el próximo. Las curvas anteriormente mencionadas no son directamente equiparables con los datos de la imagen, puesto que existe un medio de codificación más complejo, no obstante son de gran importancia a la hora de abordar procesos de interpretación de las imágenes satelitales.

La teledetección no solo reduce el tiempo invertido en los trabajos de investigación sino los costos, entre otras ventajas están:

1. Cobertura total de la superficie terrestre donde se obtienen imágenes de áreas inaccesibles.
2. Visión panorámica.
3. Homogeneidad en la toma de datos.
4. Información de regiones no visibles en el espectro, infrarrojo medio, térmico, microondas.
5. Formato digital de las imágenes.

Cuando se trata de la escogencia de algún sensor remoto para el desarrollo de estudios en cualquier ciencia, es necesario tener en cuenta los requerimientos de los datos obtenidos del sensor. Entre estos se encuentra la cantidad de bandas espectrales, los requisitos espaciales, el cubrimiento espacial y temporal. Es importante además de lo anterior reconocer su plataforma ya que estas incluyen bases sobre la superficie de la tierra, aviones de reconocimiento, y transbordadores de operación en adición con la plataforma satelital.

Las bases sobre tierra son las encargadas del desarrollo de la investigación de lo que el sensor envía de información, como datos de humedad del suelo y demás información del espectro electromagnético; los aviones se encargan de intermediar la validez de la información enviada por el sensor remoto, por medio de la identificación y reconocimiento de zonas más pequeñas de las que el sensor remoto, los transbordadores son utilizados para mantenimiento e instalación de nuevos equipos en las plataformas satelitales. Las últimas son ideales para los sensores remotos, porque le permiten la posibilidad de cubrimiento de la totalidad del planeta. Las orbitas comúnmente utilizadas por los sensores remotos son la polar en la que viajan los satélites SPOT y Landsat nombrados anteriormente, la órbita geostacionaria utilizada en las primeras mediciones meteorológicas, en la

que los satélites solo tienen el mismo punto de observación de la tierra continuamente desde una gran altura a 36000 Km., así mismo utilizan la rotación terrestre para viajar con su velocidad, y la órbita de inclinación baja en la que generalmente viajan por la posibilidad de trasladarse a velocidades de cientos de kilómetros que les permite realizar medidas de alta resolución repetidamente durante el mismo día.

La calidad de la resolución de las imágenes depende del tipo de sensor; por ejemplo, sensores ubicados a grandes alturas no son capaces de entregar información de alta resolución. Existen satélites con datos de resolución de 10m como existen otros con resoluciones de 5 y hasta 25 km.

En la *Tabla 1* *Tabla 1 Aplicaciones de las diferentes bandas espectrales* *Tabla 1 Aplicaciones de las diferentes bandas espectrales* se describen las principales bandas espectrales usadas por los sensores remotos con sus respectivas aplicaciones.

Tabla 1 Aplicaciones de las diferentes bandas espectrales

Banda espectral	Aplicaciones
Azul (0.45-0.5 μm)	Penetración del agua, uso de la tierra, características de la vegetación, sedimentos.
Verde (0.5-0.6 μm)	Reflexión verde de la vegetación sana
Rojo (0.6-0.7 μm)	Discriminación de la vegetación por la absorción de la clorofila
Panromático (0.5-0.75)	Trazado del uso de la tierra
Infrarrojo reflectivo (0.75-0.9)	Biomasa, identificación de cultivos, límites de tierra y agua
Infrarrojo medio (1.5-1.75)	Cantidad vegetación, zonas áridas, nubosidad, hielo, nieve
Infrarrojo medio (2-2.35)	Geología, formación de rocas
Infrarrojo térmico (10-12.5)	Diferenciación temperatura, descargas térmicas, clasificación de la vegetación, inercia térmica
Microonda de onda corta (0.1-5cm)	Cubrimiento de la nieve, profundidades, contenido de agua en la vegetación
Microonda de onda larga (5-24cm)	Medidas del suelo, límites entre tierra y agua, penetración de la vegetación

Fuente: Rodríguez y Arredondo, 2005

Además de todo lo anterior los sensores remotos también presentan una resolución temporal, esto varía también de acuerdo al tipo de sensor remoto, de la base en tierra y el sistema de radares, puede ser en cuestión de minutos, horas o días en las que se obtiene la información procedente del sensor remoto.

2.4. EL PROGRAMA LANDSAT

El Programa Landsat, constituye una serie de misiones de observación de la tierra por satélite gestionadas conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS). Esta serie de datos, que tiene sus inicios en el año 1972, es la más larga de la historia y en los últimos años continúa registrando los cambios en la superficie terrestre desde el espacio. Landsat ha sido el único sistema de satélite diseñado y operado para observar repetidas veces la cubierta de la tierra con una resolución moderada.

En la actualidad el programa cuenta con su versión número 8 a la que comúnmente se le conoce como “Landsat Data Continuity Mission” (LDCM) siendo el octavo satélite de observación de esta serie y su misión es continuar con lo realizado por los anteriores satélites, convirtiéndose así en los satélites de observación de la tierra de mediana resolución con más historia. Este programa además de realizar las acciones de los anteriores, amplía, mejora y avanza en el registro de imágenes multispectrales, manteniendo la misma calidad de sus siete predecesores.

Después de su lanzamiento, el satélite LDCM será redenido como Landsat 8, el cual contará con dos grandes segmentos como se muestra en la *Tabla 2*.

Tabla 2 Segmentos de Landsat 8

No. de Segmento	Nombre	Descripción
		El observatorio; el cual consta de una plataforma con capacidad de carga de dos de sensores de observación terrestre, el primero de ellos

1	El Observatorio	<p>denominado Operational Land Imager (OLI) y el sensor térmico infrarrojo Thermal Infrared Sensor (TIRS). OLI y TIRS recogerán los datos de forma conjunta para proporcionar imágenes coincidentes de la superficie terrestre, incluyendo las regiones costeras, hielo polar, las islas y las zonas continentales.</p> <p>El OLI es un instrumento construido por la empresa Ball Aerospace & Technologies Corporation en Boulder, Colorado y el TIRS es un instrumento que fue construido por la NASA en el centro de vuelo espacial Goddard en Greenbelt, Md. Además, el LDCM seguirá la misma secuencia de trayectoria (también conocida como "paths" o rutas de acceso) como sus antecesores Landsat 4, Landsat 5 y Landsat 7. Esto permitirá que todos los datos del LDCM son referenciados al mismo sistema de coordenadas, continuando con el registro de datos desde hace décadas.</p> <p>El satélite almacena los datos del sensor OLI y TIRS en una grabadora de estado sólido incluida a bordo y transmite los datos a estaciones receptoras terrestres.</p>
2	Sistema terrestre	<p>Proporciona la capacidad necesaria para la planificación y programación de las operaciones del LDCM y todas aquellas necesarias para administrar y distribuir los datos.</p> <p>La plataforma LDCM, fue construida por la empresa Orbital Sciences Corporation en Gilbert, Arizona, tiene una vida útil de 5 años, pero lleva suficiente combustible para 10 años de operaciones. La nave orbitará de norte a al sur durante el día, cruzando el ecuador a las 10 a.m., hora local, con una órbita aproximada de unas 438 millas (705 kilómetros) por encima de la Tierra</p>

Fuente: USGS, 2013

2.5. DIFERENCIAS Y SEMEJANZAS DE LANDSAT 8

Una de los aspectos que más se destaca con la llegada del satélite Landsat 8 es la incorporación de dos instrumentos de barrido: Operational Land Imager (OLI), y un sensor térmico infrarrojo llamado Thermal Infrared Sensor (TIRS). (Ver *Tabla 3* y *Figura 1*)

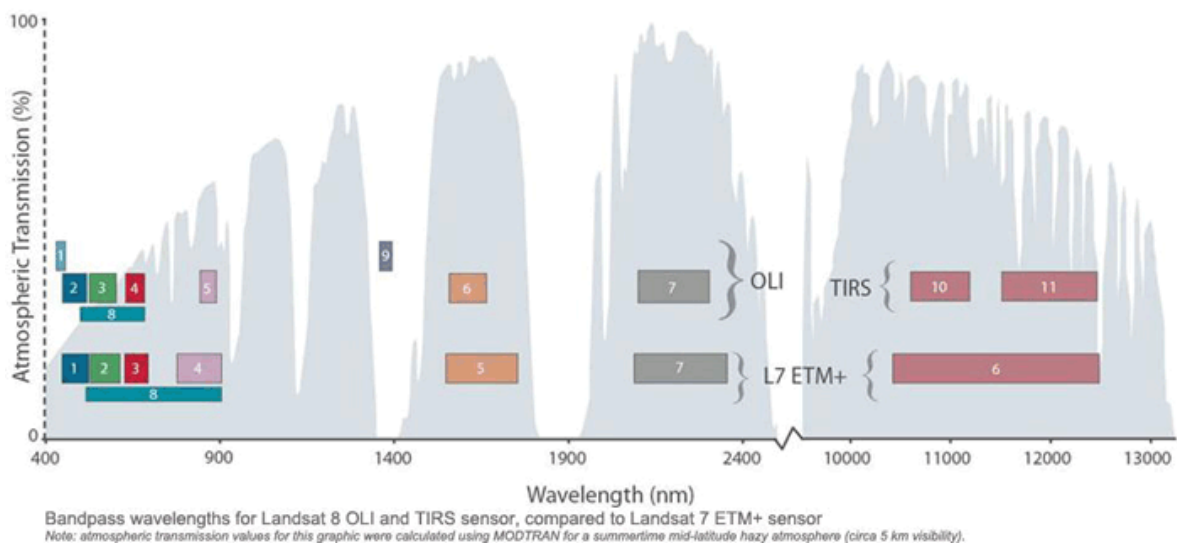
Tabla 3 Instrumentos de barrido

INSTRUMENTO	DESCRIPCIÓN
Operational Land	Las bandas espectrales del sensor OLI, aunque similares a el sensor Landsat 7 ETM +, proporcionan una mejora de los instrumentos de las misiones Landsat anteriores, debido a la incorporación de dos nuevas bandas espectrales: un canal profundo en el azul visible (banda 1), diseñado específicamente para los

Imager (OLI)	recursos hídricos e investigación en zonas costeras, y un nuevo canal infrarrojo (banda 9) para la detección de nubes cirrus. Adicionalmente una nueva banda de control de calidad se incluye con cada producto de datos generado. Esto proporciona información más detallada sobre la presencia de características tales como las nubes, agua y nieve.
Thermal Infrared Sensor (TIRS)	Recoge dos bandas espectrales en longitudes de onda incluidas por la misma banda en los anteriores sensores TM y ETM+ (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Ancho de banda para los sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en Landsat 7 (USGS. 2013).).

Fuente: USGS, 2013

Figura 1 Ancho de banda para los sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en Landsat 7 (USGS. 2013).



Fuente: USGS, 2013

La calidad de los datos (relación de la señal en función del ruido) y la resolución radiométrica (12 bits) del OLI y TIRS es mucho más alta que los anteriores instrumentos Landsat (8 bits para TM y ETM+), de esta forma proporcionan una mejora significativa en la capacidad de detectar cambios en la superficie terrestre.

Aproximadamente se recogen 400 escenas durante el día, que son cargadas en el servidor de USGS para ser descargadas 24 horas después y así estar disponibles para su adquisición.

En este orden de ideas los datos de productos Landsat 8 son totalmente compatibles con todos los datos de los productos estándar a nivel 1 (ortorectificado) creados usando Landsat 1 al Landsat 7. En la *Tabla 4*, se describen algunas de sus especificaciones generales.

Tabla 4 Especificaciones de Productos LDCM a Nivel 1

Procesamiento	Nivel 1 T-Corrección geométrica
Tamaño de píxel	Bandas OLI multispectrales 1-7,9: 30-metros Banda OLI pancromática 8: 15-metros Bandas TIRS 10-11: tomadas en 100 metros, pero remuestreadas a 30 metros para que coincida con las bandas multispectrales de OLI
Características de los datos	Formato de datos GeoTIFF Remuestreo por convolución cúbica (CC) Norte arriba (MAP) de orientación Proyección cartográfica: Universal Transversal Mercator (UTM) (estereográfica polar de la Antártida) Datum al Sistema Geodésico Mundial (WGS) 84 12 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para OLI 41 metros de error circular, 90% de confianza exactitud global para TIRS Los valores de píxel en 16 bits
Entrega de datos	Archivo comprimido .Tar.gz y de descarga a través de HTTP
Tamaño de archivo	Aproximadamente 1 GB (comprimido), aproximadamente 2 GB (sin comprimir)

Las imágenes Landsat 8 obtenidas por el sensor (OLI) y (TIRS) constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas de 1 a 7 y 9. Una banda nueva (1) (azul-profundo) es útil para estudios costeros y aerosoles. La nueva banda (9) es útil para la detección de cirrus. La resolución para la banda 8 (pancromática) es de 15 metros. Dos bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas más precisas de la superficie y se toman a 100 metros de resolución (*Tabla 4*). El tamaño aproximado de la escena es de 170 km de norte-sur por 183 kilómetros de este a oeste (106 km por 114 km). La anterior información se presenta en la *Tabla 5*.

Tabla 5 Distribución de las bandas en OLI y TIRS

	Bandas	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 - Azul	0.45 - 0.51	30

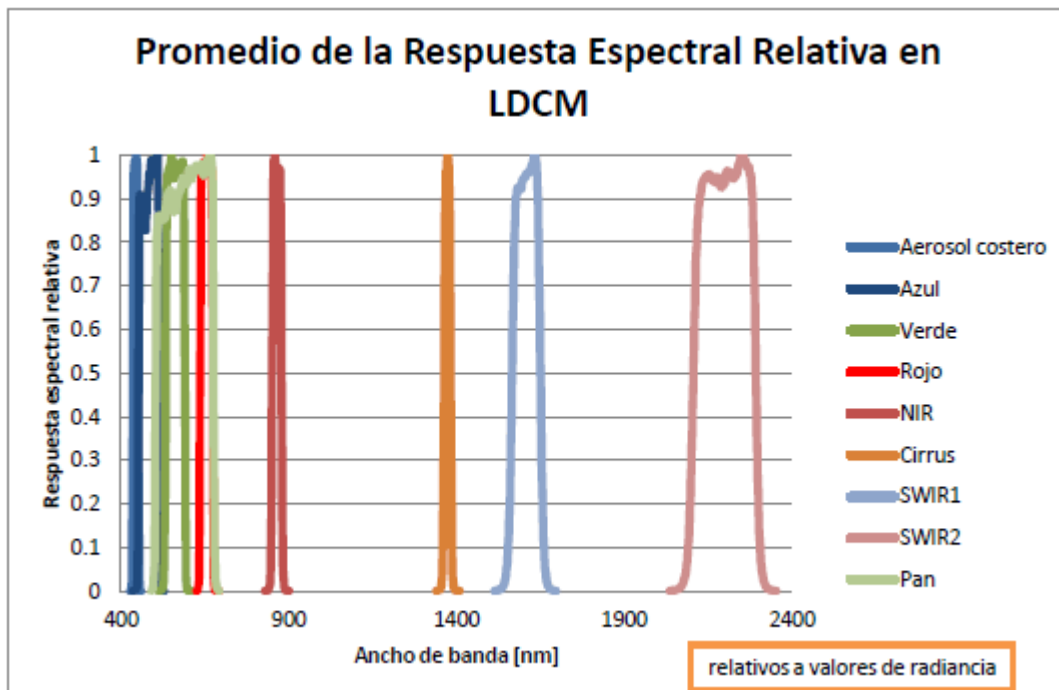
Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) February 11, 2013	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
	Banda 8 - Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	*Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
	*Banda 11 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100

Fuente: USGS, 2013

* Las bandas TIRS se adquieren a una resolución de 100 metros, pero se vuelven a remuestrear a 30 metros.

La resolución espacial (o nivel de detalle) es a menudo el aspecto más interesante de una imagen de satélite, pero menos apreciado y valorado es cómo se utilizan los cambios en la energía por irradiación reflejada por los materiales de superficie con el fin de lograr identificar las características de interés. Estos aspectos pueden identificarse gracias a la respuesta espectral relativa (RSR) de cada banda (Ver Figura 2)

Figura 2 Promedio de la Respuesta Espectral Relativa



Fuente: USGS, 2013

La revisión de la literatura sobre ecología del fuego y los resultados de los estudios realizados en la Sierra de Manantlán (México), nos indican que el fuego ha sido un factor ecológico presente en la dinámica de los bosques y que su supresión puede tener efectos tan negativos como la alta incidencia de incendios destructivos. Esto implica la necesidad de desarrollar una estrategia de manejo del fuego basada en el mejor entendimiento del papel ecológico del fuego en ecosistemas de bosques subtropicales de montaña. El conocimiento actual es aún muy limitado y basado más en conjeturas teóricas que en evidencias empíricas, por lo cual en el corto y mediano plazo será necesario implementar una estrategia experimental de manejo del fuego, bajo un esquema de “aprender haciendo” con la filosofía del manejo adaptativo (Walters y Holling 1990).

Existe una imperiosa necesidad de invertir a largo plazo en proyectos de restauración, considerando que los ciclos de estos proyectos son largos frente a programas de financiamiento cortos. El proceso de restauración de un área degradada, desde la eliminación o control de los factores de deterioro, la estabilización del sitio y el establecimiento de vegetación que pueda mantenerse en el sitio con un mínimo de intervención humana, puede llevar varios años (por ejemplo en la Estación Científica Las Joyas, ECLJ, que pertenece a la zona protegida de la sierra de Manantlán administrada por las Universidad de Guadalajara, Mexico), se comenzaron a tener resultados tangibles en restauración después de 15 años de trabajo. En contraste, los apoyos financieros a proyectos no duran más de 2 o 3 años. Por lo tanto se requiere de estrategias y programas de largo plazo (Jardel et al., 2002).

3. MARCO NORMATIVO

Constitución Política de Colombia de 1991, en sus principios fundamentales: Es obligación del Estado y las personas de proteger las riquezas culturales y

naturales (Art. 8); el Derecho a un ambiente sano (Art.79); La Planificación del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución como deber del Estado (Art 80), así como el deber de todas las personas de proteger los recursos culturales y naturales del país y de velar por la conservación de un ambiente sano. (Art. 95).

Decreto 2811 del 18 de diciembre de 1974, de la PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DE COLOMBIA. Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. El ambiente es patrimonio común, el estado y los particulares deben participar en su preservación y manejo. Regula el manejo de los Recursos Naturales Renovables, la defensa del ambiente y sus elementos.

Ley 99 del 22 de Diciembre de 1993, el CONGRESO DE COLOMBIA crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el sector público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA-.La política ambiental orientada bajo los principios universales y del desarrollo sostenible (Art.1) y el concepto de desarrollo sostenible (Art.3).

Ley 139 de 1994 Incentivo Forestal. Por la cual se crea el certificado de incentivo forestal y se dictan otras disposiciones.

Decreto 1791 de 1996, de la PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA, por medio del cual se establece el régimen de aprovechamiento forestal.

Decreto 2340 de 1997 Por el cual se reglamenta la gestión sobre la prevención de incendios forestales.

Decreto 900 de 1997 Reglamentación del incentivo forestal con fines de conservación establecidos en la ley 139/94.

Ley 1523 de 2012 Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastre y Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres. Objetivo General del SNGRD.

Llevar a cabo el proceso social de la gestión del riesgo con el propósito de ofrecer protección a la población en el territorio colombiano, mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible.

Decreto 1077 de 2015 Parte 2. Título 2. Capítulo 2. ORDENAMIENTO DEL SUELO RURAL. Categorías, áreas de conservación y protección ambiental, áreas de producción agrícola y ganadera, interés cultural. AREAS DE AMENAZA Y RIESGO

4. MARCO CONCEPTUAL

Con el propósito de mantener una terminología unificada en aquellos conceptos relacionados con la gestión del riesgo de desastres, se toman como referencia las definiciones del Artículo 4°, contenidas en la Ley 1523 de 2012, además de aquellas relacionadas específicamente con el tema objeto de estudio, es decir, incendios forestales.

1. Adaptación: Comprende el ajuste de los sistemas naturales o humanos a los estímulos climáticos actuales o esperados o a sus efectos, con el fin de moderar perjuicios o explotar oportunidades beneficiosas. En el caso de los eventos hidrometeorológicos, la Adaptación al Cambio Climático corresponde a la gestión del riesgo de desastres en la medida en que está encaminada a la reducción de la vulnerabilidad o al mejoramiento de la resiliencia en respuesta a los cambios observados o esperados del clima y su variabilidad.
2. Alerta: Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento peligroso, con base en el monitoreo del comportamiento del respectivo fenómeno, con el fin de que las entidades y la población involucrada activen procedimientos de acción previamente establecidos.
3. Amenaza: Peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas,

lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales.

4. **Análisis y evaluación del riesgo:** Implica la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. Se estima el valor de los daños y las pérdidas potenciales, y se compara con criterios de seguridad establecidos, con el propósito de definir tipos de intervención y alcance de la reducción del riesgo y preparación para la respuesta y recuperación.
5. **Calamidad pública:** Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la población, en el respectivo territorio, que exige al municipio, distrito o departamento ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción.
6. **Desastre:** Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, los bienes, la infraestructura, los medios de subsistencia, la prestación de servicios o los recursos ambientales, causa daños o pérdidas humanas, materiales, económicas o ambientales, generando una alteración intensa, grave y extendida en las condiciones normales de funcionamiento de la sociedad, que exige del Estado y del sistema nacional ejecutar acciones de respuesta a la emergencia, rehabilitación y reconstrucción.

7. Emergencia: Situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general.
8. Exposición (elementos expuestos): Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza.
9. Gestión del riesgo: Es el proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.
10. Índice Oceánico del Niño - ONI : Este índice es calculado como la media móvil de tres puntos de la serie mensual de anomalías de la temperatura de la superficie del mar en la Región Niño 3-4. De acuerdo con este índice, en condiciones El Niño (La Niña), el ONI debe ser igual ó superior (igual o inferior) a medio grado Celsius de normalía.
11. Intervención: Corresponde al tratamiento del riesgo mediante la modificación intencional de las características de un fenómeno con el fin de reducir la amenaza que representa o de modificar las características intrínsecas de un elemento expuesto con el fin de reducir su vulnerabilidad.
12. Intervención correctiva: Proceso cuyo objetivo es reducir el nivel de riesgo existente en la sociedad a través de acciones de mitigación, en el sentido de disminuir o reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

13. Intervención prospectiva: Proceso cuyo objetivo es garantizar que no surjan nuevas situaciones de riesgo a través de acciones de prevención, impidiendo que los elementos expuestos sean vulnerables o que lleguen a estar expuestos ante posibles eventos peligrosos. Su objetivo último es evitar nuevo riesgo y la necesidad de intervenciones correctivas en el futuro. La intervención prospectiva se realiza primordialmente a través de la planificación ambiental sostenible, el ordenamiento territorial, la planificación sectorial, la regulación y las especificaciones técnicas, los estudios de prefactibilidad y diseño adecuados, el control y seguimiento y en general todos aquellos mecanismos que contribuyan de manera anticipada a la localización, construcción y funcionamiento seguro de la infraestructura, los bienes y la población.
14. Manejo de desastres: Es el proceso de la gestión del riesgo compuesto por la preparación para la respuesta a emergencias, la preparación para la recuperación posdesastre, la ejecución de dicha respuesta y la ejecución de la respectiva recuperación, entendiéndose: rehabilitación y recuperación.
15. Mitigación del riesgo: Medidas de intervención prescriptiva o correctiva dirigidas a reducir o disminuir los daños y pérdidas que se puedan presentar a través de reglamentos de seguridad y proyectos de inversión pública o privada cuyo objetivo es reducir las condiciones de amenaza, cuando sea posible, y la vulnerabilidad existente.
16. Preparación: Es el conjunto de acciones principalmente de coordinación, sistemas de alerta, capacitación, equipamiento, centros de reserva y albergues y entrenamiento, con el propósito de optimizar la ejecución de los diferentes servicios básicos de respuesta, como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios y manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros.

17. **Prevención de riesgo:** Medidas y acciones de intervención restrictiva o prospectiva dispuestas con anticipación con el fin de evitar que se genere riesgo. Puede enfocarse a evitar o neutralizar la amenaza o la exposición y la vulnerabilidad ante la misma en forma definitiva para impedir que se genere nuevo riesgo. Los instrumentos esenciales de la prevención son aquellos previstos en la planificación, la inversión pública y el ordenamiento ambiental territorial, que tienen como objetivo reglamentar el uso y la ocupación del suelo de forma segura y sostenible.
18. **Protección financiera:** Mecanismos o instrumentos financieros de retención intencional o transferencia del riesgo que se establecen en forma ex ante con el fin de acceder de manera ex post a recursos económicos oportunos para la atención de emergencias y la recuperación.
19. **Recuperación:** Son las acciones para el restablecimiento de las condiciones normales de vida mediante la rehabilitación, reparación o reconstrucción del área afectada, los bienes y servicios interrumpidos o deteriorados y el restablecimiento e impulso del desarrollo económico y social de la comunidad. La recuperación tiene como propósito central evitar la reproducción de las condiciones de riesgo preexistentes en el área o sector afectado.
20. **Reducción del riesgo:** Es el proceso de la gestión del riesgo, está compuesto por la intervención dirigida a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes, entiéndase: mitigación del riesgo y a evitar nuevo riesgo en el territorio, entiéndase: prevención del riesgo. Son medidas de mitigación y prevención que se adoptan con antelación para reducir la amenaza, la exposición y disminuir la vulnerabilidad de las personas, los medios de subsistencia, los bienes, la infraestructura y los recursos ambientales, para evitar o minimizar los daños y pérdidas en caso de producirse los eventos físicos peligrosos. La reducción del riesgo la componen la intervención correctiva del riesgo existente, la intervención prospectiva de nuevo riesgo y la protección financiera.

21. Reglamentación prescriptiva: Disposiciones cuyo objetivo es determinar en forma explícita exigencias mínimas de seguridad en elementos que están o van a estar expuestos en áreas propensas a eventos peligrosos con el fin de preestablecer el nivel de riesgo aceptable en dichas áreas.
22. Reglamentación restrictiva: Disposiciones cuyo objetivo es evitar la configuración de nuevo riesgo mediante la prohibición taxativa de la ocupación permanente de áreas expuestas y propensas a eventos peligrosos. Es fundamental para la planificación ambiental y territorial sostenible.
23. Respuesta: Ejecución de las actividades necesarias para la atención de la emergencia como accesibilidad y transporte, telecomunicaciones, evaluación de daños y análisis de necesidades, salud y saneamiento básico, búsqueda y rescate, extinción de incendios y manejo de materiales peligrosos, albergues y alimentación, servicios públicos, seguridad y convivencia, aspectos financieros y legales, información pública y el manejo general de la respuesta, entre otros. La efectividad de la respuesta depende de la calidad de preparación.
24. Riesgo de desastres: Corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad.
25. Vulnerabilidad: Susceptibilidad o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente. Corresponde a la predisposición a sufrir pérdidas o daños de los seres humanos y sus medios de subsistencia, así como de sus sistemas físicos, sociales, económicos y de apoyo que pueden ser afectados por eventos físicos peligrosos.

26. Incendio de la cobertura vegetal: Se define como el fuego que se propaga, sin control sobre la cobertura vegetal, cuya quema no estaba prevista.
27. Susceptibilidad de la vegetación frente a los incendios de la cobertura vegetal: Características intrínsecas de la vegetación y los ecosistemas (carga de combustibles, disposición y combustibilidad), que le brindan cierto grado de probabilidad de incendiarse, propagar y mantener el fuego. Hace parte de la amenaza.
28. Áreas quemadas: Las áreas afectadas por el fuego, tanto in términos de perímetro y área del incendio, como de nivel de daño provocado por el fuego en la vegetación y suelo.
29. Landsat: Serie de satélites construidos y puestos en órbita por EE. UU. para la observación en alta resolución de la superficie terrestre.
30. Teledetección: Detección a distancia de informaciones que se producen en la superficie de la Tierra y sobre otros astros solares y que se realiza mediante satélites y sondas artificiales.
31. MODIS: Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) es un instrumento científico lanzado en órbita terrestre por la NASA en 1999 a bordo del satélite Terra (EOS AM) y en 2002 a bordo del satélite Aqua.
32. Imagen digital: Es una imagen $f(x,y)$ que se ha discretizado tanto en las coordenadas espaciales como en brillo; puede considerarse como una matriz cuyos índices de filas y columnas identifican un punto de la imagen y el valor del correspondiente elemento de la matriz indica el nivel de gris en ese punto. Los elementos de una distribución digital de este tipo se denominan elementos de la imagen, o más comúnmente píxeles. (González, 1996).
33. Características Pictóricas – Morfológicas: Las características pictóricas – morfológicas son un conjunto de herramientas visuales que determinan la interpretación de un objeto, son utilizadas de manera imperativa en diferentes estudios, debido a que son una de las bases que soporta la determinación visual de los cráteres de impacto a través de los datos provenientes de sensores remotos.

34. Brillo: Se refiere a la cantidad de energía que recibe el sensor. Al observar una imagen en tonos oscuros se relaciona esta área con una débil radiancia, mientras que en las zonas más claras se presume una intensidad alta. (IGAC, N/A).
35. Color: Se origina de las diferentes longitudes de onda que captan los ojos como característica de la reflectividad selectiva de las cosas. Si se combinan las bandas del visible de la imagen en los cañones (RGB) rojo, verde y azul y los despliegan en el monitor, se observarán las imágenes o los objetos de la imagen en el color en que las personas los percibirían (el visible). Por medio de estas combinaciones se pueden discriminar patrones visuales que de otro modo no son observables. (Félix Martínez Giménez, 2004)
36. Patrón espacial: Tiene en cuenta la organización espacial particular de los objetos de una cobertura. Por lo general se asocia con esquemas geométricos regulares, muy bien definidos, fácilmente distinguibles en infraestructuras de desarrollo humano por su geometría, mientras que los patrones irregulares son naturales casi siempre. (Jensen, 1996).
37. Forma: Esta característica se asocia con la anterior toda vez que la disposición de diferentes formas similares constituye un patrón. Estos patrones asimilados como formas conocidas, geométricas o irregulares, proporcionarán la información necesaria para discriminar de manera rápida y clara los objetos o determinada zona. (IGAC, N/A).
38. Tamaño: Se relaciona mucho con la resolución espacial. Esta característica brinda información de la cobertura o del objeto que estamos analizando. En términos generales se podría decir que es un factor para reconocer y relacionar objetos con la presencia de otros componentes como forma, contexto y cualquier otro según sea su caso. (IGAC, N/A).
39. Textura: se relaciona con lo homogéneo que se ve un objeto en una imagen. Básicamente es factible hablar de cuán rugosa o fina se ve una cobertura. Así entonces, es posible concluir que se relaciona con la escala de la imagen y con el tamaño de los objetos en la misma. Casi siempre se

habla de textura fina, media y gruesa, dependiendo de la rugosidad que presenta. En ella se distinguen tres tipos de texturas: (IGAC, N/A)

40. Sombras: Este criterio puede restar información en una imagen ya que impide la acertada captura de información de algunas áreas dependiendo del ángulo con el que se iluminó en el momento de la toma, pero también suministra un aspecto muy enriquecedor ya que proporciona una sensación de altura y profundidad únicas para poder identificar objetos.(Posada, 2012).
41. Contexto espacial: Es aquél que hace referencia a la ubicación espacial de un objeto en particular con relación a sus objetos vecinos dentro de una imagen. Por ejemplo, el criterio para clasificar una cobertura boscosa fácil de apreciar difiere si sus vecinos son corrientes de agua, llanuras o zonas urbanas. (Posada, 2012).

5. MARCO GEOGRÁFICO, CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA OBJETO DE ESTUDIO

5.1. PRELIMINARES

5.1.1. Localización del área objeto de la evaluación

El departamento del Meta localizado en la parte central de Colombia, aproximadamente a 80 km hacia al sur de la capital del país, limita por el Norte con Cundinamarca, Casanare y Bogotá D.C., por el Este con Vichada, por el Sur con Caquetá y Guaviare, y por el Oeste con los departamentos de Huila y Cundinamarca. (Ver *Figura 3*)

Figura 3 Ubicación área de estudio, Departamento del Meta, Colombia



Fuente: Los autores, 2016. Imagen: Google.com

El Departamento del Meta se encuentra enmarcado dentro de las coordenadas Latitud 3.439 Grados Norte y Longitud 72.932 oeste (cartografía base del IGAC), cubriendo una superficie de 85.551,24 km², con un gradiente altitudinal entre 200 msnm a 4000 msnm, y se caracteriza por ser una región llana, donde prevalece un clima cálido húmedo, y cuyas condiciones favorecen la presencia de diversas comunidades tropicales.

5.1.2. Extensión superficial

La extensión superficial con la que cuenta el Departamento del Meta es de aproximadamente 85.551,24 km², considerándose uno de los departamentos más extensos del país. Políticamente se encuentra dividido en 29 municipios, ubicados en tres regiones fisiográficas; la primera comprende la parte de la cordillera oriental, piedemonte o serranía de la Macarena, la segunda es la planicie con alturas que no sobrepasan los 200 metros sobre el nivel del mar, y la tercera, la zona sur, cubre cerca del 60% de su territorio. Posee una gran riqueza hídrica, debido a la presencia de la cordillera y la serranía de la Macarena, que a su vez se

destaca como uno de los parques naturales más celebres del país (Banco de la República, 2011).

5.2. DIAGNÓSTICO FÍSICO

5.2.1. Cobertura de la Tierra

La metodología CORINE (Coordination of Information on the Environmental) Land Cover adaptada para el país, tiene como propósito la realización del inventario homogéneo de la cubierta biofísica (cobertura) de la superficie de la tierra a partir de la interpretación visual de imágenes de satélite asistida por computador y la generación de una base de datos geográfica.

En este sentido, se realiza la descripción particular de cada una de las coberturas de la tierra presentes en el departamento del Meta de acuerdo con la metodología CORINE Land Cover, teniendo en cuenta la definición y clasificación presentada en la Leyenda Nacional de coberturas de la tierra, Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia a escala 1:100.000.

5.2.1.1. Bosques

Comprende las áreas naturales o seminaturales, 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. De acuerdo con FAO (2001), esta cobertura comprende los bosques naturales y las plantaciones. Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras formas biológicas naturales, tales como la palma y la guadua. Fueron definidas las siguientes unidades:

- a. Bosque denso: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa

más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales (IGAC, 1999).

- b. Bosque Abierto: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos regularmente distribuidos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) discontinuo, con altura del dosel superior a cinco metros y cuya área de cobertura arbórea representa entre 30% y 70% del área total de la unidad. Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales.
- c. Bosque Fragmentado: Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros.
- d. Bosque de galería o ripario: Se refiere a las coberturas constituidas 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. Cuando la presencia de estas franjas de bosques ocurre en regiones de sabanas se conoce como bosque de galería o cañadas, las otras franjas de bosque en cursos de agua de zonas andinas son conocidas como bosque ripario.
- e. 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).

5.2.1.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica. Fueron definidas las siguientes unidades:

- a. Herbazal Denso: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original ni sus características funcionales (IGAC, 1999).
- b. Arbustal denso: Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbustivos, los cuales forman un dosel irregular, el cual representa más de 70% del área total de la unidad. La unidad puede contener elementos arbóreos dispersos. Esta formación vegetal no ha sido intervenida o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y sus características funcionales (IGAC, 1999).
- c. Vegetación secundaria o en Transición: Comprende aquella cobertura vegetal originada por el proceso de sucesión de la vegetación natural que se presenta luego de la intervención o por la destrucción de la vegetación primaria, que puede encontrarse en recuperación tendiendo al estado original. Se desarrolla en zonas desmontadas para diferentes usos, en áreas agrícolas abandonadas y en zonas donde por la ocurrencia de eventos naturales la vegetación natural fue destruida. No se presentan elementos intencionalmente introducidos por el hombre.

5.2.1.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación

Comprende aquellos territorios en los cuales la cobertura vegetal no existe o es escasa, compuesta principalmente por suelos desnudos y quemados, así como por coberturas arenosas y afloramientos rocosos, algunos de los cuales pueden estar cubiertos por hielo y nieve. Comprende los siguientes tipos de coberturas

- a. Tierras desnudas y degradadas: Esta cobertura corresponde a las superficies de terreno desprovistas de vegetación o con escasa cobertura vegetal, debido a la ocurrencia de procesos tanto naturales como antrópicos de erosión y degradación extrema y/o condiciones climáticas extremas. Se incluyen las áreas donde se presentan tierras salinizadas, en proceso de desertificación o con intensos procesos de erosión que pueden llegar hasta la formación de cárcavas.

5.2.1.4. Cultivos transitorios

Comprende las áreas ocupadas con cultivos cuyo ciclo vegetativo es menor a un año, llegando incluso a ser de sólo unos pocos meses, como por ejemplo los cereales (maíz, trigo, cebada y arroz), los tubérculos (papa y yuca), las oleaginosas (el ajonjolí y el algodón), la mayor parte de las hortalizas y algunas especies de flores a cielo abierto. Tienen como característica fundamental, que después de la cosecha es necesario volver a sembrar o plantar para seguir produciendo. Fueron definidas las siguientes unidades:

- a. Cereales: Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de gramíneas como arroz, maíz, sorgo, cebada y trigo.
- b. Oleaginosas y leguminosas: Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de plantas para el consumo y la producción de aceite y almidón. Las oleaginosas se caracterizan por ser plantas cuyas semillas se consumen o utilizan para la extracción de aceite.

- c. Hortalizas: Cobertura terrestre de manejo intensivo caracterizada por ser un conjunto de plantas herbáceas, cultivadas generalmente en huertas, que se consumen como alimento humano.
- d. Tubérculos: Cobertura compuesta principalmente por cultivos transitorios de diferentes tipos de plantas que poseen tubérculos. Un tubérculo es un tallo subterráneo modificado y engrosado donde se acumulan los nutrientes de reserva para la planta
- e. Otros Cultivos transitorios: Son las tierras ocupadas por cultivos transitorios no incluidos en los grupos de cereales, oleaginosos, leguminosos, hortalizas y tubérculos.

5.2.1.5. Cultivos Permanentes

Comprende los territorios dedicados a cultivos cuyo ciclo vegetativo es mayor a un año, produciendo varias cosechas sin necesidad de volverse a plantar; se incluyen en esta categoría los cultivos de herbáceas como caña de azúcar, caña panelera, plátano y banano; los cultivos arbustivos como café y cacao; y los cultivos arbóreos como palma africana y árboles frutales. Fueron definidas las siguientes unidades:

- a. Cultivos permanentes herbáceos: Cobertura compuesta principalmente por cultivos permanentes de hábito herbáceo como plátano y banano. Las son plantas que no presentan órganos leñosos, son verdes y con ciclo de vida vegetativo anual.
- b. Cultivos permanentes arbustivos: Coberturas permanentes ocupadas principalmente por cultivos de hábito arbustivo como café, cacao, coca y viñedos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida (FAO, 2001).
- c. Cultivos permanentes arbóreos: Cobertura principalmente ocupada por cultivos de hábito arbóreo, diferentes de plantaciones forestales maderables o de recuperación, como cítricos, palma, mango, etc.

- d. Cultivos agroforestales: Zonas ocupadas por arreglos o combinaciones de cultivos de diferentes especies, con otros de hábitos herbáceos, arbustivos y arbóreos, donde la característica principal de la cobertura es que el aumento en el detalle no implica la subdivisión en unidades puras, porque éstas se encuentran combinadas en la misma área, alternadas por surcos o hileras de árboles con cultivos o de árboles con pastos.

5.2.1.6. Pastos

Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años. Fueron definidas las siguientes unidades:

- a. Pastos Limpios: Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento mayor a 70%; la realización de prácticas de manejo (limpieza, enclavamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas:
- b. Pastos enmalezados: Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m.
- c. Pastos arbolados: Cobertura que incluye las tierras cubiertas con pastos, en las cuales se han estructurado potreros con presencia de árboles de altura superior a cinco metros, distribuidos en forma dispersa. La cobertura de árboles debe ser mayor a 30% y menor a 50% del área total de la unidad de pastos.

5.2.1.7. Áreas Agrícolas heterogéneas

Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra. Se definieron las siguientes unidades:

- a. Mosaico de cultivos: 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 el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual.
- b. Mosaico de pastos y cultivos: Comprende 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.
- c. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales: Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas. Las áreas de cultivos y pastos ocupan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad.
- d. Mosaico de pastos con espacios naturales: Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico.
- e. Mosaico de cultivos y espacios naturales: Corresponde a las superficies ocupadas principalmente por cultivos en combinación con espacios

naturales, donde el tamaño de las parcelas es muy pequeño y el patrón de distribución de los lotes es demasiado intrincado para representarlos cartográficamente de manera individual. En esta unidad, los espacios naturales se presentan como pequeños parches o relictos que se distribuyen en forma irregular y heterogénea, a veces entremezclada con las áreas de cultivos, dificultando su diferenciación. Las áreas de cultivos representan entre 30% y 70% de la superficie total de la unidad

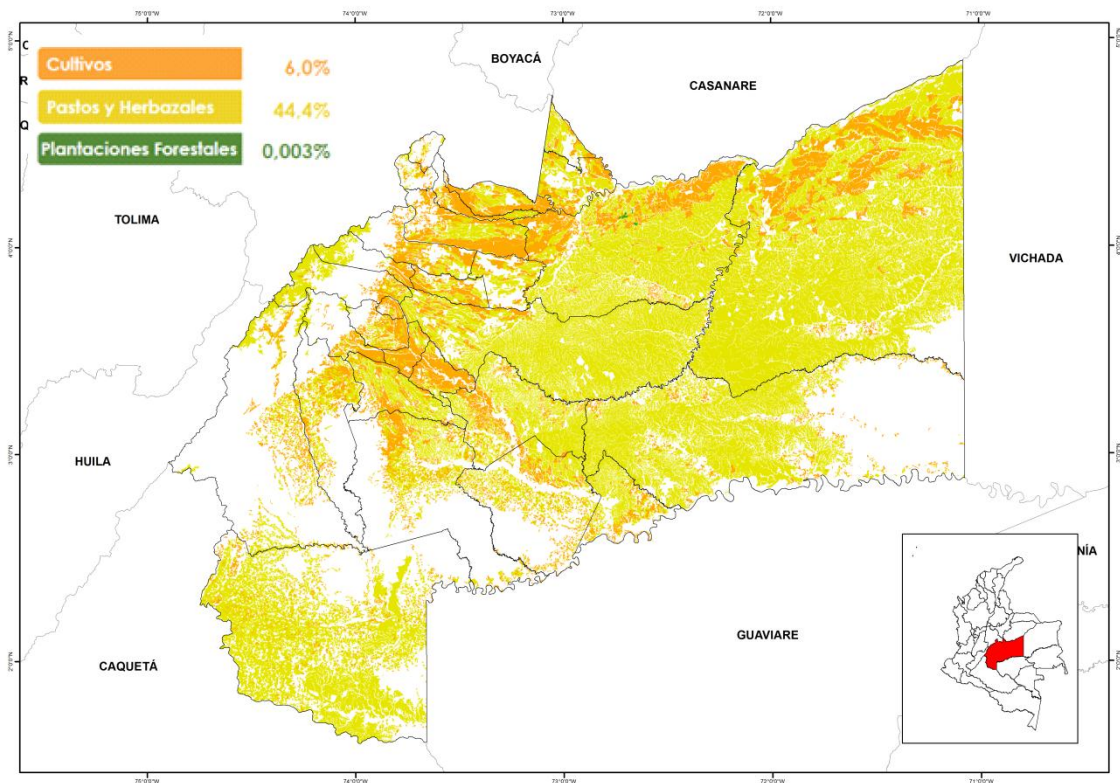
5.2.1.8. Aguas Continentales

Son cuerpos de aguas permanentes, intermitentes y estacionales que comprenden lagos, lagunas, ciénagas, depósitos y estanques naturales o artificiales de agua dulce (no salina), embalses y cuerpos de agua en movimiento, como los ríos y canales. Se definieron las siguientes unidades:

- a. Ríos (50 m): Un río es una corriente natural de agua que fluye con continuidad, posee un caudal considerable y desemboca en el mar, en un lago o en otro río. Se considera como unidad mínima cartografiable aquellos ríos que presenten un ancho del cauce mayor o igual a 50 metros.
- b. Lagunas, lagos y ciénagas naturales: Superficies o depósitos de agua naturales de carácter abierto o cerrado, dulce o salobre, que pueden estar conectadas o no con un río o con el mar.
- c. Canales: Cauce artificial abierto que contiene agua en movimiento de forma permanente, que tiene un ancho mínimo de 50 m y que puede enlazar o no dos masas de agua. Comprende los canales de navegación y los de los distritos de riego.
- d. Cuerpos de agua artificiales: Esta cobertura comprende los cuerpos de agua de carácter artificial, que fueron creados por el hombre para almacenar agua usualmente con el propósito de generación de electricidad y el abastecimiento de acueductos, aunque también para prestar otros servicios tales como control de caudales, inundaciones, abastecimiento de agua, riego y con fines turísticos y recreativos.

De esta forma se identifica que en el departamento del Meta, el 44,4% del área total del territorio presenta una cobertura representada en pastos y herbazales, el 6% en cultivos, tan sólo el 0,003% en plantaciones forestales y el restante en otras coberturas (Ver Figura 4).

Figura 4 Cobertura de la Tierra en el Departamento del Meta



Fuente: Autores basada en cartografía del IGAC Cormacarena y datos del Ministerio de Agricultura, 2014

5.2.2. Componente Geoesférico

5.2.2.1. Topografía

El departamento del Meta presenta gran diversidad topográfica mostrando terrenos que van desde llanuras, con aproximadamente el 80% del área total de

su territorio, hasta imponentes elevaciones como el cerro El Nevado que se localiza a los 4.560 msnm y el páramo de Sumapaz a los 4.000 msnm. Adicionalmente, cuenta con La Sierra de la Macarena, uno de los macizos más antiguos del mundo, la cual se caracteriza por ser un espacio con una gran biodiversidad en especies florísticas y faunísticas de importancia.

5.2.2.2. Geología

Los territorios que actualmente conforman el Departamento del Meta, región de la Orinoquía, estaban sumergidos en un mar de poca profundidad, conformando lo que fue en un principio la compleja cuenca sedimentaria, que estaba comprendida entre el escudo de la Guayana y la Cordillera Central emergida. Esta área fue la que posteriormente dio origen a las rocas de la actual Cordillera Oriental plegadas y falladas por efecto de la orogenia andina (IGAC, 2004).

Tras la erosión del escudo y la Cordillera Central se originaron sedimentos que se redepositaron sobre las cuencas del Pacífico y Atlántico hasta cuando se dio inicio al levantamiento de la cordillera Oriental lo que interrumpió la sedimentación desde la Cordillera central hacia la cuenca oriental que finalmente emergería en lo que hoy se conoce como Cordillera Oriental, la más reciente de las tres cordilleras presentes en el país, donde se aportaron sedimentos constituidos por materiales parentales los cuales finalmente evolucionaron a los suelos que se encuentran presentes en el territorio.

Los escenarios del solevantamiento tanto de la plataforma ocupada por la antigua cuenca sedimentaria como de la cordillera llevaron al desarrollo de un nuevo drenaje en el cual se evidencia un fuerte control estructural de éste, como consecuencia de las fracturas de las rocas que se muestran en el desarrollo del drenaje actual en superficie, y que se evidencia claramente en el comportamiento de ciertos ríos presentes en la Orinoquia los cuales se desplazan por fallas antiguas como sucede con los ríos Guaviare y Meta.

La redeposición de sedimentos eólicos y transportados por el agua se superpone en capas de naturaleza diferente. Las partículas más finas son transportadas a mayor distancia de su lugar de origen. Los sedimentos de granulometría fina que conformaron los suelos de la altiplanicie orinicense inicial tienen características marcadamente ácidas, la fracción de arcilla es del tipo caolinítico (baja fertilidad), con algunas variaciones en su composición inducida por los drenajes antiguos y actuales en el transporte de materiales más gruesos, de diferente naturaleza, repartidos estos en el área que han marcado los desplazamientos laterales de cada curso (IGAC, 2004)

Posteriormente, se presentó un proceso de levantamiento diferencial de la cordillera en el Cuaternario, lo cual trajo como consecuencia un ciclo de erosión intenso quedando al descubierto los estratos inferiores en las mayores alturas alcanzadas en el territorio. Se identifica la falla de Guaicáramo en el sector montañoso del departamento, la cual se convierte en el límite oriental de la cordillera oriental donde se evidencia que las unidades geológicas encontradas son rocas metamórficas, sedimentarias y sedimentos no consolidados. Adicionalmente se identifica que los suelos del Cuaternario, específicamente los conformados por depósitos fluviales de gravas, arenas y limos, se localizan sobre conglomerados del Terciario, este último removido casi en su totalidad en el territorio, sin embargo se identifican vestigios en los sectores bajo de las cordillera (entre los municipios Mesetas y Uribe), las estribaciones de la Serranía la Macarena y sabanas del Yari.

En la *Tabla 6* y *Figura 5* Geología Departamento del *Meta* se muestran la descripción de las unidades geológicas presentes en el departamento.

Tabla 6 Descripción unidades geológicas departamento del Meta

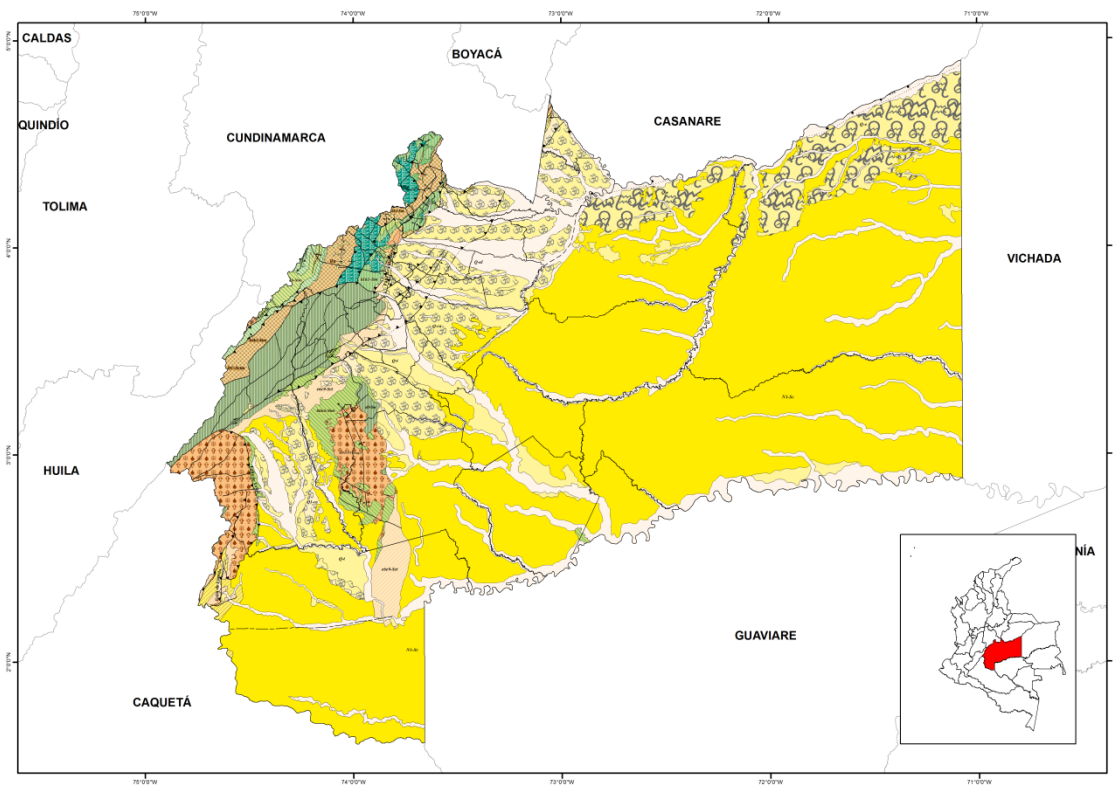
TIEMPO	DESCRIPCIÓN DE UNIDADES	SÍMBOLO
CUATERNARIO	CUATERNARIO ALUVIAL TERRAZAS: Arenas amarillas y gravas cementadas por hierro	Qa

	<p>secundario. Sucesión granodecreciente, con un alto componente de arena gruesa. Los materiales más frecuentes son cuarzo y chert. Se presentan líticos de ígneas y metamórficas. En la fracción arcillosa, la caolinita es un componente importante.</p> <p>LANURAS DE INUNDACIÓN: Arena en la base, pasando a lutitas grises, azulosas y amarillentas, terminando con arena fina en la parte superior.</p> <p>PLAYONES ACTUALES: Formados por materiales que van desde limos hasta arenas con grava fina. Los diques están constituidos por arenas finas y limosas. Hacia el interior de las llanuras de inundación los sedimentos son arcillas y arcillas limosas.</p>	
	<p>ABANICOS ALUVIALES DE PIEDEMONTE</p> <p>Bloque y gravas soportados en matriz limo-arenosa localmente arcillosa. Los bloques son subangulares y subredondeados, principalmente de cuarzoarenita de grano medio a conglomerático y calizas.</p>	Qab
	<p>LANURAS ALUVIALES</p> <p>Guijarros y gravas embebidas en matriz limoarenosa, localmente arcilloso. Los fragmentos son subangulares a subredondeados. Depósitos poco consolidados.</p>	Qll
	<p>CAMPO DE DUNAS LONGITUDINALES</p> <p>Arenas de cuarzo muy finas y limos contienen minerales accesorios como moscovita y trazas de circón, turmalina y opacos.</p>	Qe
	<p>TERRAZAS ANTIGUAS</p> <p>Hacia la base se presentan y hacia el tope se intercalan gravas, arenas y lutitas decreciendo las gravas y arenas. Las lutitas son de color gris azulado. Las gravas están constituidas por cuarzo y Líticos; las arenas contiene cuarzo y chert con moscovita y feldespatos</p>	Qt
	<p>DEPÓSITOS</p> <p>Depósitos aluviales, lacustres y glaciáricos</p>	Qal
	<p>Depósitos de ladera, abanicos aluviales, incluye flujos de lodo</p>	Qc
	<p>COBERTURA ARENOSA AL BORDE DEL ESCUDO</p> <p>Cuarzoarenitas de color blanco y granulometría gruesa a media con espesores que alcanzan más de 30 m, presencia ocasional de estratos arcillosos tanto en superficie como a ciertas profundidades y en algunas partes aparecen capas de gravas cuarzosas.</p>	TQ
TERCIARIO	<p>TERCIARIO DEL PIEDEMONTE DE LOS LLANOS ORIENTALES FORMACIÓN GUAYABO MEDIO E INFERIOR</p>	Tng
	<p>TERCIARIO DE LA AMAZONÍA</p> <p>TERCIARIO ARENOSO: Unidad en la que predomina el componente arenoso de color blanco, rojo, y violeta con algunos tonos amarillentos</p>	Tma
	<p>TERCIARIO LUTITICO</p> <p>Es la unidad que se presenta a la base de la sucesión terciaria en la amazonia en donde son características las arcillolitas de color gris, gris azulado y azul turquesa.</p>	Tml

	<p>TERCIARIO INFERIOR DE LA MACARENA Y PIEDEMONT LLANERO</p> <p>Bajo esta denominación se agrupan las siguientes unidades: Terciario al sur de la Macarena y en la Macarena y Piedemonte llanero</p>	Tp
CRETÁCICO	<p>Segmentos inferior compuesto por cuarzoarenitas de grano fino con impregnaciones de crudo; en capas de forma tabular hasta ondulosa. Segmento intermedio de lodolitas síliceas de colores rojizos, ricos en restos vegetales segmento superior consiste de capas con geometría tabular de cuarzo arenitas de grano medio a grueso y algo conglomeráticas, algunos bien cementados por sílice.</p> <p>En la cordillera Oriental, areniscas cuarzosas, lodolitas síliceas, lutitas y shales.</p> <p>Banco de calizas</p>	Ksm
	<p>CRETÁCICO DE PIEDEMONT E</p> <p>Constituida en su base por cuarzoarenitas blancas de grano fino bien seleccionadas con intercalaciones de lutitas síliceas y chert gris. Hacia la parte media de la sucesión predominan las lutitas oscuras. La parte superior formada por bancos gruesos de arenitas, separadas por capas muy delgadas de arcillolitas. Ambiente de acumulación marino somero.</p>	Ks
	<p>Calizas y lodolitas calcáreas, conglomerados, areniscas y arcillolitas hacia la parte inferior.</p>	Kim
	<p>Areniscas cuarzosas con intercalaciones de lodolitas y calizas</p>	Kit
PALEOZOICO	<p>FORMACIÓN ARAUCARA</p> <p>El segmento inferior de aproximadamente 30 metros de espesor lo constituyen lutitas y limolitas de color gris en capas planas a levemente onduladas, algunas veces se reporta un conglomerado basal de cerca de 15 m de espesor. Presenta huellas de trilobites, graptolites y braquiópodos. El segmento superior, está conformado por cuarzoarenitas macizas de grano fino en capas planas a veces lenticulares. Ambiente de acumulación marino somero.</p>	Pza
	<p>GRUPO GUEJAR</p> <p>Afloran diferentes litologías dentro de este grupo, dentro de las cuales cabe destacar: a) Unidad de calizas estromatolíticas, b) Unidades de Intrusivos básicos y volcánico-clásicos básico; c) Areniscas y pelitas turbidíticas, areniscas cuarzosas y líticas; y d) Esquistos verdes intercalados con esquistos grafitosos.</p>	Pzg
	<p>Lutitas y Limolitas síliceas, calizas y areniscas calcáreas</p>	Pzim
	<p>Areniscas cuarzosas a calcáreas son intercalaciones de limolitas y arcillolitas</p>	Pzsm
	<p>Conglomerados polimicticos, areniscas cuarzosas y arcillolitas</p>	Pgc
PRECÁMBRICO	<p>Se conforma por una secuencia bandeada e rocas de alto grado de metamorfismo (facies, granulita y anfibiótica), de composición cuarzo-feldespática con intercalaciones maficas, ultramaficas, pelíticas y calcáreas; en menor proporción los granitoides. Estas rocas son intruidas por pegmatitas con magnetita y biotita probablemente también de edad precámbrica, lo mismo que por cuerpos graníticos y diques lamprofíricos de edad jurásica.</p>	MPtg

Fuente: IGAC, 2004

Figura 5 Geología Departamento del Meta



Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2016.

5.2.2.3. |Geomorfología

El análisis geomorfológico del departamento del Meta acoge información del Sistema Taxonómico Geomorfológico el cual permite generar un mapa geomorfológico tomando como información de partida la leyenda de fisiografía, unidades ecológicas de paisaje o unidades geográficas biofísicas junto con la contribución de otras clasificaciones temática como vegetación geología, clima y suelos. El análisis se fundamenta en tres categorías:

1. Geoestructura o proviencia fisiográfica. Corresponde a la caracterización por estructura geológica (edad y naturaleza de rocas)

2. Ambiente morfogenético. Se relaciona con el medio físico, fundamentalmente originado y controlado por una geodinámica dada, ya sea interna o externa o una combinación de ellas.
3. Paisaje. Es la caracterización de una porción de la superficie terrestre, bien sea por repetición de tipos de relieves similares o por asociación de relieves diferentes.

En la *Tabla 7 Geoestructuras presentes en el Departamento del Meta* y *Figura 6* se describen las diferentes geoestructuras presentes en el territorio.

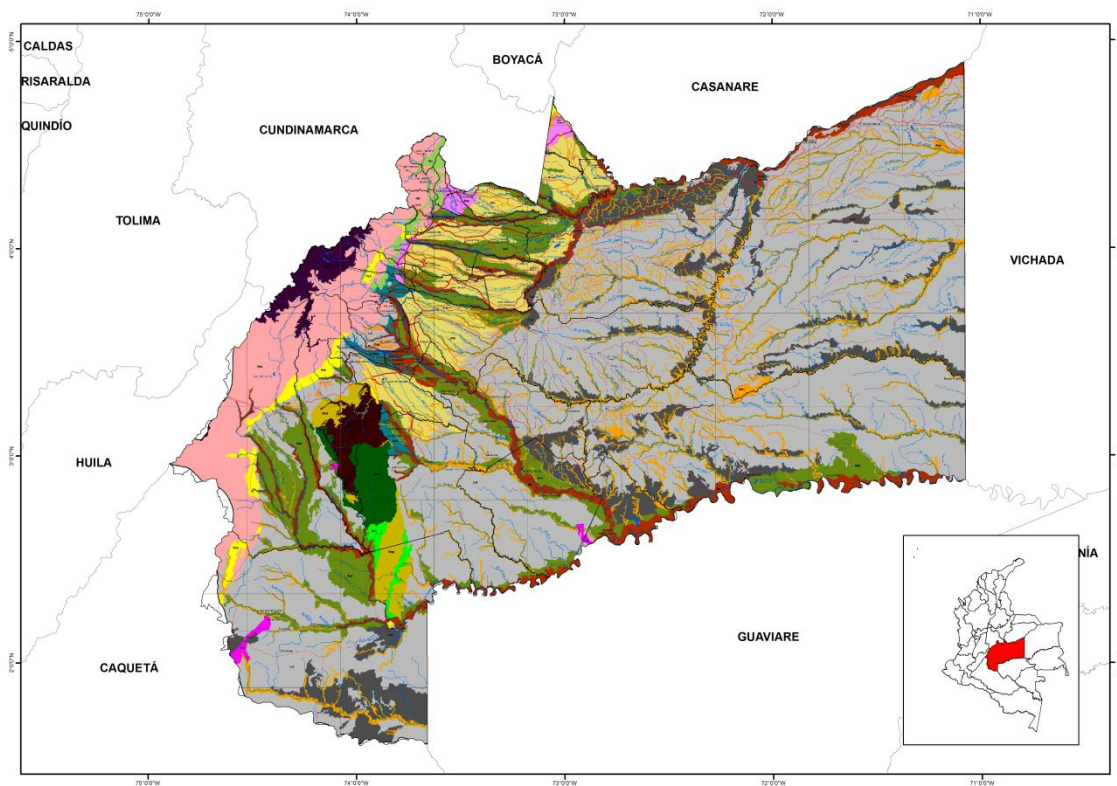
Tabla 7 Geoestructuras presentes en el Departamento del Meta

GEOESTRUCTURA	AMBIENTE MORFOGENÉTICO	PAISAJE	PROCESOS GEOMORFOLÓGICOS ACTUALES	SÍMBOLO
Cordillera de Plegamiento	Glaciarico-Estructural	Complejo de cumbres de artesas, espinazos, barras y cuestas homoclinales	Morfodinámica periglaciaria sensible	Mge
	Fluvio-erosional	Montañas ramificadas, filas y vigas	Escurrimiento difuso, deslizamientos y desprendimientos puntuales	Mfe
	Estructural, Fluvio-Erosional	Complejo de montañas ramificadas, crestas y crestones homoclinales	Deslizamientos localizados, patas de vaca y erosión laminar ligera	Mrc
		Crestas, crestones y espinazos homoclinales	Escurrimiento difuso	Mch
Sierra de la Macarena	Estructural, Fluvio-Erosional	Montañas ramificadas, filas y vigas	Deslizamientos localizados y erosión laminar ligera	Sts
		Colinas y cuestas relicto	Escurrimiento difuso y concentrado	Scu
		Mesas, cuestas y/o superficies onduladas	Escurrimiento difuso	Smp
	Fluvio-Erosional	Montañas ramificadas, filas y vigas	Escurrimiento difuso	Sed
Megacuenca de Sedimentación de la Orinoquía	Depositacional	Terrazas coluvio-aluviales	Escurrimiento difuso generalizado	Dto
		Abanicos antiguos	Reptación, patas de vaca y deslizamientos puntuales	Dan
		Abanicos subrecientes	Escurrimiento difuso generalizado en los planos y concentrados en los drenajes naturales	Dab
		Abanicos recientes a actuales	Escurrimiento difuso generalizado	Dar

	Estructural, Erosional	Fluvio-	Lomas y colinas	Escurrimiento concentrado	difuso	Lef
			Cuestas y crestones	Escurrimiento difuso		Les
			Mesas y/o superficies onduladas	Escurrimiento difuso en los planos convexos		Lms
	Sedimentación Aluvial		Mesas y terrazas agradacionales diferentes niveles	Escurrimiento difuso generalizado		Amt
			Planicie de inundación	Microrelieve cóncavo-convexo, surcado por cauces y afectados por inundaciones		Api
			Valles aluviales menores	Afectados por inundaciones y encharcamientos prolongados		Avm

Fuente: IGAC, 2004

Figura 6 Geomorfología Departamento del Meta.



Fuente: IGAC, 2004

5.2.3. Componente Atmosférico

Como se mencionó anteriormente el departamento del Meta se localiza dentro de las coordenadas Latitud 3.439 grados Norte y Longitud 72.932 grados Oeste por lo que se encuentra en la Zona de Confluencia Intertropical o ZCIT, generando que sus parámetros meteorológicos varían de un lugar a otro. En este sentido se acude a la información disponible en el IDEAM con 59 estaciones entre Agrometeorológicas (AM), Climatológicas Ordinarias (CP), Climatológicas Principal (CP) Pluviométricas (PM), Pluviográficas (PG), y Sinóptica Principal (SP) para describir cada uno de estos parámetros como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8 Estaciones Hidrometeorológicas en el Departamento del Meta

CODIGO	CAT	NOMBRE	MUNICIPIO	ELEV	LONGITUD	LATITUD
35010020	PM	Acacias	Acacias	525	73°45'56.1"W	3°59'40.7"N
35020030	PM	Manzanares	Acacias	1200	73°48'0.0"W	4°7'0.0"N
35105050	CO	Guaicaramo	Barranca de Upia	190	72°57'12.9"W	4°28'7.2"N
35100020	PM	Cabuyaro	Cabuyaro	180	72°47'34.2"W	4°17'1.4"N
35010060	PM	Toro El	Castilla La Nueva	230	73°24'2.0"W	3°47'12.0"N
32060030	PM	San Luis Cubarral	Cubarral	600	73°50'34.0"W	3°47'26.6"N
35045020	CO	Cabana La Hda	Cumalar	305	73°21'27.0"W	4°18'1.6"N
35030010	PG	Calvario El	El Calvario	1800	73°42'41.7"W	4°21'7.4"N
35030020	PM	Monfort	El Calvario	1100	73°38'52.9"W	4°18'36.3"N
32060020	PM	Mesa de Yamanes	El Castillo	600	73°54'3.9"W	3°31'51.4"N
32060060	PM	Calime	El Dorado	800	73°50'4.9"W	3°44'32.4"N
32070020	PG	Cano Blanco	Fuente de Oro	240	73°31'0.0"W	3°15'0.0"N
32075060	CO	Cooperativa La	Fuente de Oro	280	73°42'0.0"W	3°22'0.0"N
32070060	PM	Fuente de Oro	Fuente de Oro	300	73°38'0.0"W	3°28'0.0"N
32070110	PG	Aguas Claras	Granada	520	73°51'28.2"W	3°28'19.3"N
32075040	CO	Holanda La	Granada	360	73°42'57.7"W	3°30'58.8"N
35010040	PM	Cano Hondo	Guamal	800	73°48'52.5"W	3°55'27.2"N
35010070	PM	Guamal	Guamal	525	73°45'31.0"W	3°52'42.0"N
32035020	CO	Balsora La	La Macarena	372	73°55'56.2"W	2°26'18.2"N
32035010	CP	Macarena La	La Macarena	350	73°47'36.0"W	2°10'34.0"N
32030020	PM	Raudal Uno	La Macarena	351	73°56'38.0"W	2°19'21.0"N
32065010	CO	Lejanias	Lejanias	680	74°1'38.5"W	3°31'46.3"N
32060090	PG	Lejanias Castillo	Lejanias	840	74°3'34.7"W	3°34'34.4"N
32090010	PM	Mapiripan	Mapiripan	158	72°7'48.4"W	2°53'23.0"N
32120010	PM	San Ignacio	Mapiripan	168	72°22'11.2"W	3°44'2.7"N
32075050	CO	Mesetas	Mesetas	620	74°2'34.7"W	3°22'48.2"N
32080040	PM	Pororio El	Puerto Concordia	235	72°48'33.6"W	2°50'0.0"N
35120010	PM	Pto Gaitan	Puerto Gaitan	150	72°4'35.9"W	4°18'41.0"N
32075080	CO	Pto Lleras	Puerto Lleras	245	73°22'23.5"W	3°16'3.7"N
32070080	PM	Tierra Grata	Puerto Lleras	191	73°13'35.0"W	3°5'15.0"N
35180030	PM	Fundo Nuevo Humapo	Puerto Lopez	155	72°23'29.2"W	4°19'39.8"N

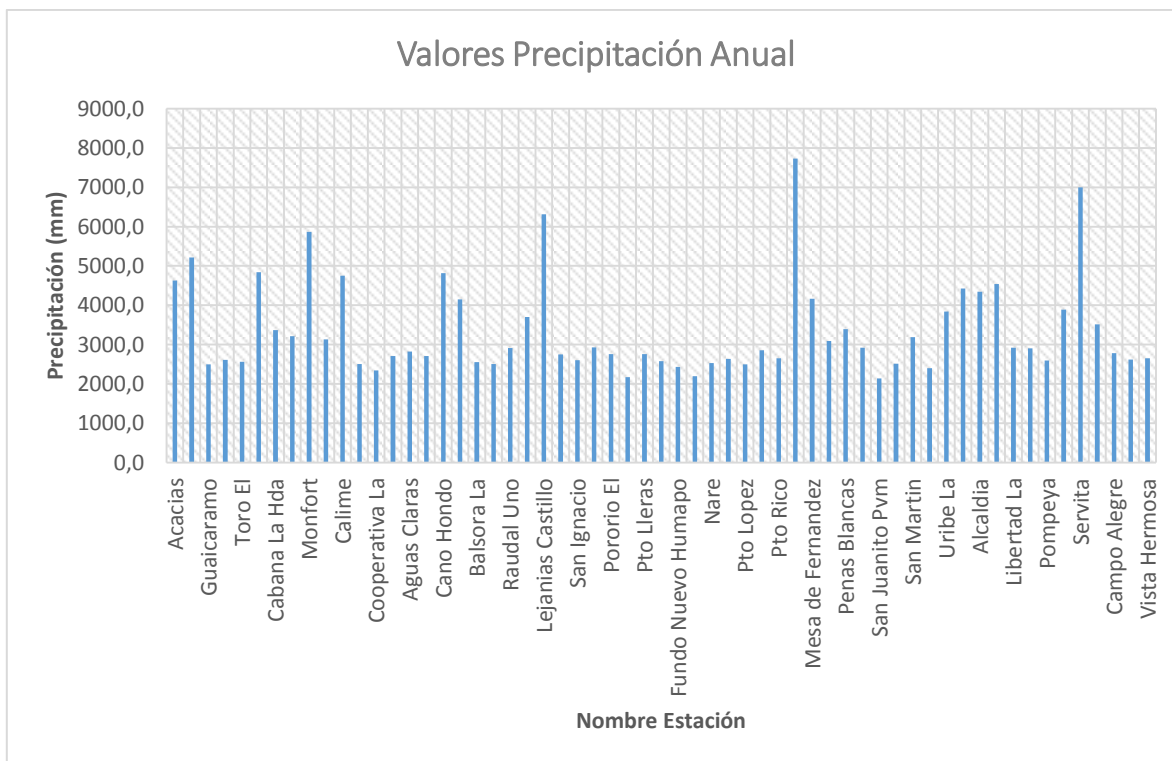
35125010	CO	Margaritas Las Hda	Puerto Lopez	150	72°9'22.9"W	4°20'26.0"N
35010080	PM	Nare	Puerto Lopez	200	73°8'59.0"W	3°47'38.0"N
35130010	PM	Plata La	Puerto Lopez	225	72°45'56.6"W	3°57'21.9"N
35010010	PM	Pto Lopez	Puerto Lopez	182	72°56'11.4"W	4°6'18.1"N
32080030	PM	Candilejas	Puerto Rico	184	73°5'0.0"W	2°50'0.0"N
32080010	PM	Pto Rico	Puerto Rico	230	73°12'35.0"W	2°56'36.0"N
35030090	PG	Buenavista	Restrepo	1280	73°37'4.2"W	4°16'29.2"N
32070120	PM	Mesa de Fernandez	San Juan de Arama	650	74°1'47.8"W	3°27'23.6"N
32070030	PM	Micos Los	San Juan de Arama	500	73°53'31.8"W	3°18'59.3"N
32070090	PM	Penas Blancas	San Juan de Arama	440	73°55'0.0"W	3°19'0.0"N
32070100	PG	San Juan de Arama	San Juan de Arama	410	73°53'31.0"W	3°22'30.3"N
35030300	PM	San Juanito Pvm	San Juanito	3300	73°31'0.0"W	4°27'0.0"N
35015050	CO	Barbasal	San Martin	250	73°20'57.4"W	3°37'50.8"N
35010090	PM	San Martin	San Martin	420	73°42'3.0"W	3°45'1.0"N
32010010	PM	Mariposa La	Uribe	383	74°6'11.1"W	2°33'46.2"N
32020020	PM	Uribe La	Uribe	950	74°21'13.4"W	3°14'35.6"N
35030040	PG	Acdto La Esmeralda	Villavicencio	550	73°38'51.8"W	4°9'49.1"N
35030100	PG	Alcaldia	Villavicencio	470	73°38'0.0"W	4°9'0.0"N
35035020	SP	Apto Vanguardia	Villavicencio	423	73°37'13.8"W	4°9'48.4"N
35025020	AM	Libertad La	Villavicencio	336	73°28'4.5"W	4°3'26.5"N
35030050	PM	Ojo De Agua	Villavicencio	300	73°26'55.6"W	4°5'28.1"N
35020060	PM	Pompeya	Villavicencio	260	73°22'4.8"W	4°2'23.1"N
35030030	PG	Sena	Villavicencio	425	73°38'22.4"W	4°7'38.5"N
35030290	PM	Servita	Villavicencio	1091	73°41'35.2"W	4°11'19.7"N
35035070	CP	Unillanos	Villavicencio	340	73°34'55.2"W	4°4'36.2"N
32070010	PM	Campo Alegre	Vistaherosa	260	73°45'0.0"W	3°12'0.0"N
32070040	PM	Pinalito	Vistaherosa	245	73°38'0.0"W	2°59'0.0"N
32075030	CO	Vista Hermosa	Vistaherosa	325	73°45'14.5"W	3°7'13.4"N

Fuente: IDEAM, 2016

5.2.3.1. Precipitación

Las precipitaciones anuales oscilan entre los 2000 mm en los municipios de Puerto Gaitán y Puerto López y los 7000 mm en las partes altas de la cordillera, específicamente en los municipios de Lejanías y Villavicencio. Los meses del año que mayor precipitación presenta son los de abril, mayo y junio con 400mm, 480 mm y 450 mm en promedio respectivamente, seguido del mes de octubre con 350 mm definiéndose así un comportamiento bimodal. (Ver Gráfica 1)

Gráfica 1 Precipitaciones Anuales Departamento del Meta



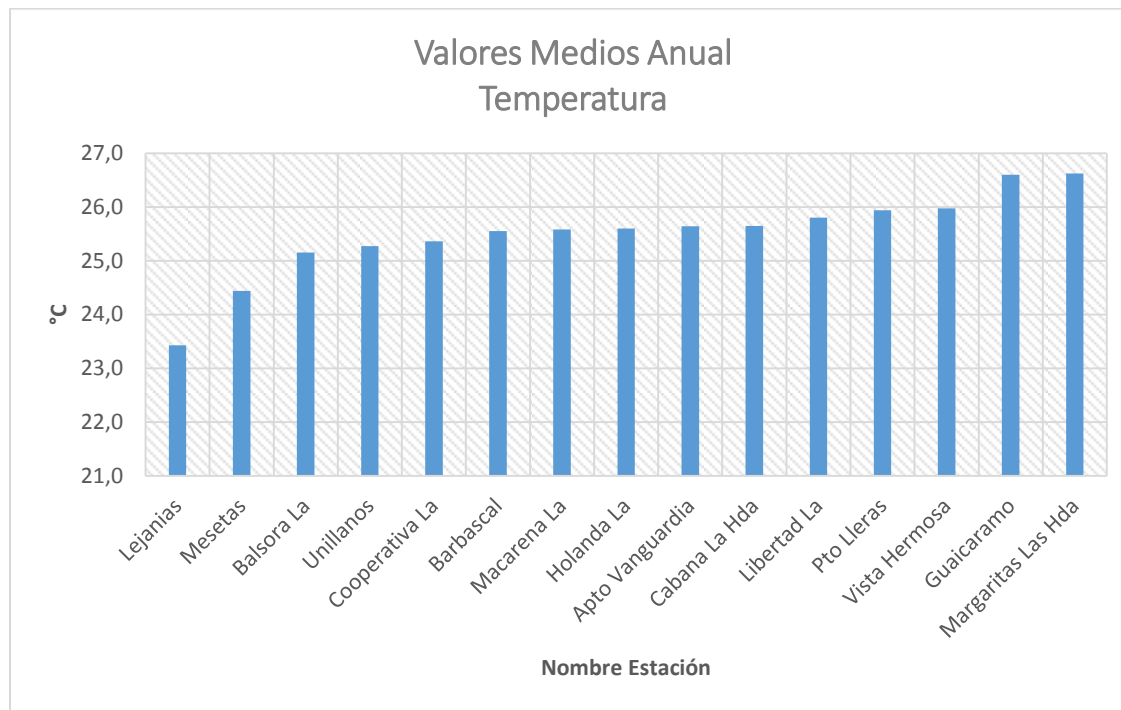
Fuente: IDEAM, 2016

5.2.3.2. Temperatura

Los valores promedios mensuales de temperatura en el territorio oscilan entre los 23,4°C y 26,7°C alcanzando un promedio para todo el territorio de 25,5°C siendo los municipios de Puerto Gaitán y Puerto López los que ostentan los valores de temperatura más altos (del total de registros históricos). Los meses del año que presentan las temperaturas más altas son diciembre, enero y febrero con valores medios mensuales de 26°C, 26,5°C y 26,7°C respectivamente (Ver

Gráfica 2).

Gráfica 2 Valores medio anual de Temperatura en el Departamento del Meta

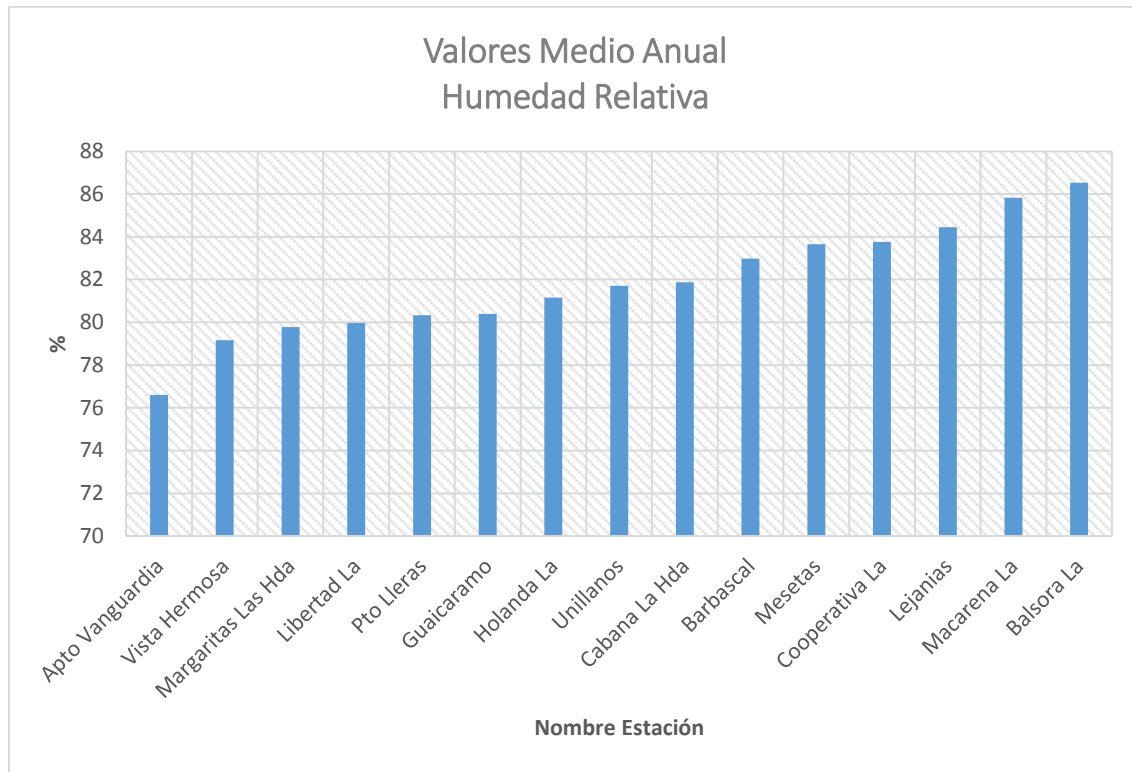


Fuente: IDEAM, 2016

5.2.3.3. Humedad Relativa

Los valores promedios mensuales de Humedad Relativa en el territorio oscilan entre los 77% y 87% alcanzando un promedio para todo el territorio de 82% siendo los municipios de La Macarena y Lejanías los que ostentan los valores de Humedad Relativa más altos (del total de registros históricos). Los meses del año que presentan los valores más altos son mayo, junio y julio con valores medios mensuales de 85% 87% y 86% respectivamente, siendo estos valores congruentes con los de precipitación media mensual (Ver Gráfica 3).

Gráfica 3 Valores Medio Anual Humedad Relativa Departamento del Meta

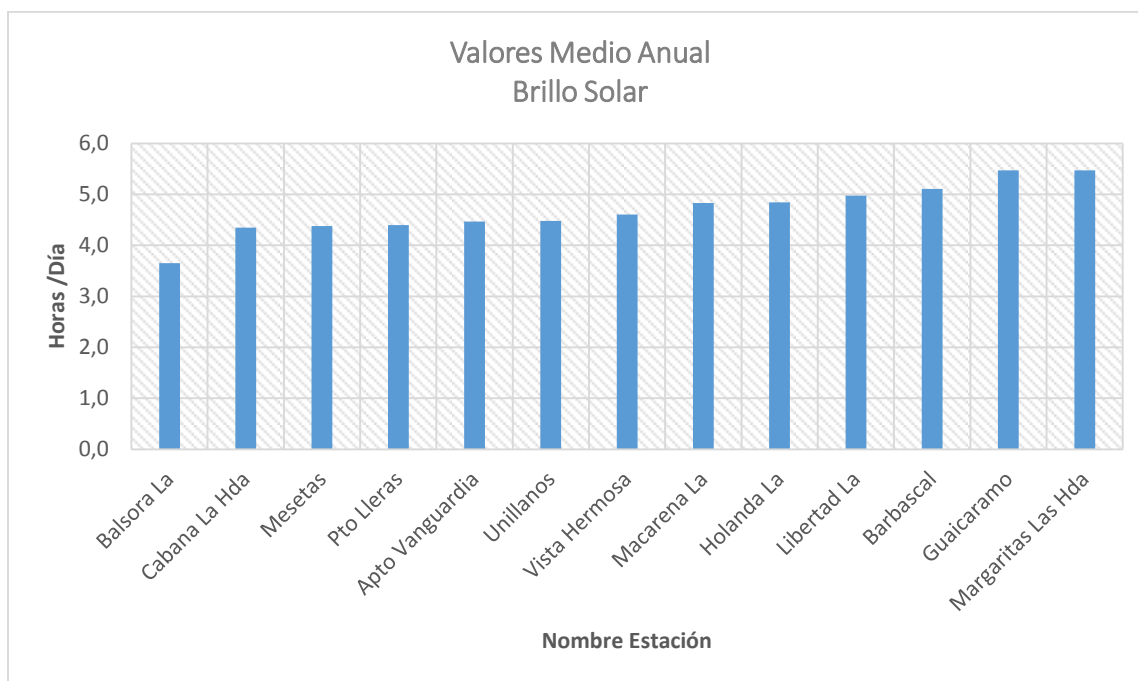


Fuente: IDEAM, 2016

5.2.3.4. Brillo Solar

Los valores de Brillo Solar anual oscilan entre los 3,5 horas/día y 7,7 horas/día de sol, siendo el municipio de la Macarena el que presenta los valores más altos y el de Puerto López los más bajos (del total de registros históricos). Los meses del año que mayor horas/día de sol presenta son los de diciembre, enero y febrero con 6,0 horas/día, 6,4 horas/día y 5,6 horas/día de sol respectivamente. (Ver Gráfica 4)

Gráfica 4 Valores medios anuales Brillo Solar



Fuente: IDEAM, 2016

5.2.4. Componente Hidroesférico

El departamento del Meta se localiza dentro del área hidrográfica Orinoco, las zonas hidrográficas Meta, Guaviare, y Vichada y las subzonas hidrográficas Metica, Guayuriba, Guatiquia, Humea, Guacavia, Upía, Negro, Yucao, Melua, Manacacias Guayabero, Lozada, Ariari Siare, Iteviare, Uvía, Guarrojo y Muco, como se muestra en la *Tabla 9* y la *Figura 7*.

Tabla 9 Descripción Zonas y subsanas hidrográficas en el departamento del Meta

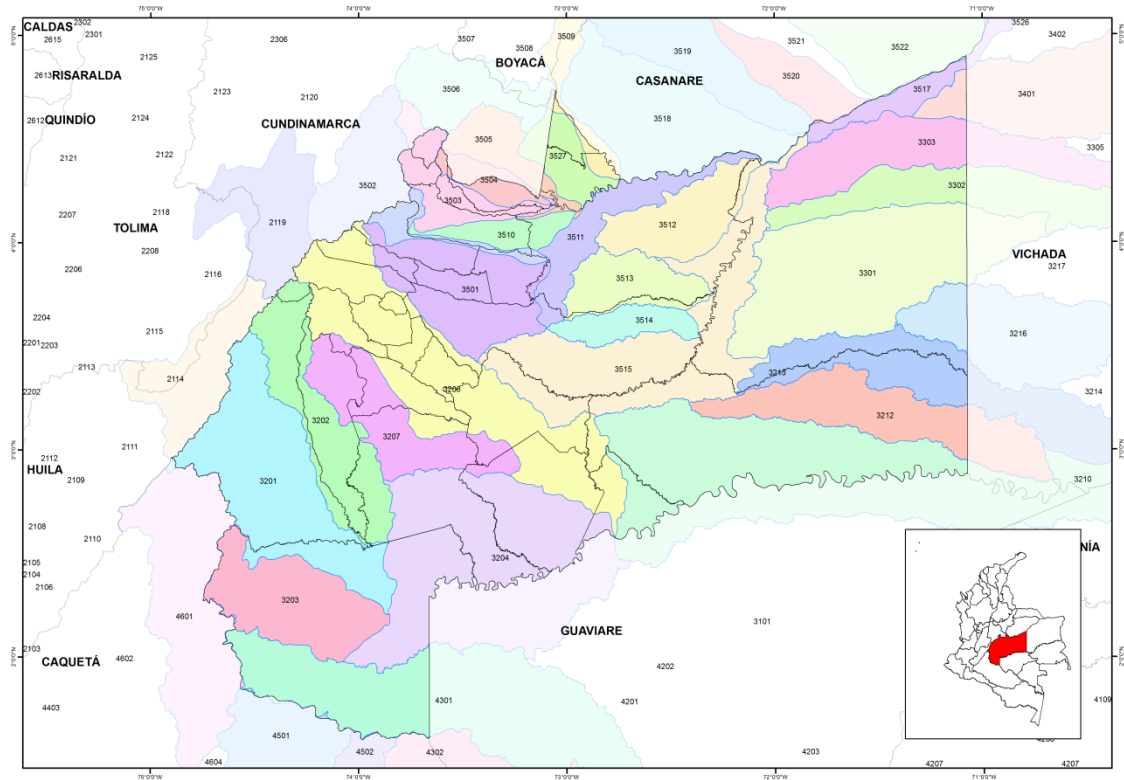
Zona Hidrográfica	Descripción	Subzona Hidrográfica	Descripción
Rio Guaviare	Tiene su origen en la cordillera oriental con el nombre de Guayabero, al oeste del departamento del Meta. Corre primero al sureste, toma luego la dirección noreste y	Rio Guayabero	Nombre que recibe el rio Guaviare desde su nacimiento hasta la confluencia del rio Ariari, departamentos del Meta y Guaviare. Tiene una longitud aproximada de 391 km.

	desemboca en el río Orinoco a los 4° 00' de latitud norte y 67° 44' de longitud oeste y desemboca en el río Orinoco.	Río Lozada	Localizado en el municipio de La Macarena, departamento del Meta, al oeste de la cabecera municipal, afluente del río Guayabero.
	Recibe el nombre de Guaviare a partir de Puerto Arturo en la confluencia con el río Ariari. Sirve de límite entre los departamentos del Meta, Vichada, Guaviare y Guainía. Tiene una longitud de 947 km y es navegable en la totalidad de su curso.	Río Duda	Baña los municipios de Uribe al este y mesetas al oeste, departamento del Meta, desemboca en el río Guayabero, entre sus afluentes están los ríos Guape, Pailas y Santo Domingo.
		Río Ariari	Nace en el páramo de Sumapaz y desemboca en el río Guaviare, tiene una longitud de 290 km, baña los municipios de Cubarral, El Castillo, Granada, Fuentedeoro, San Martín, El Dorado, Puerto Lleras y Puerto Rico.
		Río Siare	Río que baña de noroeste a noreste el municipio de Mapiripán, departamento del Meta, desemboca en el río Guaviare.
		Río Iteviare	Río que sirve de límite a los municipios de Mapiripán al noreste y Puerto Gaitán al sur del departamento del Meta, desemboca en el río Guaviare, entre sus afluentes está el caño Viejitas.
		Río Uva	Se ubica en el extremo oriental del departamento del Meta en límites con el departamento del Vichada.
Río Meta	Nace en la cordillera Oriental y en la primera parte se conoce con el nombre de río Metica, el cual está formado por el caño Camoa y el río Guamal; al recibir Humadea recibe el nombre de Meta y con ese nombre sirve de límite entre los departamentos del Meta y Vichada y los departamentos de Arauca y Casanare, desemboca en el Río Orinoco y cuenta con una longitud aproximada de 804 km.	Río Metica	Nombre que recibe el río Meta en la primera parte de su curso, recorre los municipios de San Carlos de Guaro y Puerto López. Se forma de la unión de los ríos Humea, Guamal, Camoa y el caño Chunaipo.
		Río Yucao	Río localizado en el municipio de Puerto López, al sureste de la cabecera municipal, nace en las sabanas de Cruz Bello al sur de Puerto López y desemboca en el río Meta.
		Río Manacacias	Río localizado entre los municipios de Puerto Lleras, San Martín, Puerto López y Puerto Gaitán, formado por los caños Nare y Grande. La poca pendiente del río permite la navegación de embarcaciones menores. Entre sus afluentes se encuentran los caños Cumaral, Casibare y Pilonas.
Río Vichada	Formado por las cuencas de los ríos Tillavá, Guarrojo y Muco	Río Tillavá	Río que recorre el municipio de Puerto Gaitán de suroeste a sureste, unido al río Planas forman el río Vichada.

		Rio Guarrojo	Rio que recorre el municipio de Puerto Gaitán y también el territorio del departamento del Vichada, desembocando en el rio Vichada, en su primera parte recibe el nombre de Guarrojo.
		Rio Muco	Rio que baña los municipios de Puerto Gaitán y Primavera, departamento del Meta y Vichada, desembocando en el rio Vichada, en su primera parte del trayecto se conoce como caño el Muco.

Fuente: Departamento del Meta, 2010

Figura 7 Subzonas Hidrográficas Departamento del Meta



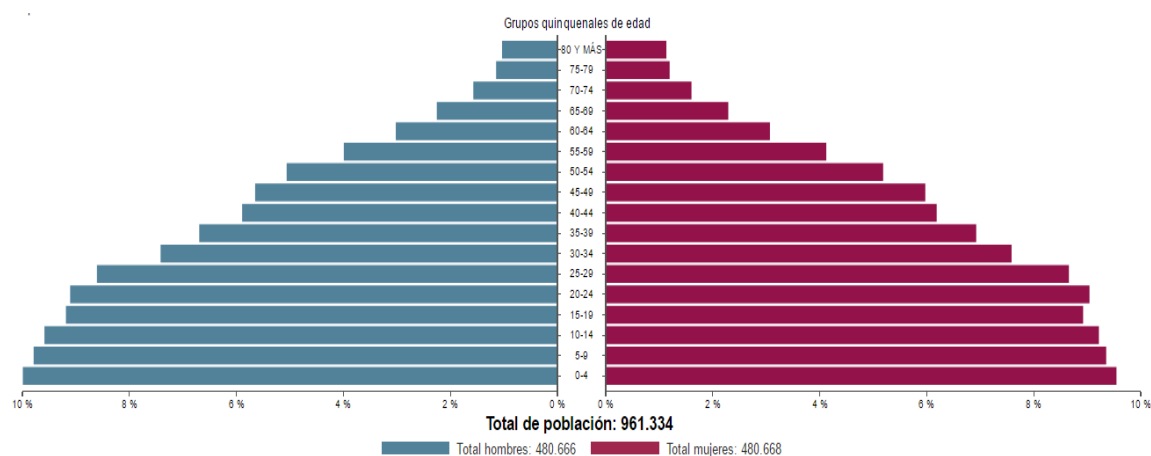
Fuente: IDEAM, 2010

5.3. DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO

5.3.1. Población

Para el año 2015 la población en el departamento del Meta se acercaba a los 961.334 personas de acuerdo con la proyección DANE 2005, distribuidas de manera equilibrada entre hombres y mujeres, con 480.666 para el primer grupo y 480.668 para el segundo y en donde la mayoría de su población se localiza en suelo urbano con un porcentaje del 75%, comparado con los que se localizan en suelo rural que alcanzan un porcentaje del 25% (Ver *Figura 8*).

Figura 8 Pirámide de población total según sexo y grupos para el año 2015



Fuente: DANE. Proyecciones de población 2005

En el departamento del Meta, la estructura poblacional por sexo y edad se ha modificado profundamente en los últimos cincuenta años. La base de la pirámide poblacional se ha reducido paulatinamente, y la población de las edades adultas y avanzadas se incrementó de manera paralela, tendencias que coinciden con las observadas a nivel nacional. El peso relativo de la población entre 0 y 14 años del Meta fue de 14 por ciento en 1973 y se redujo hasta 29 por ciento en el año 2015. (Plan de Desarrollo Departamental, 2016).

Los cambios enmarcados anteriormente presentan implicaciones importantes en términos de inversión pública e implementación de políticas públicas, pues se evidencia fuertes necesidades en los diferentes segmentos poblacionales, especialmente en la población apta para el trabajo, ya que claramente esta

estructura poblacional muestra una partición importante, y que va en aumento de adolescentes y adultos jóvenes, en otras palabras, quienes están entre los 15 y 39 años de edad.

5.3.2. Economía

La economía del departamento del Meta se basa principalmente en la agricultura, la ganadería, el comercio y la industria, aunque en los últimos años los sectores minería e hidrocarburos, servicios y turismo han mostrado un importante crecimiento. A continuación se hace una pequeña descripción de la composición económica en el departamento del Meta en términos de sectores, es decir, sector primario (actividades de producción de materias primas y productos finales con poco o ningún grado de transformación), secundario (presenta importantes niveles de transformación de materias primas) y terciario, (actividades comerciales de compra y venta de bienes y servicios para su consumo intermedio o final).

5.3.2.1. Sector Primario

El sector primario es el de mayor importancia en el Meta, dado que su hegemonía se ha conservado tradicionalmente, siendo de especial significancia los primeros períodos de toda la serie disponible y los años transcurridos del nuevo milenio; en estos últimos, su aporte prosperó de manera progresiva y persistente, alcanzando, en promedio, una proporción superior al 52,0% del PIB departamental, luego de pasar de concentrar alrededor de 35,0% de la estructura económica en 2001 a representar más de 75,0% del total en las últimas tres anualidades (ICER, 2015).

Aunque el Meta se ha caracterizado como una región ganadera, esta situación ha cambiado a través del tiempo, al punto que se dio un avance significativo de la agricultura con el establecimiento de algunos cultivos, gracias a investigaciones académicas, técnicas y científicas relacionadas con sus suelos (Fedearroz, 2011, p. 65). Los principales cultivos son el arroz, palma africana, plátano, maíz, además

de cacao, soya, cítricos y otros frutales siendo el arroz uno de los más importantes pues se ha señalado que el Meta es el segundo departamento del país más destacado en la producción de este cultivo, en especial con la modalidad de secano mecanizado.

Así mismo y de acuerdo con los datos proporcionados por la Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite Fedepalma, en los últimos años se incorporó la palma de aceite como cultivo preponderante, siendo este departamento el primer productor nacional que junto con el departamento de Casanare han mostrado un considerable desarrollo, al pasar de 196.582 toneladas en 2001 a 398.447 toneladas en 2013.

Con relación a la ganadería, Federación Colombiana de Ganaderos, Fedegan lleva a cabo un análisis donde permite establecer que la población total de bovinos en el Meta para el año 2001 fue de 1.320 miles de cabezas y ascendió en el año 2013 a 1.634 miles de cabezas, señalando una tendencia constante de crecimiento, promovida por la producción ganadera de carne, que sobresale como la finalidad principal, seguida de la ganadería de doble propósito y la destinada a la producción de leche. En 2008, el Meta pasó a ocupar el primer lugar en el hato ganadero del país, con un inventario que utilizó el 87,4% del suelo disponible (4,7 millones de ha), por lo que la capacidad de carga entre 2001 y 2008 fue de 1,8 cabezas/ha. (Benavides, 2010).

La piscicultura es otro factor económico importante en el departamento, gracias a los diferentes programas y proyectos en cabeza de las instituciones municipales y departamentales. De los ríos y estanques artificiales se obtiene una aceptable pesca de bagres, blanquillo, bocachico y cachama, especies que han dado un pulso importante en producción de la región a través de las explotaciones piscícolas donde predomina la utilización de aguas por gravedad, recirculación de agua en verano y bombeo tanto de aguas subterráneas como superficiales.

Finalmente, la extracción de petróleo y gas en los campos como los de Apiay y Castilla han tenido un auge importante a partir del año 2000, alcanzando una participación en el PIB de casi el 40%, a pesar de que en los años 2015 y 2016 su producción bajó considerablemente.

Durante este último lapso (2000-2014) el Casanare perdió la primacía en explotación de petróleo, y el liderazgo fue asumido por el Meta, con un crecimiento notorio que lo ubicó como el primer productor del país, debido al descubrimiento de nuevos pozos, en donde sobresalieron los ubicados en jurisdicción de los municipios de Puerto Gaitán (Rubiales), Castilla La Nueva y Acacías. Es así como, según cifras del Ministerio de Minas y Energía, la producción de petróleo en el Meta creció de 60.920 barriles promedio por día calendario (bpdc) en 2001 a 510.157 bpdc en 2013, volumen que en el último periodo referenciado representó el 50,5% del total nacional (Banco de la República, 2015).

A pesar de que el Departamento del Meta avanza como primer productor de petróleo, su producción deja varios problemas tanto ambientales como sociales, para el primer caso se observa una precaria sustentabilidad de sus actividades, como consecuencia de los impactos negativos generados a los recursos agua, suelo y aire, además de la elusión de la responsabilidad social empresarial.

Para el segundo caso el sector minero, que ha sido dinámico en gran parte de los últimos años debido al crecimiento en la demanda mundial por los productos energéticos, es una actividad poco efectiva en generación de empleo a pesar de la cantidad de migraciones de que han sido objeto los territorios productores, pues las administraciones municipales desbordan sus presupuestos tratando de satisfacer la prestación de servicios sociales a la nueva población. No obstante, «Gracias a la bonanza petrolera, los municipios directamente relacionados con el flujo migratorio tuvieron bases financieras para enfrentar los problemas urbanísticos y sociales que implica. Fue así como se dispusieron de considerables

recursos para la inversión en vivienda social, tanto en área rural como en el área urbana» (Sánchez, 2005, p. 25).

5.3.2.2. Sector Secundario

En este sector, cabe mencionar la inclusión, entre otros, de los bienes relacionados con la fabricación de otros productos minerales no metálicos (vidrio, cerámica y cemento), la elaboración de muebles e industrias manufactureras (joyas, instrumentos musicales y artículos deportivos) la extracción y refinación de aceite de palma, trilla de arroz, así como, actividad metalmecánica y de productos para construcción. La leve participación de la actividad industrial proviene del poco dinamismo alcanzado, al señalar promedios anuales de aumento que se aproximaron a 1,0%, tanto en los noventa como en los años 2000, supeditados a la existencia de pequeñas industrias y algunas más grandes que corresponden principalmente a molinos de arroz (Banco de la República, 2015).

En este sentido los datos oficiales registran que el sector muestra una representatividad discreta en el ámbito departamental, contrario a lo que sucede con el sector anterior, pues de manera particular alcanzó su máxima representación en los años 2006 y 2007 con aportes cercanos a 16,0%, reduciéndose en el año 2011 a tasas inferiores al 9,0%.

5.3.2.3. Sector Terciario

El sector terciario, segundo en importancia en el departamento, ha sido considerado una alternativa para la generación de empleo, contrario a la menor incidencia que se le atribuye, en esta materia, a minería e industria. De manera similar a lo acontecido con el secundario, su desarrollo evidenció un comportamiento cíclico en el curso de toda la serie analizada: mientras desde los sesenta hasta mediados de los setenta ostentó tasas anuales de participación inferiores al 35,0% como proporción del PIB departamental, obtuvo su mayor

influencia en el segundo quinquenio de los 70, con un aporte que bordeó el 45,0%, y a partir de allí observó un progresivo descenso, hasta reportar una tasa media anual que se aproximó a 31,0% en los últimos trece años estudiados (Banco de la República, 2015).

En términos de actividades se destaca el comercio como máximo exponente del sector gracias a su cercanía con la capital del país, lo que se le atribuye al hecho de convertirse en departamento proveedor de bienes y servicios hacia el interior del país, es decir, la región llanos alcanza un promedio de participación respecto al PIB departamental de 7,8%, en los últimos años y una tasa media de crecimiento de 2,9%.

Así mismo una actividad no menos importante y que en los últimos años se ha posicionado en un lugar privilegiado es el de hoteles, restaurantes, bares y similares, cuya participación en el valor del PIB departamental, supera el 7% confirmando un cambio de tendencia jalonado por el desarrollo paulatino de actividades relacionadas con ecoturismo, especialmente en aquellas zonas del departamento donde la presencia de paisajes místicos y la riqueza de recursos naturales han forjado la apertura de nuevos hoteles, hostales y sitios afines.

5.4. DIAGNÓSTICO GESTIÓN DEL RIESGO POR INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL

5.4.1. Institucionalidad

La ley 1523 de 2012 en su artículo 27 establece que dentro de las instancias de Coordinación Territorial se crearon los Consejos departamentales, distritales y municipales de Gestión del Riesgo de Desastres, *como instancias de coordinación, asesoría, planeación y seguimiento, destinados a garantizar la efectividad y articulación de los procesos de conocimiento del riesgo, de reducción del riesgo y de manejo de desastres en la entidad territorial correspondiente, para*

este caso el departamento del Meta cuenta con el Consejo Departamental de Gestión de Riesgos de Desastres CDGRD conformado por:

- ✓ El Gobernador o su delegado, quien lo preside.
- ✓ El Director de la Oficina de Gestión del Riesgo.
- ✓ Los directores de las entidades de servicios públicos o sus delegados, Edesa, y EMSA
- ✓ Un representante de la Corporación para el desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena CORMACARENA
- ✓ El director o quien haga sus veces de la defensa civil colombiana en la jurisdicción del departamento del Meta
- ✓ El director o quien haga sus veces de la Cruz Roja Colombiana seccional Meta
- ✓ El delegado departamental de bomberos
- ✓ Un secretario de despacho departamental o municipal, designado para ello por el Gobernador del Departamento del Meta
- ✓ El Comandante de Policía Meta y Metropolitana de Villavicencio o sus delegados.
- ✓ Comandante de la VII Brigada y Fuerza Aérea o sus delegados
- ✓ Los secretarios de Medio Ambiente y Recursos Mineroenergéticos, Educación y de Desarrollo Agroeconómico.

De esta forma y teniendo en cuenta que el CDGRD hace parte de las instancias de orientación y coordinación, tiene como propósito fundamental el de optimizar el desempeño de las diferentes entidades públicas, privadas y comunitarias en la ejecución de acciones de gestión del riesgo.

En este sentido el CDGRD ha venido adelantando sus respectivas encuentros y convocatorias con sus integrantes a fin de establecer las acciones de prevención y atención para las temporadas de lluvias y de sequía, discutir las diferentes peticiones de los alcaldes referentes a las obras de mitigación y entrega de ayudas humanitarias, y socializar las normas, directrices y lineamientos emanados por las distintas autoridades e instituciones de orden nacional que deben cumplir

cada uno de los 29 municipios del Departamento, entre otros compromisos que hacen parte de sus funciones propias.

5.4.2. Eventos registrados

El Consejo Departamental de Gestión del Riesgo de Desastres, los Concejos Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres, la Defensa Civil y el Cuerpo de Bomberos presentan una base de datos de la ocurrencia de incendios forestales ocurridos en los últimos 10 años en el territorio, información que para el presente documento sirve como insumo importante para constatar las áreas quemadas identificadas a través de la metodología descrita previamente.

De esta información se destaca que la anualmente se reportan incendios forestales del orden de 3.500 ha aproximadamente, especialmente en los Municipios de San Carlos de Guaroa, Puerto López y Villavicencio, originados en la mayoría de los casos por la acción antrópica y el desarrollo de la actividad agrícola lo cual genera entre otros impactos negativos, la pérdida de la biodiversidad y la disminución de la cobertura vegetal y de las poblaciones de especies animales asociadas a las mismas.

Los municipios del departamento del Meta que conforman la cuenca del Rio Meta no reportan este fenómeno como una de sus amenazas principales, sin embargo municipios como San Carlos de Guaroa, Puerto López y Villavicencio si lo considera importante pues los eventos presentados en las veredas en especial para las veredas de Pesqueros, Palomas, Dinamarca, Surimena, La Raya, El Barro, Giramena, Pajure y Palmares para el primer caso, en las zonas de sabana y en el Alto de Menegua para el segundo y en las veredas Buenavista, Vanguardia, el cerro de Cristo Rey y las partes altas del piedemonte para el tercer caso así lo demuestran, presentado afectaciones que superan las 3.500 has/año en la Cuenca.

Para el caso de la cuenca del Rio Ariari se reportan anualmente incendios forestales que afectan aproximadamente más de 10.000 has, principalmente en los municipios de San Juan de Arama, Mesetas y Lejanías y algunas quemadas aisladas en los otros municipios de la cuenca, como consecuencia de la practica cultural tradicional para el restablecimiento de pasturas y agricultura tradicional (conucos).

Por otro lado los municipios que pertenecen a la cuenca del Rio Guayabero, describen los incendios forestales como una de las amenazas que con mayor frecuencia se presenta y reporta en esta cuenca, siendo la época de sequía la más favorables para las mismas, ocasionadas principalmente por las prácticas agrícolas inadecuadas con fines de limpieza de potreros y búsqueda de retoños de pastos y gramíneas como alimento para el ganado. De acuerdo con la información suministrada las veredas que comúnmente resultan afectadas por este fenómeno, son El Billar, Bajo Losada, Agua Azul, La Esperanza, California, Playa Rica, El Palmar, el Recreo, Getsemani, El Yri, San Jose de Caquetania, y El Triunfo en el Municipio de La Macarena, Matebambú, Guaymaral, Delicias, Camaguay, Dorado, Encato, Madroño, Danubio, Balastrera, Talnqueras, Cunimia, Andes, La Española, La Albania, Campo Alegre, Trocha Treinta, El Progreso, Villa La Paz, Puerto Lucas, Jericó, Caño Veinte, Palestina, Termales, La Veintiséis, y Palmar, en el municipio de Vistahermosa, El Oasis, La Lindosa, Guacamayas, La Venada, Caños negro, Caño Raya, San Vicente Alto Y Bajo, Caño la Torre, Sauzalito, La Ye, La Sultana en el Municipio de Puerto Rico.

Finalmente los municipios que pertenecen a la cuenca del Rio Guaviare anualmente reportan incendios forestales en el orden aproximado de 2.000 has, principalmente en el Municipio de Mapiripán y en la zona rural del municipio de Puerto Concordia, como practica cultural tradicional para el manejo de pasturas y agricultura tradicional.

De esta forma se hace una descripción de los eventos presentados año a año y los municipios que fueron afectados por la ocurrencia de dichos eventos en la Tabla 10.

Tabla 10 Eventos y Municipios afectados por la ocurrencia de Incendios Forestales

Año	Eventos y Municipios afectados
2016	356 incendios forestales presentados en el departamento siendo Villavicencio el municipio más afectado, seguido de Puerto Rico, Puerto López y Guamal.
2015	14 municipios en alerta roja y con amenaza muy alta de ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal en zonas de bosques, cultivos y pastos, Cubarral, El Castillo, Fuente De Oro, Granada, La Macarena, Lejanías, Mesetas, Puerto Lleras, Puerto Rico, San Juan De Arama, San Martín, Uribe, Villavicencio y Vistahermosa.
2014	En el Meta la alerta rige para los municipios de Acacias, Cumaral, Cubarral, El Castillo, El Dorado, Fuentedeoro, Granada, La Macarena, Lejanías, Mapiripán, Mesetas, Puerto Concordia, Puerto Gaitán, Puerto Lleras, Puerto López, Puerto Rico, Restrepo, San Juan de Arama, San Martín, Uribe, Villavicencio y Vista Hermosa.
2013	Más de 3.000 hectáreas de bosques nativos fueron consumidas por las llamas, en 19 municipios del departamento, principalmente en el Municipio de Puerto López.
2012	Más de 500 incendios forestales presentados en el departamento siendo Villavicencio el municipio más afectado, seguido de Puerto López.
2011	6.500 hectáreas de bosque y rastrojo fueron consumidas por las llamas, en los municipios del departamento, principalmente en el Municipio de Puerto López, Villavicencio y Puerto Rico.
2010	Más de 1000 incendios forestales se presentaron en el departamento siendo los municipios de Puerto Gaitán, Puerto Lleras, Puerto López y La Macarena los más afectados. En esos cuatro municipios el total de incendios supera el 75% del total.
2009	Más de 400 incendios forestales se presentaron en el departamento siendo los municipios de Puerto López, Villavicencio y La Macarena los más afectados.
2008	Más de 400 incendios forestales se presentaron en el departamento siendo los municipios de Puerto Gaitán, Puerto López, Villavicencio y Guamal los más afectados.
2007	5.500 hectáreas de bosque y rastrojo fueron consumidas por las llamas, en los municipios del departamento, principalmente en el Municipio de Puerto López, y Puerto Rico

Fuente: IDEAM, CDGRD, Cuerpo de Bomberos de Villavicencio, 2016

De igual forma la Corporación para el Desarrollo Sostenible del Área de Manejo Especial La Macarena CORMACARENA elaboró un estudio en el cual identificaba los focos de calor en el departamento del Meta, entendiéndose éstos como *los elementos espaciales mínimos de la imagen satelital (píxel) que reportan una temperatura elevada de 25 grados centígrados para imágenes nocturnas y 42 grados centígrados para imágenes satelitales diurnas, lo que equivale a que en la superficie terrestre exista una fuente de calor de entre 250 grados centígrados y 500 grados centígrados.* (ABT, 2010)

Para la identificación de estos focos utilizó un sistema de monitoreo continuo, con datos proporcionados por satélites y su sensor Modis (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer), que detecta altas temperaturas, realizando un control

de calidad a través de cartografía temática (mapas de ríos, lagos, lagunas, cobertura de la tierra y poblaciones) e imágenes de satélite Landsat 5TM actuales de alta resolución espacial.

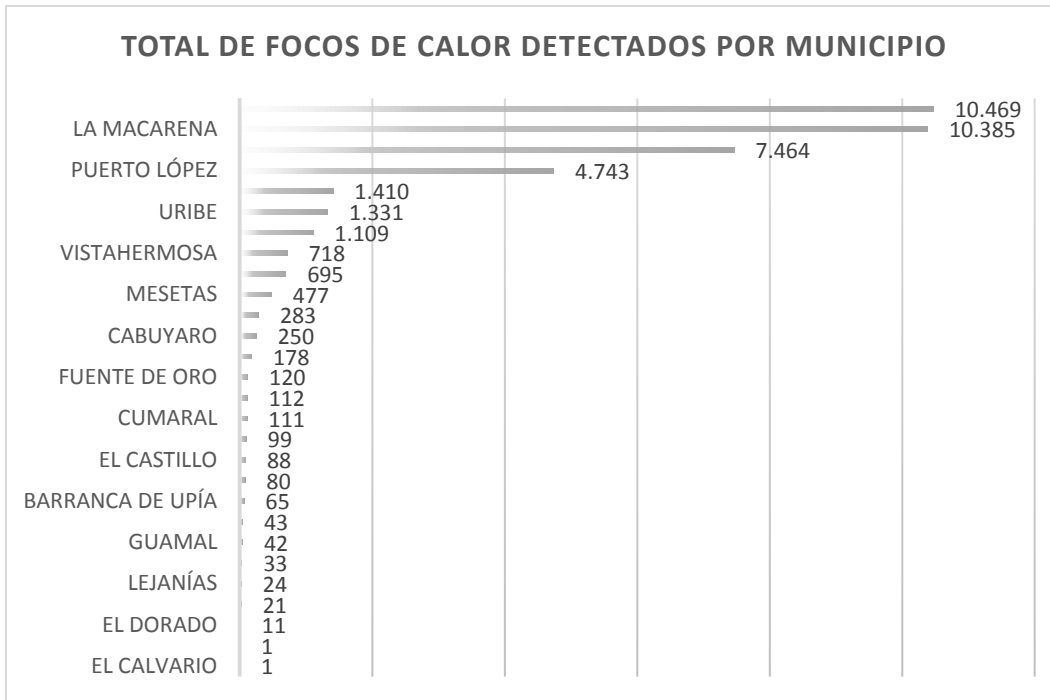
En este orden de ideas el estudio identificó un total de 68.114 focos de calor, en el departamento del Meta siendo en su orden los municipios de Puerto Gaitán, Mapiripán, La Macarena, San Martín y Puerto López los que mayor cantidad de focos presentan con un 40,74%, 15,37%, 15,25%, 10,96% y 6,96% respectivamente (Ver Tabla 11 y Gráfica 5)

Tabla 11 Focos de calor identificados en el Departamento del Meta

Municipio	Numero de Focos	Porcentaje	Municipio	Numero de Focos	Porcentaje
ACACÍAS	80	0,12%	MESETAS	477	0,70%
BARRANCA DE UPÍA	65	0,10%	PUERTO CONCORDIA	695	1,02%
CABUYARO	250	0,37%	PUERTO GAITÁN	27.751	40,74%
CASTILLA LA NUEVA	21	0,03%	PUERTO LLERAS	1.410	2,07%
CUBARRAL	112	0,16%	PUERTO LÓPEZ	4.743	6,96%
CUMARAL	111	0,16%	PUERTO RICO	1.109	1,63%
EL CALVARIO	1	0,00%	RESTREPO	33	0,05%
EL CASTILLO	88	0,13%	SAN CARLOS DE GUAROA	99	0,15%
EL DORADO	11	0,02%	SAN JUAN DE ARAMA	178	0,26%
FUENTE DE ORO	120	0,18%	SAN JUANITO	1	0,00%
GRANADA	43	0,06%	SAN MARTÍN	7.464	10,96%
GUAMAL	42	0,06%	URIBE	1.331	1,95%
LA MACARENA	10.385	15,25%	VILLAVICENCIO	283	0,42%
LEJANÍAS	24	0,04%	VISTAHERMOSA	718	1,05%
MAPIRIPÁN	10.469	15,37%	Total general	68.114	100,00%

Fuente: CORMACARENA, 2013

Gráfica 5 Focos de Calor detectados por municipio en el Departamento del Meta



Fuente: CORMACARENA, 2013

De igual forma se pudo determinar en el mismo documento que los años en los cuales se presentaron más focos de calor en su orden fueron 2007, 2004 y 2010 con 9.385, 7.719 y 4.734 respectivamente, (Ver Tabla 12)

Tabla 12 Número de Focos de Calor por año por Municipio

Municipio	Años															Total general	
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015
ACACÍAS		3		7	8	5	1	20	4	3	1	5	3	8	7	5	80
BARRANCA DE UPÍA	2	7	3	9	11	4	4	10	1	1		2	1	1	5	4	65
CABUYARO		18	12	17	31	12	7	28	32	10	9	18	24	7	13	12	250
CASTILLA LA NUEVA		1	1	2	3	3		4		2	1				2	2	21
CUBARRAL		4	2	1	46	8	7	28	1		11				4		112
CUMARAL		4	4	4	18	6	1	15	4	3	8	5	20	6	3	10	111
EL CALVARIO								1									1
EL CASTILLO		8	6	4	20	3	2	8	1	12	13	1	3	4	3		88
EL DORADO			1					7				2		1			11
FUENTE DE ORO		16	7	13	9	4	5	26	3	3	11		7	5	9	2	120
GRANADA		4	1	3			5	1	2	1	2	1	4	4	3	12	43
GUAMAL		8			9	3	1	2	2	6	5	3	3				42
LA MACARENA	12	367	307	488	1.946	541	428	2.743	486	445	420	475	469	374	566	318	10.385
LEJANÍAS			1	1	4			6	1	5	4		1		1		24
MAPIRIPÁN	43	419	595	668	1.155	831	495	1.184	689	571	855	504	663	591	710	496	10.469
MESETAS		14	43	26	22	25	29	107	28	37	49	15	36	4	38	4	477
PUERTO CONCORDIA	5	21	30	64	63	38	23	147	50	41	45	33	27	27	43	38	695
PUERTO GAITÁN	148	1.171	1.557	1.670	2.644	1.791	1.428	2.818	2.072	1.794	1.961	1.485	1.780	1.555	2.075	1.802	27.751
PUERTO LLERAS	7	96	96	140	160	109	73	146	75	66	105	56	83	72	92	34	1.410
PUERTO LÓPEZ	40	245	229	278	494	334	267	505	340	282	375	268	307	226	305	248	4.743
PUERTO RICO	1	61	56	85	119	57	61	183	78	54	103	27	46	33	79	66	1.109
RESTREPO		2	2		2	2	1	3	5	2	7	2		3	2		33
SAN CARLOS DE GUAROA		10	4	14	14	2	10	23	6	3	2	1	2	7	1		99
SAN JUAN DE ARAMA		16	22	17	13	11	9	30	5	9	5	3	10	5	19	4	178
SAN JUANITO				1													1
SAN MARTÍN	59	386	444	421	670	621	478	875	459	426	533	351	513	454	469	305	7.464
URIBE		54	22	64	177	38	90	290	51	98	87	48	123	30	107	52	1.331
VILLAVICENCIO	1	17	13	16	20	9	9	36	26	20	37	11	15	25	18	10	283
VISTAHERMOSA		33	20	43	61	25	13	139	59	30	83	36	32	28	56	60	718
Total Anual	318	2.985	3.478	4.056	7.719	4.482	3.447	9.385	4.480	3.924	4.734	3.350	4.173	3.469	4.630	3.484	68.114

Fuente: CORMACARENA, 2013

Así las cosas y teniendo en cuenta que la identificación de focos de calor no determina necesariamente la ocurrencia de un evento de incendio forestal, si es claro que son sólo indicadores de quemas que ponen en alerta las autoridades competentes para tomar las medidas necesarias y de esta forma evitar la materialización de actividades que se consideran potencian la ocurrencia de un incendio de la cobertura vegetal.

5.4.3. Medidas adoptadas

Con referente a las medidas adoptadas por las instituciones o autoridades competentes relacionadas con la ocurrencia de eventos por incendios forestales, éstas han adoptadas medidas conducentes a (1) la prevención de ocurrencia de un evento, (2) atención y manejo al momento de presentarse la emergencia y

finalmente a (3) la restauración de áreas afectadas, ésta última a menor escala, como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13 Medidas adoptadas por las diferentes instituciones en el Departamento del Meta

Líneas de Acción	Medida	Institución o Autoridad encargada
Prevención	Diseño de los Planes Territoriales de Contingencia ante esta eventualidad”,	Consejos Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres
	No autorizar las quemas controladas en época seca	CORMACARENA y Administraciones Municipales
	Concienciar a la comunidad en no arrojar basuras, no hacer fogatas ni generar situaciones que puedan traer problemas como la pólvora y los globos	Administraciones Municipales para la comunidad en general
	Declaración alerta naranja	Consejos Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres
	Resoluciones 022 y 018 de 2015 por medio de la cual se prohíbe en el área de jurisdicción de la Corporación, las quemas abiertas y controladas y se dictan otras disposiciones”.	CORMACARENA
	Proyecto ‘El uso indebido del fuego’, el cual pretende congrega a los sectores pecuarios, industriales, culturales, académicos y turísticos y ofrecer recomendaciones para prevenir los incendios forestales y el uso eficiente del agua	CORMACARENA
Atención y Manejo	Implementación de los Planes Territoriales de Contingencia ante esta eventualidad	Consejos Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres
	Activación Planes de Emergencia	Administraciones Municipales (Consejos Municipales de Gestión del Riesgo de Desastres)
	Intervenciones con diligencias judiciales	Autoridades Municipales
	Elementos y las herramientas necesarias para apoyar a los bomberos y la ubicación de dos puntos fuertes de apoyo con batifuegos y carros cisterna, ubicados en los municipios de Guamal y en Barranca de Upía	Cuerpo de Bomberos
	Elaboración plan departamental contra incendios forestales	Consejo Departamental de Gestión de Riesgos de Desastres
Restauración	Reforestación de áreas quemadas a través de los planes de compensación de actividades mineras.	CORMACARENA

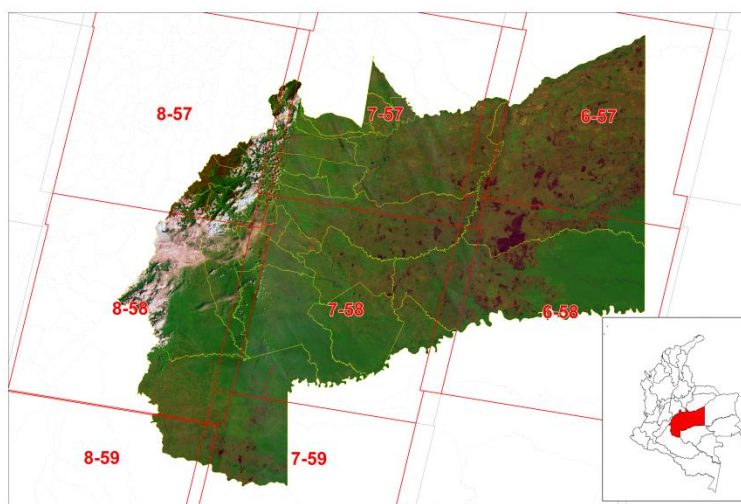
Fuente: CORMACARENA, CMGRD, CDGRD, administraciones Municipales, 2016

6. METODOLOGÍA

El primer proceso para identificar las áreas quemadas fue obtener los registros de los puntos de calor registrados por el programa FIRMS (Fire Information for Resource Management System) (<https://earthdata.nasa.gov/data/nearreal-time-data/firms>).

Los diferentes datos fueron visualizados en el software ArcMap y organizados en capas. 8 imágenes Landsat TM/ETM+ (Path/Row 6-8/57-59) enero de 2016, fueron descargadas mediante el Visualizador Global del Servicio Geológico de Estados Unidos (<http://glovis.usgs.gov>), con nubosidad < 20%, en formato crudo en proyección UTM (Universal Transverse Mercator) (Ver *Figura 9*).

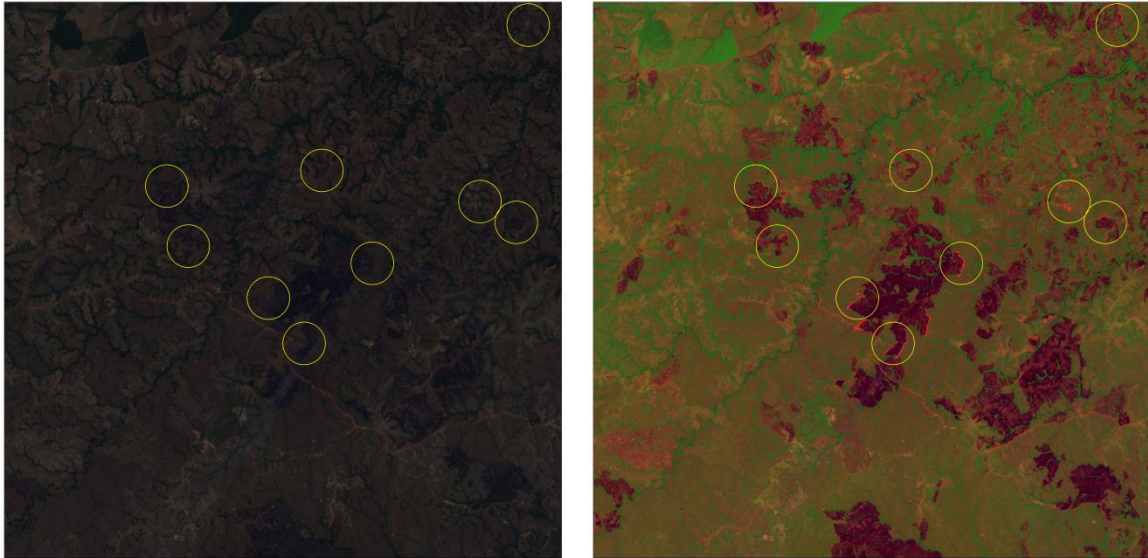
Figura 9 Ubicación Departamento del Meta sobre la Grilla Landsat 8



Fuente: Los Autores, 2016

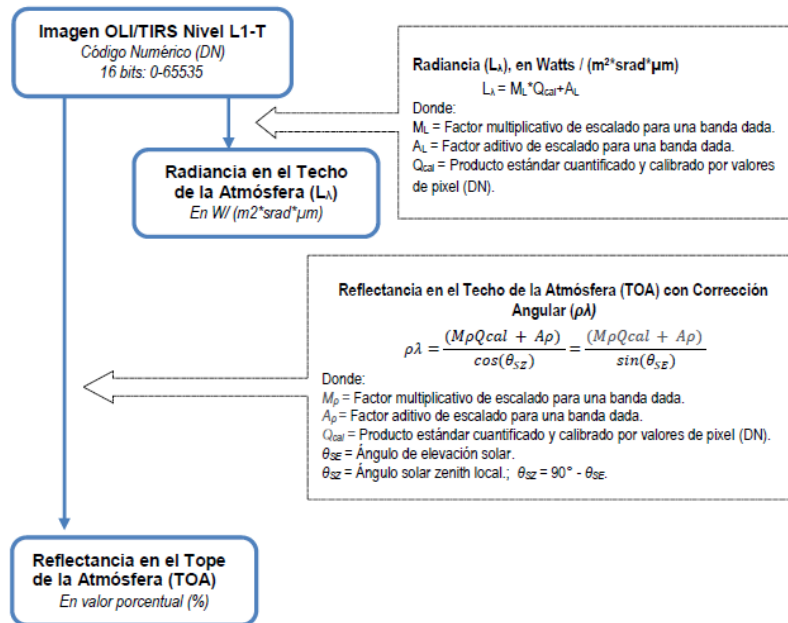
La identificación de áreas quemadas se basó en la interpretación visual comparativa entre dos compuestos RGB bandas 7 (2.11 -2.29 μm); 5 (0.85 - 0.88 μm); 1 (0.43 - 0.45 μm), y 4 (0.64 - 0.67 μm); 3 (0.59 - 0.59 μm) 2 (0.45 - 0.51 μm); considerándose que podían estar asociadas a los residuos de carbón y ceniza depositados después de la combustión vegetal (Pereira et al., 1997) (Ver *Figura 10 Combinación Verdadero color 432 y Falso Color 751*).

Figura 10 Combinación Verdadero color 432 y Falso Color 751



Fuente: Los Autores, 2016

Figura 11 Pre - Procesamiento De Las Imágenes Satelitales



Fuente: Los Autores, 2016

En la Figura 11 se resume la cadena de tratamiento de la data satelital proveniente del satélite Landsat 8–Sensor OLI/TIRS (Multiespectrales, Pancromática, QA, Térmicas), con nivel de tratamiento L1-T.

Teniendo como insumo primordial las imágenes procesadas en niveles de reflectancia y aplicada la corrección atmosférica a cada una de ellas, se tiene las imágenes listas para el análisis de quemadas.

6.1. Caracterización Espectral De Las Áreas Quemadas

En la caracterización espectral de la vegetación quemada es necesario considerar dos tipos diferentes de señal: la que proviene de la formación y deposición de carbón y cenizas y la procedente de la alteración de la estructura y cantidad de la vegetación (Pereira et al., 1997).

El primer tipo de señal es una consecuencia de la combustión de la vegetación, y tiene el inconveniente de que dura poco tiempo y se degrada por la acción del viento y la lluvia, que pueden eliminarlo a las pocas semanas o meses después de ocurrido el incendio (Pereira et al., 1997).

La segunda señal es más estable, pero es menos nítida para discriminar los efectos del fuego, puesto que la eliminación parcial o total de la vegetación puede ser igualmente causada por otros factores, tales como la deforestación, aclareos, estrés de la vegetación o la acción de plagas (Pereira et al., 1997).

En el dominio espectral correspondiente al visible, la reflectividad de una zona quemada se ve incrementada, como consecuencia de la pérdida de clorofila de las hojas y/o el aumento en la proporción de suelo descubierto (Pereira et al., 1997). Sin embargo, en superficies quemadas muy recientemente con fuegos intensos, donde la vegetación ha sido afectada severamente y el predominio de carbón y cenizas es significativo, la reflectividad disminuye considerablemente, dando lugar a confusiones con áreas de poca reflectividad, como las sombras, cuerpos de agua, humedales y bosques densos. Esto se debe a que tanto la clorofila como la ceniza /carbón tienen reflectividades muy bajas en el visible. Esas similitudes reducen la posibilidad de usar el rango del visible para discriminar superficies quemadas (Pereira et al., 1997).

El infrarrojo cercano es la región del espectro donde la señal de las áreas quemadas recientemente es más evidente, especialmente cuando la cantidad de combustible quemado es alta y la combustión ha producido gran cantidad de carbón depositado sobre el suelo, ocasionando de esta manera una disminución de la reflectividad (Pereira et al., 1997).

Los cambios en la respuesta espectral provocados por las áreas quemadas en el infrarrojo medio de onda corta (SWIR) llevan a un aumento de la respuesta, como el observado en el rango del visible. En este último, la reflectividad se incrementa como consecuencia de la pérdida de clorofila, mientras que en el SWIR, la reflectividad se incrementa por la disminución de humedad en los tejidos de las plantas. El incremento de la reflectividad en el SWIR es mayor que en el espectro visible (Pereira et al., 1997).

Por último, la reflectividad de las superficies quemadas en el SWIR es menor que la reflectividad de las superficies no quemadas (suelos descubiertos, afloramientos rocosos o áreas urbanas), pero más elevada que la reflectividad de la vegetación sana y el agua (Pereira et al., 1997).

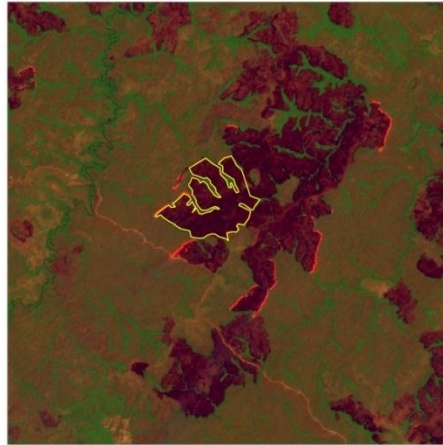
6.2. Métodos Para Cartografiar Áreas De Quemadas

6.2.1. Análisis Visual

El análisis visual es uno de los métodos más simples y efectivos para cartografiar áreas quemadas, especialmente cuando se emplean composiciones de color adecuadas. Algunos autores indican que el análisis visual es más preciso que otros métodos más automáticos, como la clasificación, debido a la gran capacidad de reconocimiento de patrones del cerebro humano (Hudak y Brockett 2004).

Las composiciones de color dependen en gran medida de las características de la escena; para el Landsat se han observado numerosas propuestas: bandas Swir2-Nir-Coastal.

Figura 12 Digitalización en pantalla de una cicatriz de un incendio forestal en rojo fluorescente se nota el fuego activo



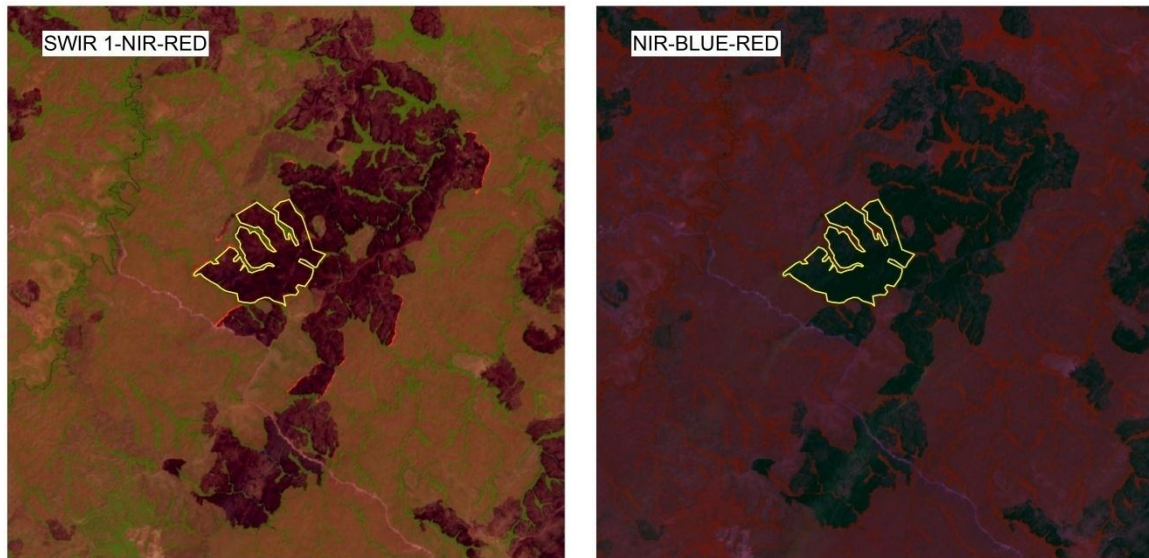
Fuente: Los autores, 2016

En la *Figura 12* se aprecia la composición Swir2-Nir-Coastal, donde la quema aparece de forma nítida con unos colores rojizos-granates muy característicos. Este tono es el resultado del incremento de la señal en la banda del SWIR y un decremento en la banda del IRC de las zonas afectadas por las quemaduras.

Así mismo, se menciona que la caracterización y detección de áreas quemadas ha sido estudiada en varias regiones del espectro. Después de dichos estudios se concluye que el infrarrojo cercano es la región del espectro donde la discriminación de los incendios recientes es más nítida, y es generalmente considerada como la mejor banda espectral para la detección y delimitación del área quemada.

El rango visible del espectro no resulta adecuado para la discriminación de áreas quemadas debido a la posible confusión con otras coberturas que dan la misma respuesta espectral. El infrarrojo medio, presenta, en general, mayor capacidad para identificar áreas quemadas que el visible y es mucho menos sensible a alteraciones atmosféricas (López García y Caselles, 1991) (Ver *Figura 13*).

Figura 13 Composición RGB, para la Detección Visual de Áreas de Quemadas



Fuente: Los autores, 2016

Esta última composición es muy útil en el respaldo y determinación visual de las áreas de quema en una imagen; sobre esta composición se introducen las áreas de entrenamiento, teniendo en cuenta las escenas de trabajo que recubre el área de trabajo y que cada una de ellas presenta una respuesta espectral distinta en el análisis, se tiene en cuenta esta particularidad para la generación de índices, los cuales ayudan a reducir el tiempo de interpretación y procesamiento.

6.2.2. Clasificación Supervisada y No Supervisada

La clasificación de imágenes consiste en un conjunto de procedimientos que permiten categorizar de forma automática los píxeles de una imagen en distintos tipos de cubiertas. Existen dos enfoques: clasificación supervisada y no supervisada.

En la primera, el analista debe incorporar la información espectral característica de las categorías que desea discriminar, identificando un conjunto de píxeles en la imagen que las caractericen o a partir de firmas espectrales medidas en laboratorio.

El proceso de clasificación compara cada uno de los píxeles de la imagen con los valores de referencia de las categorías establecidas, asignándolo a la que más se parece basado en algún tipo de indicador que valora su similitud espectral.

En la segunda, la imagen se divide inicialmente en un conjunto de grupos espectralmente similares, para ser asociados posteriormente a las categorías que se desean clasificar basándose en información externa, habitualmente datos de referencia adquiridos directamente en el terreno.

El objetivo de la cartografía de áreas quemadas no consiste en la completa división de una región en diferentes tipos de cubiertas, sino la extracción de una única categoría, la quemada, razón por la que no ha sido una técnica tan ampliamente utilizada como en otras áreas de investigación.

6.2.3. Índices Espectrales

Los índices espectrales de vegetación han sido una herramienta muy utilizada en la cartografía de áreas quemadas, tanto para el análisis unitemporal como para el multitemporal.

Varios estudios han puesto de manifiesto como las plantas quemadas tienden a presentar una mayor reflectividad que las plantas vivas en el rango del visible, mientras que presenta una reflectividad más baja en el infrarrojo cercano (Pereira et al.1999).

Pero esta respuesta espectral origina una gran confusión puesto que se presentan algunas similitudes con otro tipo de cubiertas como agua, sombras de nubes y de relieve, áreas urbanas y mezcla de cubiertas agua-suelo y agua-vegetación.

Se han propuesto numerosas técnicas basadas en los datos originales que permiten incrementar el contraste entre las áreas quemadas y otros tipos de coberturas, en especial, aquellas con las que presentan confusión.

6.2.3.1. Espacio espectral RED-NIR

Examinando la curva espectral de la vegetación, se observa que el contraste entre el Rojo (600-700 nm) y el NIR (700-1.300 nm) constituye una variable sensible a la presencia de vegetación vigorosa.

Analizando el comportamiento espectral, las áreas quemadas se identifican con un fuerte decremento de los índices de vegetación, como consecuencia de la desaparición total o parcial de la vegetación y la deposición de cenizas y carbón en el suelo, provocando una disminución de la reflectividad en el NIR y, por tanto, del contraste Rojo-NIR (Bastarrica, 2009)

6.2.3.2. Burned Area Index – BAI o Índice de Área Quemada IAQ

Si bien el IAQ fue originalmente formulado para ser aplicado a imágenes NOAA-AVHRR, también se ha evaluado su capacidad para cartografiar incendios a partir de imágenes Landsat TM, dando resultados positivos (Martín y Chuvieco, 2001):

$$IAQ = \frac{1}{(pcNIR - pNIR)^2 + (pcRED - pRED)^2} \quad (1)$$

Donde $pc\ NIR$ y $pc\ RED$ son las reflectividades de referencias en el infrarrojo cercano y rojo, respectivamente; $p\ NIR$ y $p\ RED$ son las reflectividades de cada píxel en dichas bandas. Los valores de los puntos de convergencia se definieron como 0.1 y 0,06 para el rojo visible e infrarrojo cercano, respectivamente (Martín y Chuvieco, 2001).

Este índice tiene como objetivo la detección de áreas quemadas en una zona determinada y se mide la similitud espectral entre cada píxel de la imagen y un punto de convergencia hacia el que tendería una zona quemada, donde domine la señal del carbón. El valor del índice será mayor cuanto menor sea la distancia espectral, es decir, cuanto más similar sea a esa cubierta (Martín, 2001).

6.2.3.3. Espacio Espectral entre NIR – SWIR

El espacio espectral NIR-SWIR es el más adecuado para la discriminación de áreas quemadas. La vegetación sana tiene baja reflectividad en el SWIR, debido a la absorción causada por el agua de las hojas, y por ello, las áreas con vegetación quemada o chamuscada sufren un aumento de reflectividad, por pérdida de humedad tanto en la vegetación como en el suelo (Pereira et al. 1999).

A su vez, la reflectividad en el NIR disminuye como consecuencia de la pérdida de vigor vegetal y la deposición de carbón y cenizas. De esta manera, la vegetación afectada por el fuego presenta un contraste NIR-SWIR mucho menor que la vegetación sana. Por otro lado, otros estudios han demostrado el potencial de las bandas del SWIR para la cartografía de áreas quemadas (Martín et al., 2002, Pereira et al., 1999b, Rogan y Franklin, 2001).

6.2.3.4. Normalized Burn Ratio – NBR

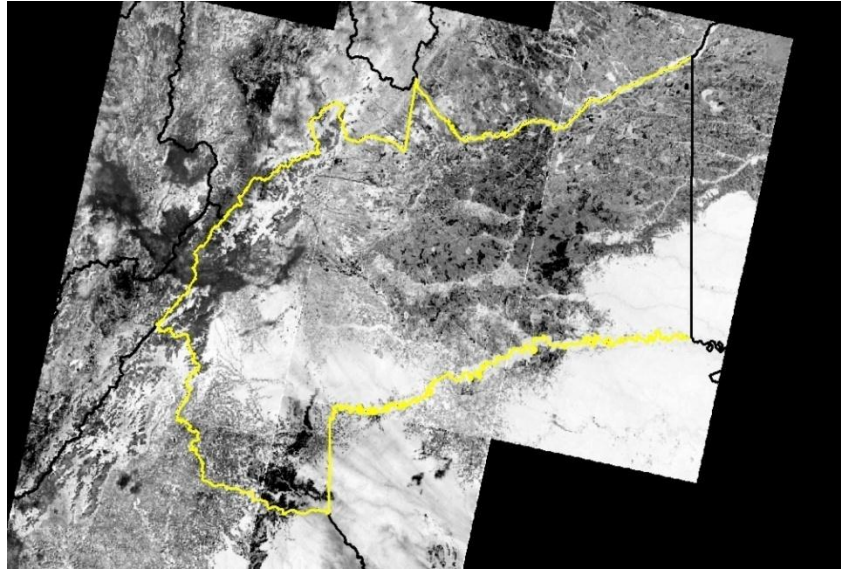
El índice fue desarrollado en primer lugar por Hunt y Rock (1989). Un índice análogo el Sort Wave Vegetation Index (SWVI) fue aplicado por Fraser et al. (2000) a datos SPOT-VEGETATION, y en imágenes Landsat-TM por (López García y Caselles, 1991), basándose en las bandas Nir y Swir 2 del Landsat TM y ETM. Key y Benson (2005) denominaron este índice como Normalized Burn Ratio:

$$NBR = \frac{(NIR-SWIR_2)}{(NIR+SWIR_2)} \quad (2)$$

Su expresión matemática es similar a la del cociente de vegetación normalizado (NDVI), pero sustituye la banda del rojo por la del SWIR. La banda correspondiente al infrarrojo cercano – IRC (0,76 - 0,9 μm) es muy sensible al contenido de clorofila lo que está en relación directa con la vitalidad de la planta; mientras que la región del SWIR comprendida entre los 2.080 y 2.380 μm es

sensible a los cambios del contenido de agua (dicho rango coincide con la banda 7 del sensor Landsat para el que se diseñó) (Ver *Figura 14.*).

Figura 14 Normalized Burn Ratio



Fuente: Los Autores, 2016

Al contrario que el resto de índices, el NBR tenderá a ofrecer valores bajos en las zonas quemadas ya que, tras un incendio, se produce un descenso de la reflectividad en el infrarrojo cercano (Tanaka et al., 1983; Ponzoni et al., 1986; Fredericksen Pereira y Setzer, 1993) y un aumento en el SWIR (Trigg y Flasse, 2000 y 2001).

6.2.3.5. Burn Area Index MODIS - BAIM

El BAI anteriormente descrito ha sido modificado con la inclusión de una banda del SWIR (1,3 - 2 μm), la cual se ha demostrado que es sensible a la discriminación de las áreas quemadas (Chuvienco et al., 2002b, López García and Caselles 1991, Fraser et al., 2000). Este nuevo índice ha desarrollado para imágenes MODIS por Martín (2005), utilizando el infrarrojo cercano y el SWIR, las cuales se han mostrado como las mejores bandas para la discriminación de áreas quemadas (Koutsias y Karteris, 2000; Martín et al., 2005; Pereira, 1999).

$$BAIN = \frac{1}{(pcNIR - \rho_{SWIR})^2 + (pcNIR - \rho_{SWIR})^2} \quad (3)$$

Donde $pc\ NIR$ y $pc\ SWIR$ son las reflectividades de referencias en el infrarrojo cercano e infrarrojo medio, respectivamente, $\rho\ NIR$ y $\rho\ SWIR$ son las reflectividades de cada píxel en dichas bandas. Los valores de los puntos de convergencia se definieron como 0,05 y 0,2 para el infrarrojo cercano y para el SWIR, respectivamente.

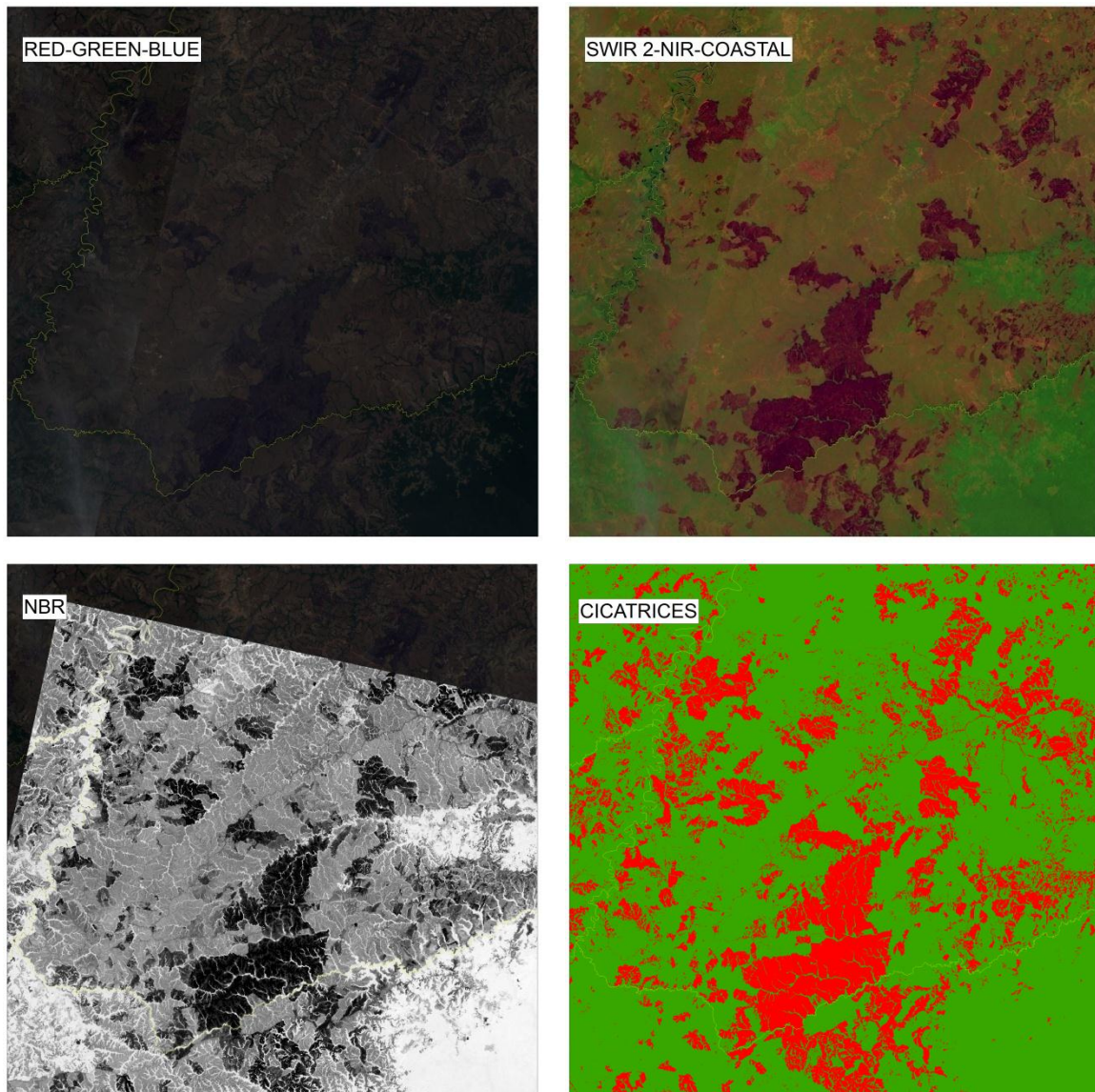
6.2.4. Generación de índices espectrales

La cartografía de áreas quemadas se ha basado comúnmente en el desarrollo de índices espectrales que realcen la señal del carbón sobre otras cubiertas. Se han propuesto numerosos índices en los últimos años, si bien el más difundido es el Normalized Burn Ratio (NBR), propuesto inicialmente por Hunt y Rock (1989) para detectar contenidos de agua en la vegetación, pero que se propuso para evaluación de áreas quemadas por otros autores (Key y Benson, 2002; López García y Caselles, 1991), y se ha popularizado bastante en los últimos años en el marco del proyecto Firemon (Key y Benson, 2004). El índice se define como:

$$NBR = \frac{\rho_{SWIR} - \rho_{NIR}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR}} \quad (4)$$

Donde ρ_{SWIR} es la reflectividad en la región del SWIR (habitualmente 2 a 2.2 μm) y ρ_{NIR} es la reflectividad del infrarrojo cercano. Para el caso del Landat 8, las bandas seleccionadas fueron la 7 y la 5, respectivamente (Ver Figura 15)

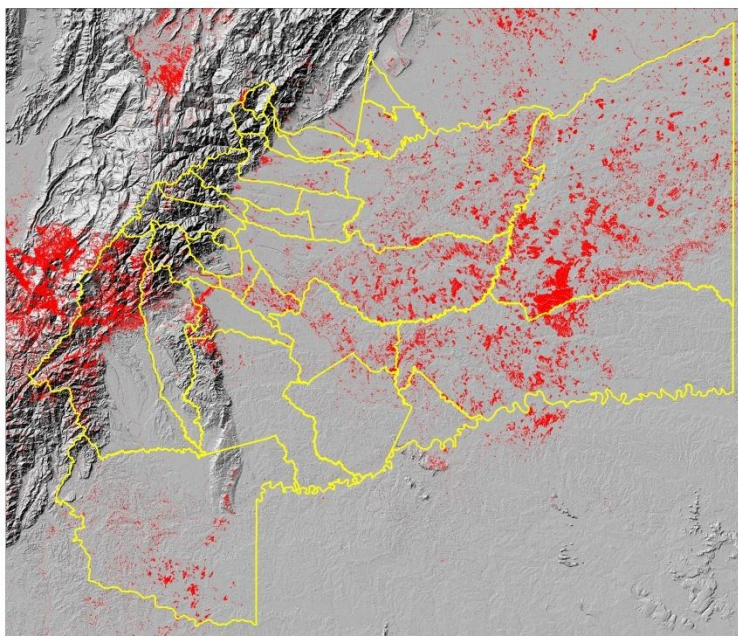
Figura 15 Izquierda Arriba Imagen Landsat 8 verdadero Color, Derecha Arriba SWIR 2, Izquierda Abajo NBR y Derecha Abajo Cicatrices procesadas



Fuente: Los Autores, 2016

Para confirmar la identificación y delimitación del área quemada se utilizó el índice de áreas quemadas NBR (Normalized Burn Ratio), el cual se generó a partir de la expresión $(B5 - B7)/(B5 + B7)$, donde B5 corresponde a la banda del infrarrojo cercano y B7 a la del infrarrojo medio, se realizó el mismo proceso a cada una de las imágenes del área de estudio, para posteriormente realizar un mosaico (Figura 16)

Figura 16 Mosaico de área Quemadas

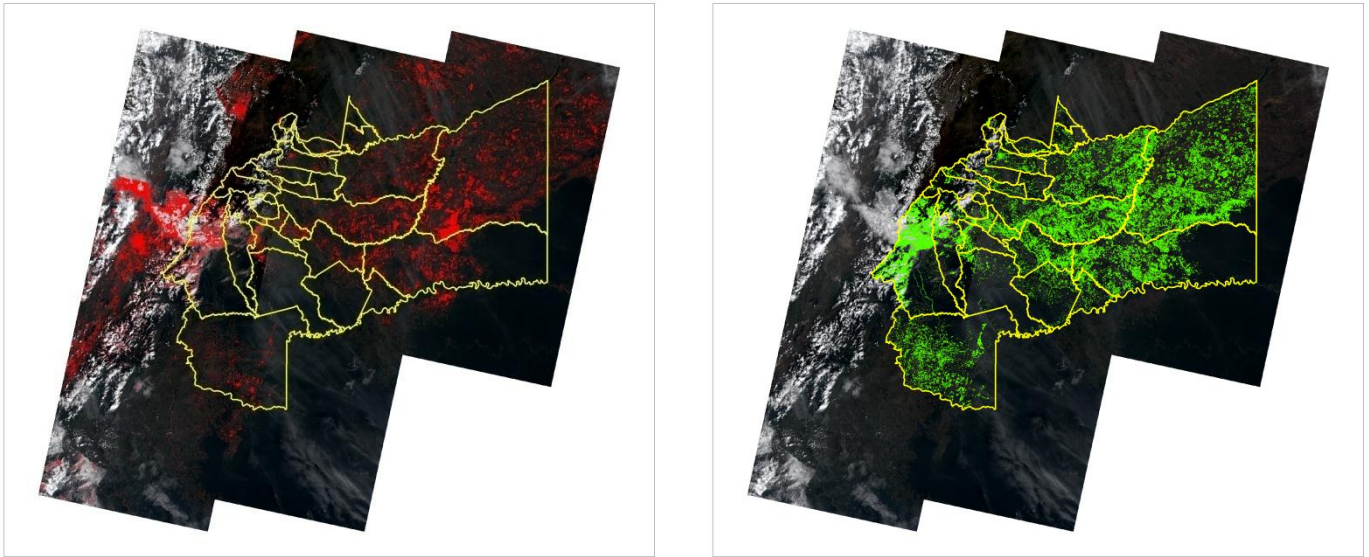


Fuente: Los Autores, 2016

Para la segunda fase del proyecto, orientada a la delimitación más precisa del perímetro quemado, se buscó aplicar técnicas de contexto a partir de los píxeles semilla, y se optó por seleccionar un criterio sencillo, debido a la falta de disponibilidad de programas de segmentación o crecimiento de regiones suficientemente accesibles y contrastados.

Inicialmente se planteó revisar cada uno de los polígonos determinados como áreas quemadas para poder descartar o ajustar los límites de las áreas por lo que se generaron mosaicos para describir visualmente estas áreas. Lo primero que se realizó fue elaborar un corte del total de los polígonos con áreas quemadas dejando solo los polígonos que quedaran dentro de los límites del departamento del META (Ver *Figura 17*).

Figura 17 Izq. Total Polígonos Áreas Quemadas, Der. Polígono Departamento del Meta

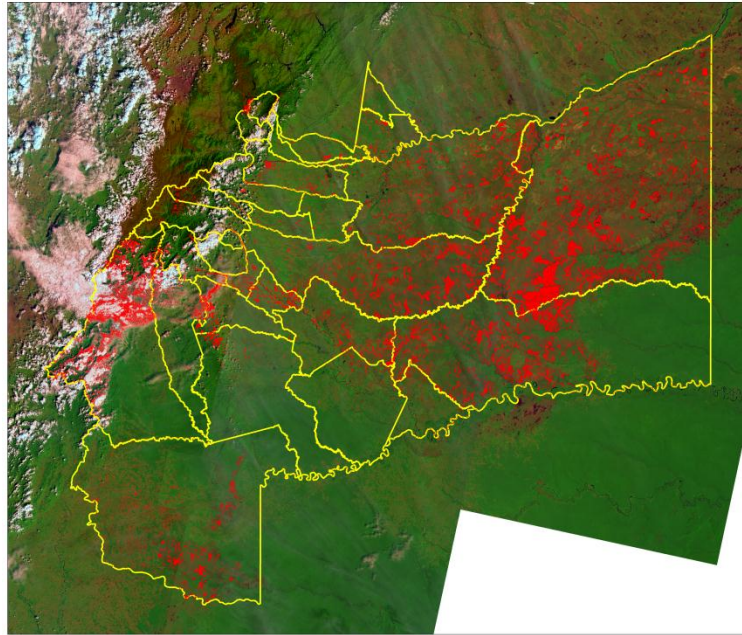


Fuente: Los Autores

Posteriormente, se procedió a eliminar aquellos polígono que tuviesen un área menor o igual a 900 m² (98.798 polígonos aproximadamente), debido al mínimo valor del pixel, ya que las imágenes landsat manejan una resolución espacial de 30x30m; por esta razón el primer filtro se realiza con esta área.

Así mismo, se eliminaron los polígonos que no cumplieran con el aérea mínima cartografiable. En este caso se escogieron 10 ha, es decir, 100.000 metros cuadrado (57.474 polígonos aproximadamente), utilizando para ello el arctolbox de Arcgis eliminate, el cual fusiona los polígonos adyacentes que tienen el área más grande o el borde compartido más largo con el polígono adyacente, esta herramienta del software ArcGis se utiliza con frecuencia para quitar falsos polígonos (sliver polygons) pequeños que son el resultado de las operaciones de superposición, como Intersecar o Combinación (Ver Figura 18).

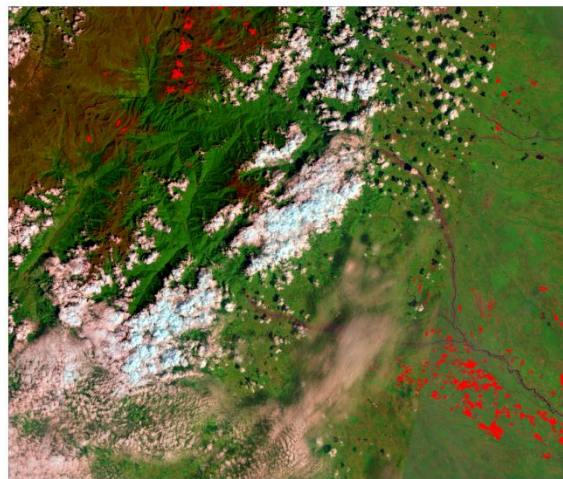
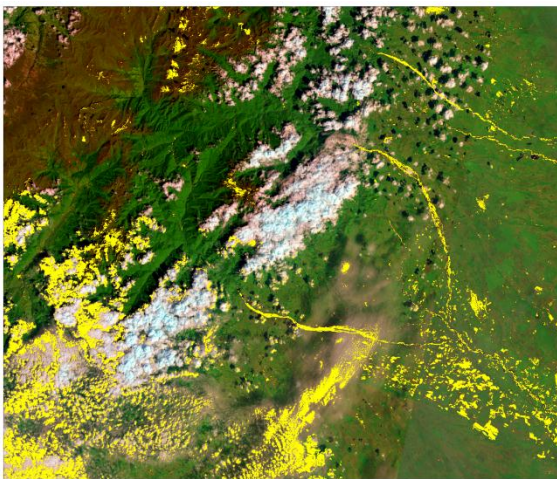
Figura 18 Resultado áreas con Cicatrices después del proceso elimínate de ArcGis

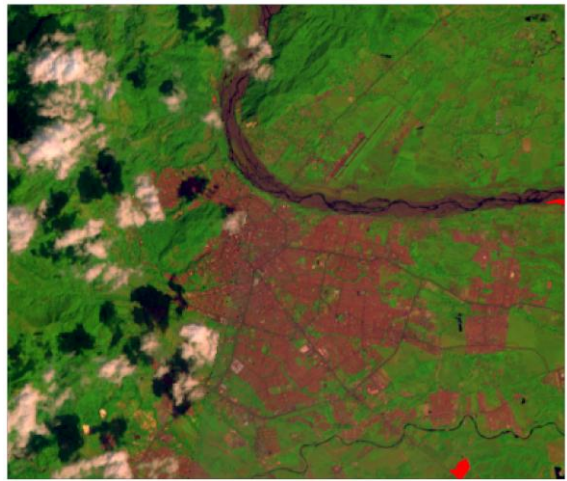
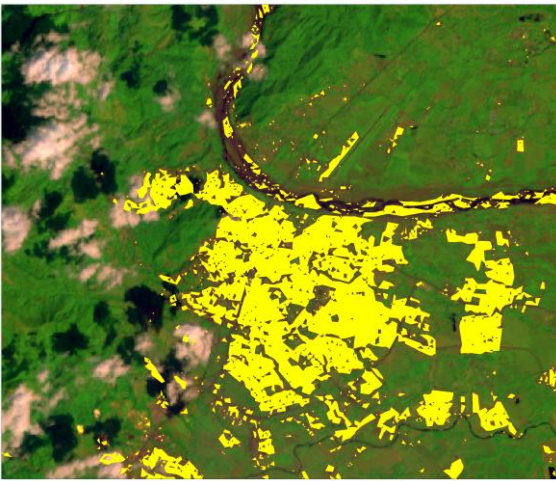
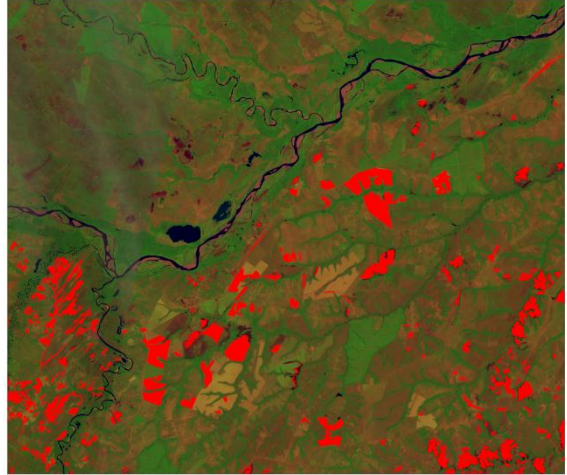
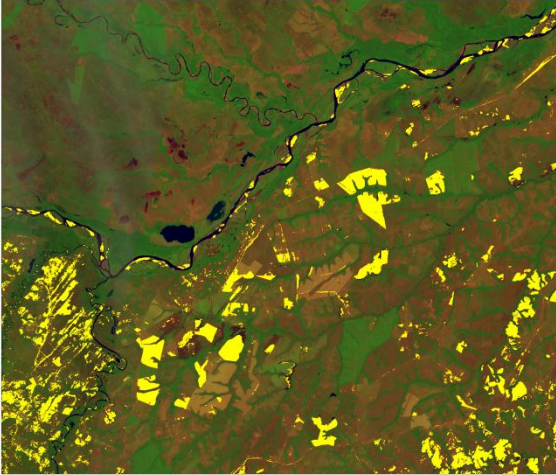


Fuente: Los Autores, 2016

El último paso que se realizó fue eliminar los polígonos que tomaron valores de reflectancia similares a las áreas quemadas (Cuerpos de Agua, Arena, Nubes). Para ello se hizo un cruce con las coberturas de la tierra y así determinar dichos polígonos y eliminarlos (Ver Figura 19).

Figura 19 Comparación de la limpieza de polígono por cobertura





Fuente: Los Autores, 2016

7. RESULTADOS OBTENIDOS

La quema de biomasa tiene una amplia variedad de impactos en el ámbito local, regional y global y aunque se reconoce que la incidencia del fuego es un proceso natural en muchos ecosistemas terrestres, también se asocia a efectos negativos en el suelo, el agua, la vegetación y la atmósfera. En el ámbito local se ha encontrado que los incendios modifican aspectos del ciclo hidrológico como la escorrentía y la transpiración, promueve la erosión de los suelos y altera los ciclos de la sucesión vegetal. En el ámbito regional, tienen importancia en el balance nacional de gases de efecto invernadero (GEI) (que se relaciona, a su vez, con su cumplimiento del protocolo de Kyoto) y la sostenibilidad de ecosistemas vegetales como la Amazonia, las enormes emisiones de las sabanas de África y los bosques boreales; y en el ámbito global existe una creciente preocupación por el calentamiento del planeta, las emisiones de GEI, las alteraciones en las propiedades y composición química de la atmósfera y los cambios en la radiación solar sobre la superficie terrestre (Anaya, 2009).

La época de mayor incidencia de fuego en Colombia es entre finales de noviembre e inicios de marzo, siendo el periodo más crítico en diciembre – enero. Sin embargo, es posible observar focos de fuego activos durante todos los meses del año en distintos lugares. El periodo de mayor incidencia, coincide con la época seca que se caracteriza por la escasez de lluvias, baja humedad del aire, déficit hídrico y vientos fuertes, condiciones que aumentan el riesgo potencial de incendios y quemadas indeseadas.

A escala global, se ha determinado que el fenómeno de El Niño aumenta el riesgo de quemadas e incendios (Brown et al. Justino et al. 2009). La mayoría de las quemadas son realizadas ilegalmente, porque no son autorizadas, también porque se hacen en tierras donde están prohibidas. Muchas de estas quemadas derivan en incendios que afectan considerables extensiones de tierras con cobertura de bosque (Anaya, 2009).

7.1. Nivel de daños y tendencias

La extracción de áreas quemadas de un total de 8 escenas completas de imágenes Landsat 8 OLI se realizó con técnicas de interpretación espectral realizando su posterior proceso a polígonos y aunque se trata de un trabajo en extrema dispendioso se obtiene información de alto valor que de otra forma no sería posible conseguir.

Para el departamento del Meta se estima un total 5817 polígonos de cicatrices de quemas de diferentes tamaños, con una superficie total de 467.986,57 ha de áreas quemadas en el último año (enero 2016) los cuales representan un 5.5% del área total del departamento del Meta, y de las cuales el 80.27 % corresponden a incendios forestales que afectaron 375.650,50 ha de herbazales en el departamento (Ver *Tabla 14* y *Tabla 15*)

Tabla 14 Número de polígonos según área en hectáreas del mismo

<i>Rango de Área en ha</i>	<i>Numero de Cicatrices</i>
0-20	2407
20-50	1802
50-100	769
100-500	698
500-1000	90
1000-5000	47
5000 <	4

Fuente: Los Autores, 2016

Tabla 15 Porcentajes de área Quemadas por Coberturas de la tierra Agrupadas 2012

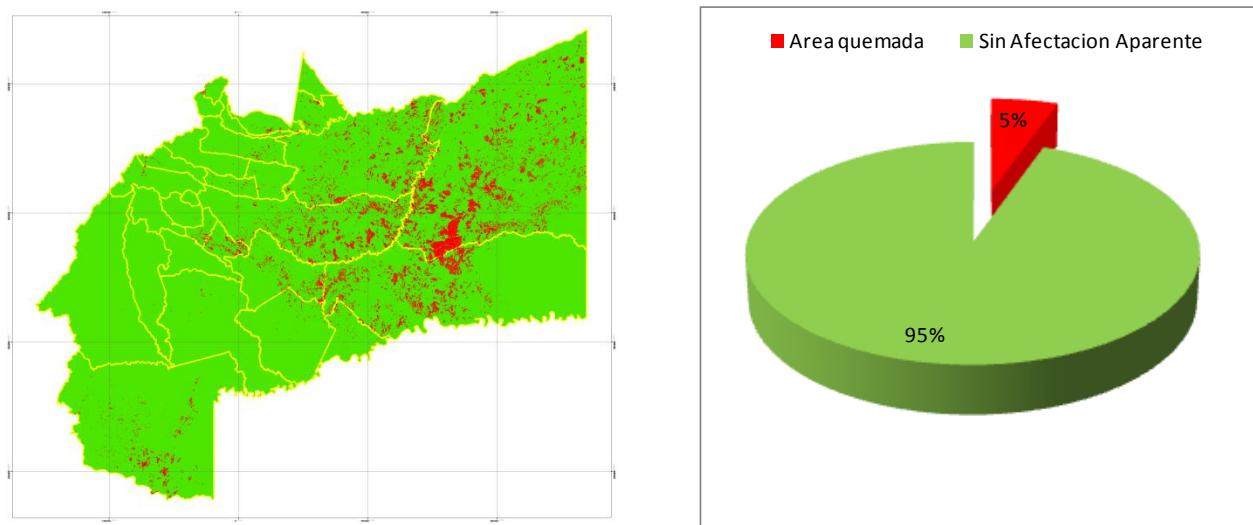
Coberturas Agrupadas	Área quemada	Sin Afectación Aparente	Total
Arbustales	224,65	41.489,56	41.714,21
Áreas abiertas con poca vegetación		9.130,15	9.130,15
Áreas Húmedas	202,67	18.616,95	18.819,62
Bosques	10.758,86	3.214.124,28	3.224.883,14
Cultivos	14.268,10	111.278,91	125.547,00
Cultivos Forestales	1.622,62	136.311,44	137.934,06
Fragmentado	66,76	181.307,13	181.373,89
Herbazales	375.650,50	2.054.374,75	2.430.025,26
Pastizales	54.042,25	1.992.939,67	2.046.981,92

Superficies de Agua		98.277,49	98.277,49
Territorios artificializados	245,66	11.040,52	11.286,18
Tierras degradadas	10.756,22	63.157,75	73.913,97
Vegetacion Secundaria	148,29	155.089,15	155.237,44
Total general	467.986,57	8.087.137,75	8.555.124,32

Fuente: Los Autores, 2016

Al sobreponer las cicatrices de quemas del 2016 a los municipio del departamento del Meta en total y cuantificando su superficie, los resultados muestran que los municipios de Puerto Gaitán, Mapiripán y San Martín son los que mayor presentan cicatrices con valores de 207.576,43, 86.523,28 y 61.887,44 hectáreas respectivamente (Ver *Figura 20 Áreas Quemadas Departamento del Meta*).

Figura 20 Áreas Quemadas Departamento del Meta



Fuente: Los Autores, 2016

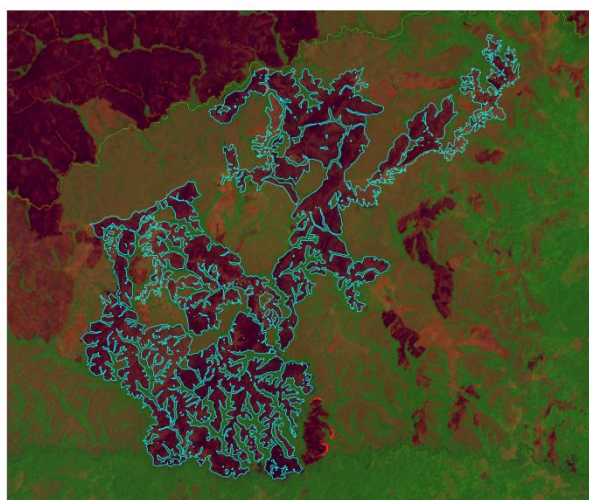
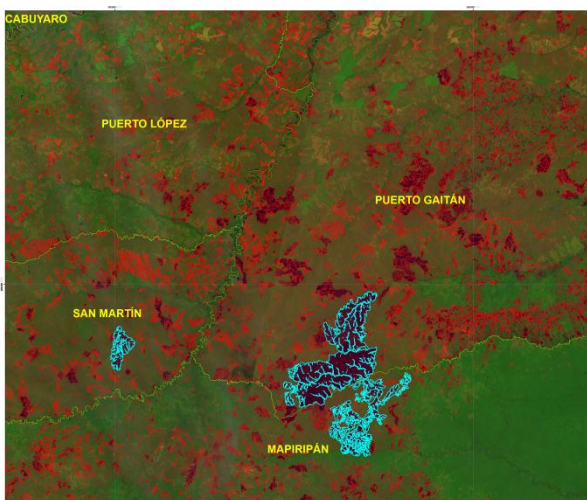
Siguiendo estas estadísticas, se identificaron tres eventos de mayor incidencia que sucedieron en los Municipios de Puerto Gaitán 33.245,08 ha, San Martín 3.667,32 ha y Mapiripán 13.638,17 (Ver *Tabla 16 y Figura 21*).

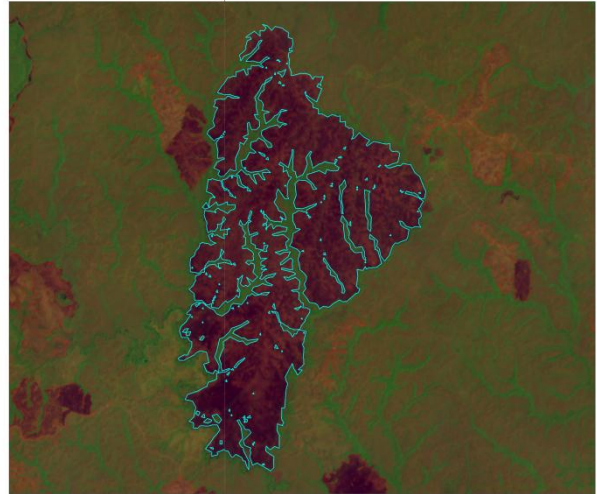
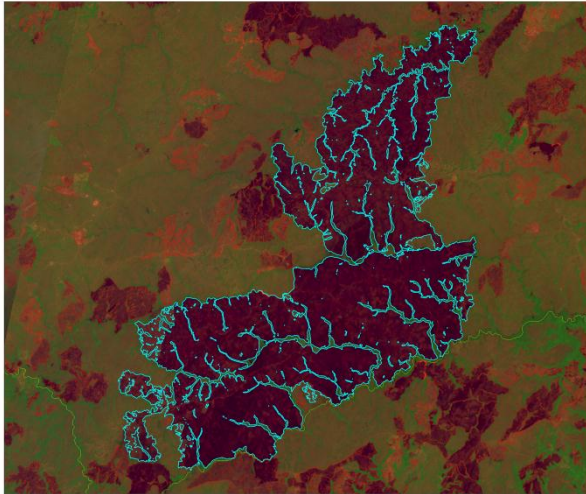
Tabla 16 Porcentaje de áreas quemadas por Municipio.

Municipio	Area quemada	Porcentaje	Sin Afectacion Aparente	Porcentaje2	Total general
ACACÍAS	205,46	0,0%	112.126,19	1,4%	112.331,65
BARRANCA DE UPÍA	120,33	0,0%	40.640,75	0,5%	40.761,08
CABUYARO	2.423,76	0,5%	88.678,80	1,1%	91.102,56
CASTILLA LA NUEVA	838,52	0,2%	50.363,15	0,6%	51.201,66
CUBARRAL	725,20	0,2%	114.911,78	1,4%	115.636,98
CUMARAL	1.606,06	0,3%	60.563,18	0,7%	62.169,24
EL CALVARIO	274,60	0,1%	27.260,11	0,3%	27.534,71
EL CASTILLO	57,20	0,0%	57.036,53	0,7%	57.093,74
EL DORADO	14,29	0,0%	11.789,09	0,1%	11.803,38
FUENTE DE ORO	7.227,62	1,5%	50.381,34	0,6%	57.608,96
GRANADA	1.916,87	0,4%	31.756,26	0,4%	33.673,14
GUAMAL	717,26	0,2%	59.219,33	0,7%	59.936,60
LA MACARENA	22.284,32	4,8%	1.061.867,69	13,1%	1.084.152,01
LEJANÍAS	14,06	0,0%	81.988,59	1,0%	82.002,65
MAPIRIPÁN	86.523,28	18,5%	1.108.123,01	13,7%	1.194.646,29
MESETAS	71,97	0,0%	227.781,79	2,8%	227.853,76
PUERTO CONCORDIA	2.280,15	0,5%	123.121,61	1,5%	125.401,75
PUERTO GAITÁN	207.576,43	44,4%	1.519.745,23	18,8%	1.727.321,66
PUERTO LLERAS	12.977,43	2,8%	241.915,57	3,0%	254.893,01
PUERTO LÓPEZ	51.150,42	10,9%	636.432,55	7,9%	687.582,97
PUERTO RICO	2.698,16	0,6%	335.217,04	4,1%	337.915,21
RESTREPO	316,43	0,1%	36.591,59	0,5%	36.908,02
SAN CARLOS DE GUAROA	520,66	0,1%	80.207,71	1,0%	80.728,37
SAN JUAN DE ARAMA	208,06	0,0%	117.788,50	1,5%	117.996,56
SAN JUANITO	466,92	0,1%	23.247,81	0,3%	23.714,73
SAN MARTÍN	61.887,44	13,2%	532.653,94	6,6%	594.541,38
URIBE	45,09	0,0%	643.697,33	8,0%	643.742,42
VILLAVICENCIO	2.142,44	0,5%	129.003,34	1,6%	131.145,77
VISTAHERMOSA	696,15	0,1%	483.027,92	6,0%	483.724,07
Total general	467.986,57	100,0%	8.087.137,75	100,0%	8.555.124,32

Fuente: Los Autores, 2016

Figura 21 Polígono Con Mayor Cobertura de área quemada, Azul Ubicación en el Municipio Mapiripan, Puerto Gaitán, San Martin.

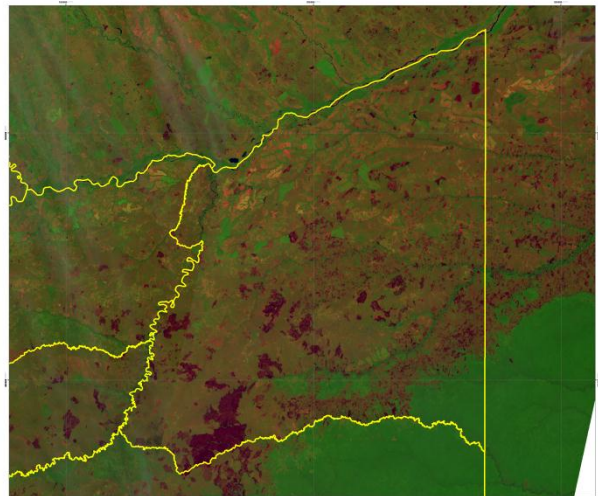
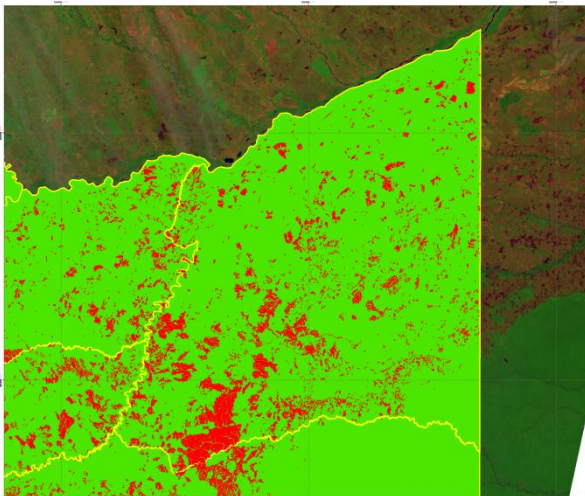


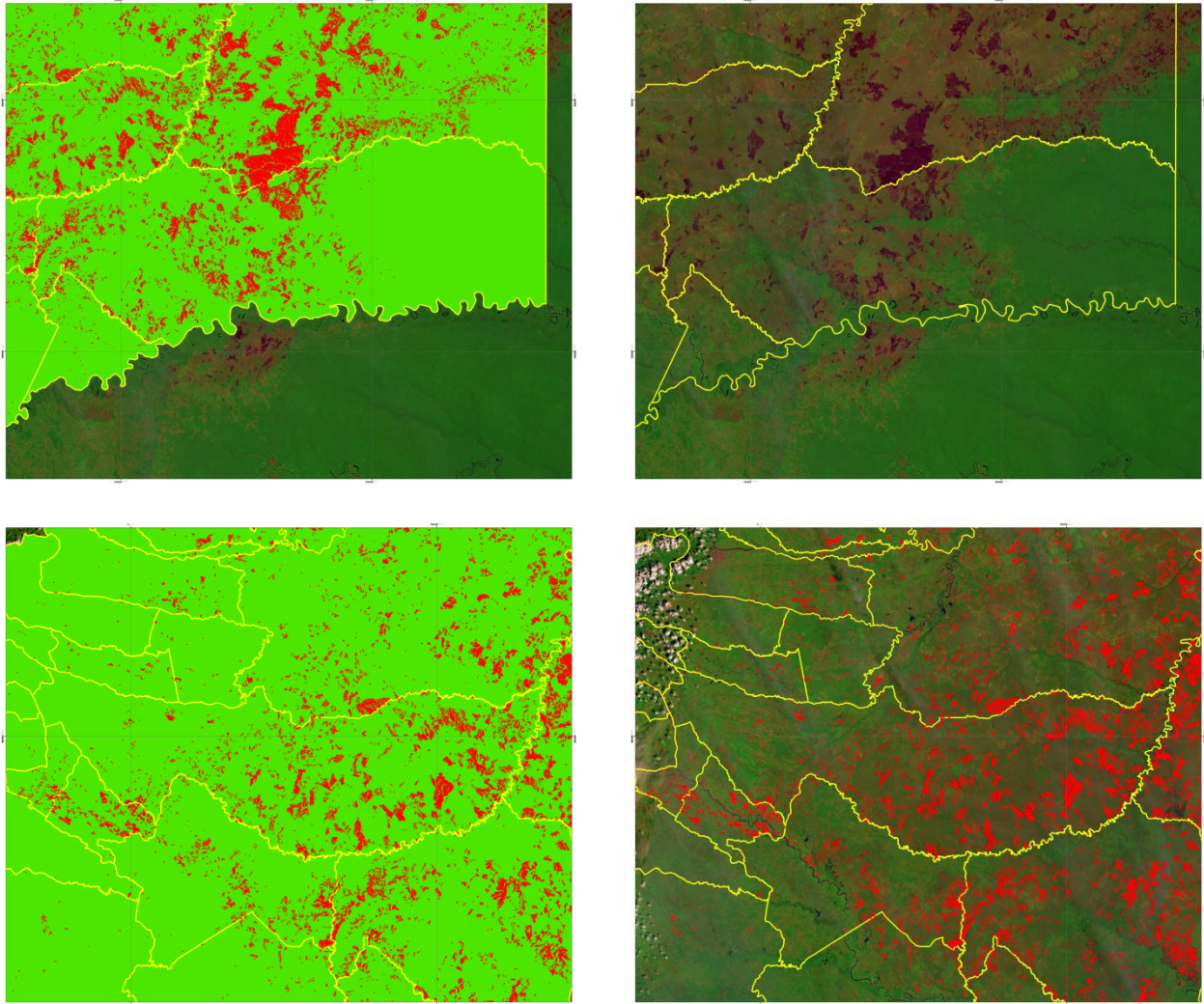


Fuente: Los Autores, 2016

Es notoria una creciente demanda de nuevas áreas para quema cada año de la misma forma como se mantiene las áreas que son quemadas nuevamente. El monitoreo de cicatrices de incendios ha evidenciado que cada año se queman nuevas áreas (Ver *Figura 22*)

Figura 22 Puerto Gaitán, Mapiripan y San Martin los municipios más afectados

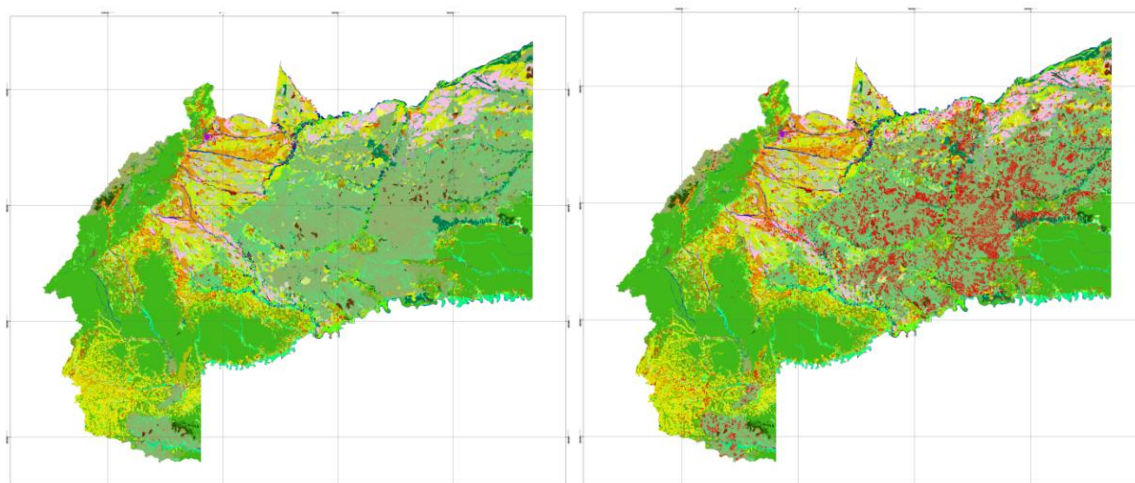




Fuente: Los Autores, 2016

Las cicatrices de quemadas se superpusieron con el mapa de cobertura de la tierra año 2012 realizado por el Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi, revelando los siguientes resultados (Ver *Figura 23* y *Tabla 17*)

Figura 23 Cobertura de la Tierra 2012 vs Áreas de Cicatrices quemadas 2016



Fuente: Los Autores, 2016

Tabla 17 Cicatrices de áreas quemadas por cobertura de la tierra.

Cobertura de la Tierra	Area quemada	Porcentaje	Sin Afectacion Aparente	Porcentaje2	Total general
Aeropuertos		0,00%	218,14	0,00%	218,14
Arbustal abierto mesófilo	118,42	0,03%	18.906,72	0,23%	19.025,14
Arbustal denso	106,23	0,02%	22.582,84	0,28%	22.689,07
Arroz	11.935,69	2,55%	79.853,12	0,99%	91.788,81
Bosque abierto alto inundable		0,00%	1.597,37	0,02%	1.597,37
Bosque abierto bajo de tierra firme		0,00%	99,93	0,00%	99,93
Bosque abierto bajo inundable	2,42	0,00%	1.203,32	0,01%	1.205,74
Bosque de galería y ripario	9.867,20	2,11%	687.157,35	8,50%	697.024,55
Bosque denso alto de tierra firme	588,10	0,13%	2.221.988,01	27,48%	2.222.576,11
Bosque denso alto inundable	227,71	0,05%	135.930,80	1,68%	136.158,51
Bosque denso alto Inundable heterogéneo	71,78	0,02%	125.510,13	1,55%	125.581,91
Bosque denso bajo de tierra firme	1,64	0,00%	35.208,06	0,44%	35.209,70
Bosque denso bajo inundable		0,00%	4.849,62	0,06%	4.849,62
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	26,93	0,01%	97.465,65	1,21%	97.492,58
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	39,83	0,01%	83.841,48	1,04%	83.881,31
Cereales	486,45	0,10%	11.709,52	0,14%	12.195,97
Cuerpos de Agua Artificiales		0,00%	310,33	0,00%	310,33
Estanques para acuicultura continental		0,00%	228,50	0,00%	228,50
Herbazal abierto arenoso	1.128,93	0,24%	12.840,23	0,16%	13.969,17
Herbazal abierto rocoso	1.344,44	0,29%	11.870,22	0,15%	13.214,66
Herbazal denso de tierra firme	360.258,12	76,98%	1.861.930,98	23,02%	2.222.189,10
Herbazal denso inundable	12.919,02	2,76%	167.733,31	2,07%	180.652,33
Hidrocarburos	245,66	0,05%	1.900,52	0,02%	2.146,17
Lagunas, lagos y ciénagas naturales		0,00%	6.868,29	0,08%	6.868,29
Mosaico de cultivos	138,23	0,03%	4.865,83	0,06%	5.004,05
Mosaico de cultivos con espacios naturales	49,95	0,01%	6.218,79	0,08%	6.268,74
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.928,07	0,63%	223.910,76	2,77%	226.838,83
Mosaico de pastos con espacios naturales	1.293,58	0,28%	264.922,11	3,28%	266.215,69
Mosaico de pastos y cultivos	19.233,81	4,11%	361.062,60	4,46%	380.296,41
Otros cultivos permanentes arbóreos		0,00%	4.039,77	0,05%	4.039,77
Otros cultivos permanentes herbáceos		0,00%	130,50	0,00%	130,50
Otros cultivos transitorios	1.657,78	0,35%	8.501,14	0,11%	10.158,92
Palma de aceite	1.579,04	0,34%	131.063,81	1,62%	132.642,85
Palmar		0,00%	579,71	0,01%	579,71
Pastos arbolados	242,88	0,05%	21.510,64	0,27%	21.753,52
Pastos enmalezados	674,14	0,14%	76.858,51	0,95%	77.532,65
Pastos limpios	29.669,78	6,34%	1.044.675,05	12,92%	1.074.344,83
Plantación forestal	43,58	0,01%	1.207,86	0,01%	1.251,44
Ríos (50 m)		0,00%	90.870,37	1,12%	90.870,37
Tejido urbano continuo		0,00%	6.341,98	0,08%	6.341,98
Tejido urbano discontinuo		0,00%	2.474,16	0,03%	2.474,16
Tierras desnudas y degradadas	1.364,86	0,29%	18.144,94	0,22%	19.509,80
Vegetación secundaria o en transición	148,29	0,03%	155.089,15	1,92%	155.237,44
Zonas arenosas naturales		0,00%	9.130,15	0,11%	9.130,15
Zonas de extracción minera		0,00%	44,70	0,00%	44,70
Zonas industriales o comerciales		0,00%	61,04	0,00%	61,04
Zonas Pantanosas	202,67	0,04%	18.616,95	0,23%	18.819,62
Zonas quemadas	9.391,37	2,01%	45.012,80	0,56%	54.404,17
Total general	467.986,57	100,00%	8.087.137,75	100,00%	8.555.124,32

Fuente: Los Autores, 2016

Las Coberturas de la tierra más afectadas por los incendios son los herbazales densos de tierra firme con 76.98 % de todas las área quemadas, le continúan los pastos limpios con un 6.34% el mosaico de pastos y cultivos, y por último los cultivos de arroz, estas coberturas son las que más se ven afectadas en el momento que un incendio se propaga, esto puede ser debido principalmente a que estos ecosistemas son muy vulnerables a incendios y además son ecosistemas que necesitan de renovación continua. Así mismo se puede mencionar que son coberturas que tiene relación directa con la agricultura la cual casi siempre conllevan un alto riesgo de propiciar incendios, en razón a las escasas medidas preventivas adoptadas por las comunidades de la tierra para su ejecución.

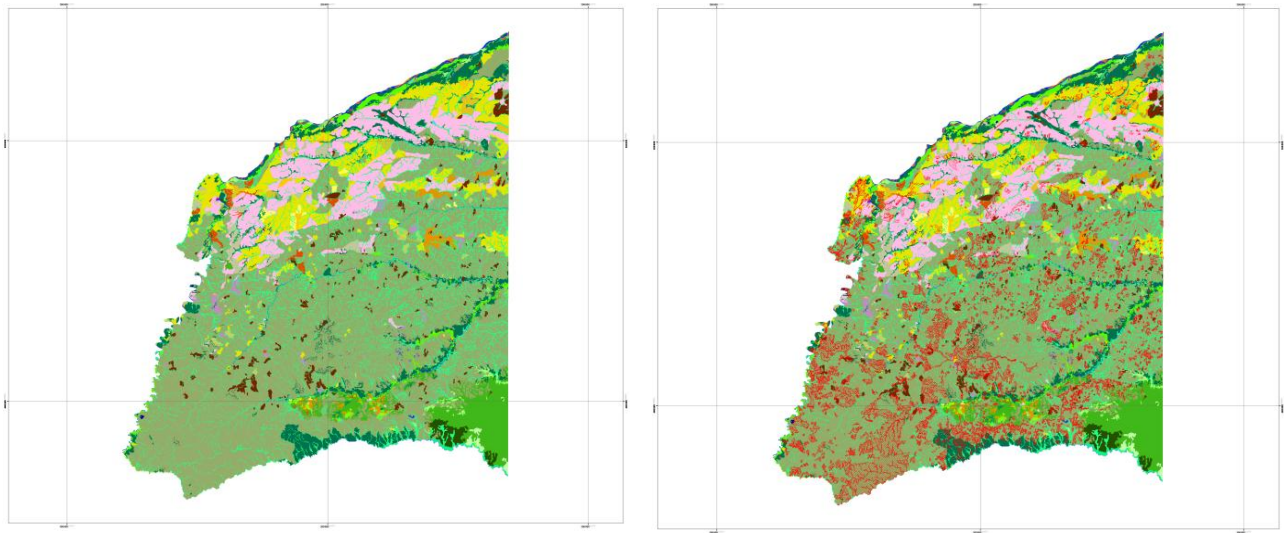
Las quemas que escapan al control y consumen coberturas no destinadas a arder, afectan especialmente a los bosques nativos y plantados, así como a los páramos y sabanas, ya que los procesos de desmonte, roza (tierra roturada y limpia para sembrar en ella) y quema, ocurren en sitios circundantes a ellos.)

7.2. Tendencias por Municipio

7.2.1. Puerto Gaitán

Se mantiene la tendencia de las quemas de herbazales, puerto Gaitán posee una gran cantidad de área en la cobertura de herbazal denso de tierra firme el cual representa el 50% de todo el municipio, del total de herbazal denso de tierra firme el 19 % es el afectado por incendios forestales. Así mismo del total de toda el área quemada los herbazales representan el 79.38 % de lo afectado (Ver *Figura 24*).

Figura 24 Cobertura de la Tierra 2012 vs Áreas de Cicatrices quemadas 2016, Municipio de Puerto Gaitán



Fuente: Los Autores, 2016

Así mismo analizando la cobertura de la tierra, la cual es del año 2012, se puede apreciar la cobertura de zonas quemadas con un valor de 6.358,81 ha. Si se suman todas la coberturas afectadas este valor incrementaría a 207.576,43 un valor muchísimo más grande que el analizado en el 2012. Esto puede ser debido a la forma de analizarse las firmas espectrales, la época de toma de las imágenes analizadas, aunque también se debe tener en cuenta que cada año los incendios forestales aumentan y afectan más suelo.

Cabe anotar que los Bosques de galería y riparios de acuerdo con SIATAC (2012) son aquellas coberturas constituidas por vegetación arbórea ubicada en las márgenes de cursos de agua permanentes o temporales- del municipio de Puerto Gaitán, se ven afectados por quemas en 1.4%, equivalente a 3.059,62 hectáreas (el tamaño de la ciudad construida de Villavicencio), una proporción muy pequeña si la analizamos contra el área total del municipio, pero su valor en términos de daños ecológicos es muy grande ya que estos bosques son los que protegen el recurso hídrico para que no escasee y mantienen los caudales fijos de dichos

cuerpos hídricos (Ver *Figura 25* *Figura 1* Ancho de banda para los sensores OLI y TIRS en Landsat 8 y ETM+ en Landsat 7 (USGS. 2013). y *Tabla 18*).

Figura 25 Fotografías aéreas de Bosque de galería y Ripario



Fuente: SINCHI, 2012

Tabla 18 Áreas de Cobertura de la Tierra vs Cicatrices de Áreas Quemadas, del municipio de Puerto López.

Cobertura de la tierra	Area quemada	Porcentaje	Sin Afectacion Aparente	Porcentaje2	Total general
Aeropuertos		0,00%	52,08	0,00%	52,08
Arbustal abierto mesófilo	14,77	0,01%	1.426,42	0,09%	1.441,19
Arbustal denso	72,96	0,04%	2.706,48	0,18%	2.779,45
Arroz	951,75	0,46%	7.838,14	0,52%	8.789,88
Bosque abierto alto inundable		0,00%	1,31	0,00%	1,31
Bosque de galería y ripario	3.059,62	1,47%	212.217,06	13,96%	215.276,68
Bosque denso alto de tierra firme	70,33	0,03%	71.546,06	4,71%	71.616,39
Bosque denso alto inundable	26,78	0,01%	28.953,30	1,91%	28.980,08
Bosque denso alto Inundable heterogéneo		0,00%	2.897,05	0,19%	2.897,05
Bosque denso bajo de tierra firme	1,64	0,00%	9.439,34	0,62%	9.440,99
Bosque denso bajo inundable		0,00%	2.965,70	0,20%	2.965,70
Bosque fragmentado con pastos y cultivos		0,00%	1.977,78	0,13%	1.977,78
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1,60	0,00%	2.337,08	0,15%	2.338,68
Cereales	18,35	0,01%	3.699,55	0,24%	3.717,90
Herbazal abierto arenoso	623,78	0,30%	7.799,73	0,51%	8.423,51
Herbazal abierto rocoso		0,00%	67,44	0,00%	67,44
Herbazal denso de tierra firme	164.776,16	79,38%	699.533,08	46,03%	864.309,24
Herbazal denso inundable	7.679,87	3,70%	96.798,98	6,37%	104.478,85
Hidrocarburos	164,88	0,08%	1.212,58	0,08%	1.377,46
Lagunas, lagos y ciénagas naturales		0,00%	865,28	0,06%	865,28
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	661,80	0,32%	13.631,16	0,90%	14.292,96
Mosaico de pastos con espacios naturales	279,62	0,13%	8.402,88	0,55%	8.682,51
Mosaico de pastos y cultivos	10.312,68	4,97%	152.196,06	10,01%	162.508,73
Otros cultivos transitorios		0,00%	4.354,74	0,29%	4.354,74
Palma de aceite	550,65	0,27%	15.298,28	1,01%	15.848,93
Pastos arbolados		0,00%	794,62	0,05%	794,62
Pastos enmalezados		0,00%	171,19	0,01%	171,19
Pastos limpios	11.484,48	5,53%	111.837,93	7,36%	123.322,41
Plantación forestal	43,58	0,02%	34,37	0,00%	77,95
Ríos (50 m)		0,00%	10.563,59	0,70%	10.563,59
Tejido urbano continuo		0,00%	132,34	0,01%	132,34
Tejido urbano discontinuo		0,00%	87,46	0,01%	87,46
Tierras desnudas y degradadas	380,90	0,18%	11.375,49	0,75%	11.756,39
Vegetación secundaria o en transición	16,19	0,01%	7.405,24	0,49%	7.421,43
Zonas arenosas naturales		0,00%	2.511,52	0,17%	2.511,52
Zonas de extracción minera		0,00%	44,70	0,00%	44,70
Zonas Pantanosas	25,24	0,01%	415,99	0,03%	441,24
Zonas quemadas	6.358,81	3,06%	26.153,22	1,72%	32.512,03
Total general	207.576,43	100,00%	1.519.745,23	100,00%	1.727.321,66

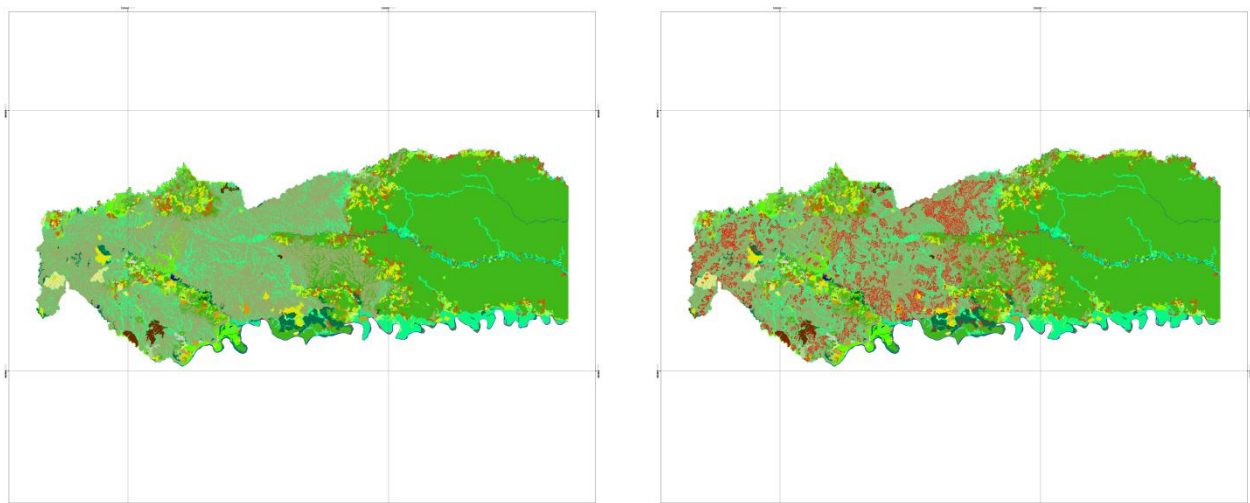
Fuente: Los Autores, 2016

7.2.2. Mapiripán

Analizando el municipio de Mapiripán, el bosque denso alto de tierra firme es la cobertura que más predomina en el municipio, con el 40.74 % del total de este, pero esta cobertura se ve muy poco afectada por los incendios forestales ya que del 40.74%, solo el 0.01 % es afectado por los incendios forestales. Coberturas

como el herbazal denso de tierra firme es la segunda cobertura que más predomina en el municipio, posee un 393.393,38 ha de los cuales el 20.44% se ve afectado por incendios, al compararla con todas las coberturas afectadas, está sola representa el 92.55% del total afectado, siendo la cobertura más afectada en este municipio (Ver *Figura 26 Cobertura de la Tierra 2012 vs Áreas de Cicatrices quemadas 2016, Municipio de Mapiripan.*).

Figura 26 Cobertura de la Tierra 2012 vs Áreas de Cicatrices quemadas 2016, Municipio de Mapiripan.



Fuente: Los Autores, 2016

Analizando la cobertura de zonas quemadas, se puede ver que tiene 845.47 ha. Si se suman todas la coberturas afectadas este valor incrementaría a 86.523,28 ha, un valor muchísimo más grande que el analizado en el 2012. Esto puede ser debido a la forma de analizarse las firmas espectrales, la época de toma de las imágenes analizadas, aunque también se debe tener en cuenta que cada años los incendios forestales aumentan y afectan más suelo (Ver *Figura 27 y Tabla 19*).

Figura 27 Fotografías aéreas de cobertura de herbazal alto de tierra firme. Fuente: SINCHI



Fuente: Los Autores, 2016

Tabla 19 Cuadro de Áreas de Cobertura de la Tierra vs Cicatrices de Áreas Quemadas, del municipio de Mapiripan.

Cobertura de la tierra	Area quemada	Porcentaje	Sin Afectacion Aparente	Porcentaje2	Total general	Columna1
Arbustal abierto mesófilo		0,00%	258,44	0,02%	258,44	0,02%
Arbustal denso		0,00%	4.129,32	0,37%	4.129,32	0,35%
Bosque abierto alto inundable		0,00%	569,02	0,05%	569,02	0,05%
Bosque abierto bajo de tierra firme		0,00%	1,60	0,00%	1,60	0,00%
Bosque abierto bajo inundable		0,00%	105,75	0,01%	105,75	0,01%
Bosque de galería y ripario	1.775,32	2,05%	97.617,08	8,81%	99.392,40	8,32%
Bosque denso alto de tierra firme	62,05	0,07%	486.649,55	43,92%	486.711,60	40,74%
Bosque denso alto inundable	65,08	0,08%	21.809,57	1,97%	21.874,65	1,83%
Bosque denso alto Inundable heterogéneo		0,00%	44.676,89	4,03%	44.676,89	3,74%
Bosque denso bajo de tierra firme		0,00%	505,40	0,05%	505,40	0,04%
Bosque denso bajo inundable		0,00%	86,10	0,01%	86,10	0,01%
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	5,57	0,01%	12.260,55	1,11%	12.266,12	1,03%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	1,37	0,00%	8.179,73	0,74%	8.181,10	0,68%
Herbazal abierto arenoso		0,00%	232,19	0,02%	232,19	0,02%
Herbazal denso de tierra firme	80.424,14	92,95%	312.969,23	28,24%	393.393,38	32,93%
Herbazal denso inundable	1.443,46	1,67%	15.728,46	1,42%	17.171,91	1,44%
Lagunas, lagos y ciénagas naturales		0,00%	1.056,18	0,10%	1.056,18	0,09%
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	99,04	0,11%	5.360,10	0,48%	5.459,14	0,46%
Mosaico de pastos con espacios naturales	42,68	0,05%	27.000,78	2,44%	27.043,47	2,26%
Mosaico de pastos y cultivos	44,08	0,05%	1.523,70	0,14%	1.567,79	0,13%
Palma de aceite	28,33	0,03%	926,54	0,08%	954,87	0,08%
Palmar		0,00%	51,31	0,00%	51,31	0,00%
Pastos arbolados		0,00%	458,98	0,04%	458,98	0,04%
Pastos enmalezados	104,83	0,12%	7.542,92	0,68%	7.647,74	0,64%
Pastos limpios	1.544,41	1,78%	31.010,02	2,80%	32.554,43	2,73%
Ríos (50 m)		0,00%	8.608,43	0,78%	8.608,43	0,72%
Tejido urbano continuo		0,00%	17,67	0,00%	17,67	0,00%
Tejido urbano discontinuo		0,00%	64,66	0,01%	64,66	0,01%
Vegetación secundaria o en transición	1,51	0,00%	10.977,22	0,99%	10.978,72	0,92%
Zonas arenosas naturales		0,00%	1.905,41	0,17%	1.905,41	0,16%
Zonas Pantanosas	35,94	0,04%	484,67	0,04%	520,61	0,04%
Zonas quemadas	845,47	0,98%	5.355,52	0,48%	6.200,99	0,52%
Total general	86.523,28	100,00%	1.108.123,01	100,00%	1.194.646,29	100,00%

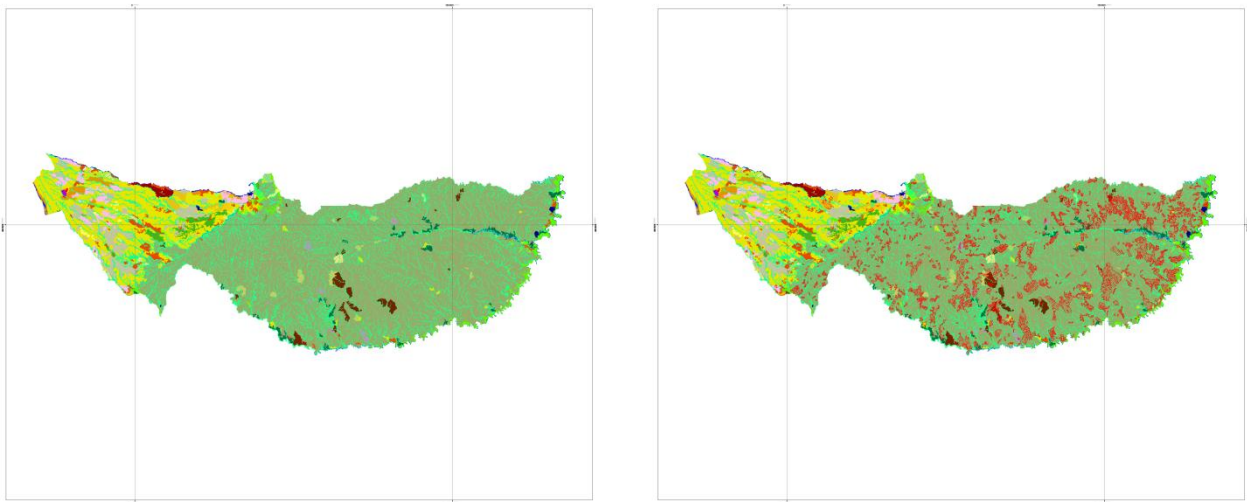
Fuente: Los Autores, 2016

7.2.3. San Martín

El municipio de San Martín, posee un 56.5 % de su municipio con cobertura de herbazal denso de tierra firme, como la mayoría de los municipios del Meta, pero de ese total solo el 16.24% se ve afectado por incendios forestales. Le sigue los pastos limpios y los bosque de galería y ripario; ambos suman solo 6.79 % del total de todas las áreas afectadas por incendios en el municipio. La cobertura de zonas quemadas era de 984 ha en 2012 dato obtenido de las cobertura de la tierra CORINE Land Cover y se incrementó en 61.877 ha en 2016 según el ejercicio realizado en este documento, lo que evidencia que en la mayoría de los municipios la tendencia es a aumentar ese valor de área quemada (Ver *Figura 28 Cobertura de la Tierra 2012 vs Áreas de Cicatrices quemadas 2016, Municipio de San Martín.*,

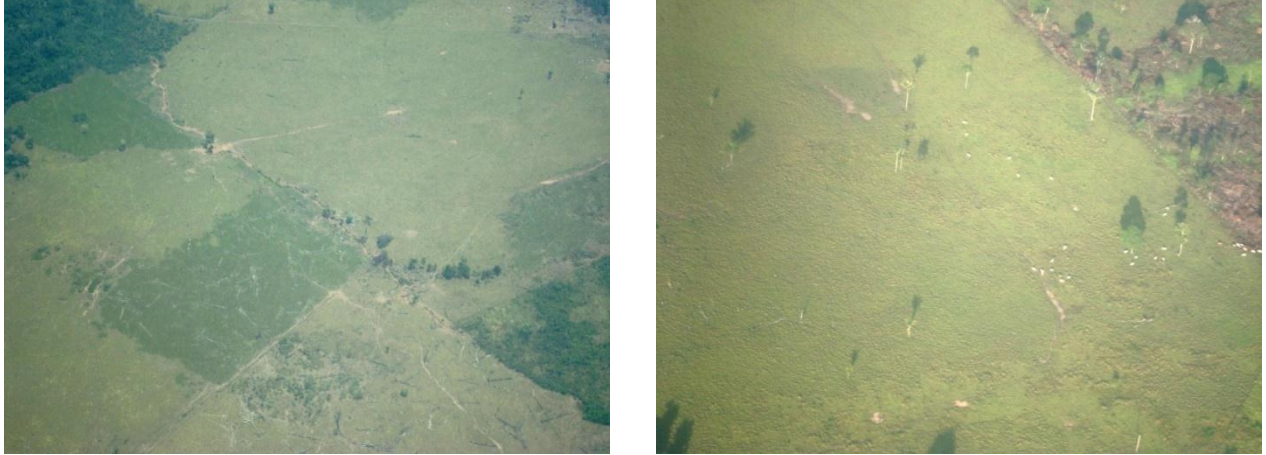
Figura 29 y Tabla 20 Cuadro de Áreas de Cobertura de la Tierra vs Cicatrices de Áreas Quemadas, del municipio de San Martín.).

Figura 28 Cobertura de la Tierra 2012 vs Áreas de Cicatrices quemadas 2016, Municipio de San Martín.



Fuente: Los Autores, 2016

Figura 29 Fotografías aéreas de cobertura de pastos limpios. Fuente: SINCHI



Fuente: Los Autores, 2016

Tabla 20 Cuadro de Áreas de Cobertura de la Tierra vs Cicatrices de Áreas Quemadas, del municipio de San Martín.

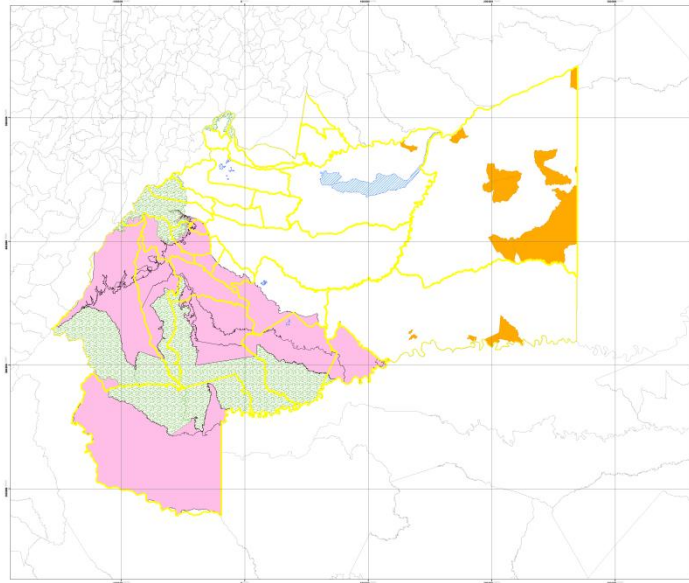
Cobertura de la tierra	Area quemada	Porcentaje	Sin Afectacion Aparente	Porcentaje2	Total general	Columna1
Arbustal denso		0,00%	57,12	0,01%	57,12	0,01%
Arroz	705,14	1,14%	2.611,20	0,49%	3.316,34	0,56%
Bosque de galería y ripario	2.883,86	4,66%	107.022,12	20,09%	109.905,98	18,49%
Bosque denso alto de tierra firme	2,08	0,00%	4.887,49	0,92%	4.889,56	0,82%
Bosque denso alto inundable	48,76	0,08%	8.985,43	1,69%	9.034,19	1,52%
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	0,60	0,00%	1.814,43	0,34%	1.815,03	0,31%
Bosque fragmentado con vegetación secundaria		0,00%	546,32	0,10%	546,32	0,09%
Cereales	21,85	0,04%	546,47	0,10%	568,32	0,10%
Estanques para acuicultura continental		0,00%	139,55	0,03%	139,55	0,02%
Herbazal abierto arenoso	292,83	0,47%	2.600,80	0,49%	2.893,63	0,49%
Herbazal denso de tierra firme	54.532,10	88,11%	281.359,95	52,82%	335.892,05	56,50%
Herbazal denso inundable	432,41	0,70%	5.895,52	1,11%	6.327,93	1,06%
Hidrocarburos	3,17	0,01%	3,17	0,00%	6,33	0,00%
Lagunas, lagos y ciénagas naturales		0,00%	176,12	0,03%	176,12	0,03%
Mosaico de cultivos		0,00%	146,94	0,03%	146,94	0,02%
Mosaico de cultivos con espacios naturales		0,00%	2.012,16	0,38%	2.012,16	0,34%
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1,96	0,00%	3.872,47	0,73%	3.874,43	0,65%
Mosaico de pastos con espacios naturales	106,13	0,17%	8.448,65	1,59%	8.554,79	1,44%
Mosaico de pastos y cultivos	49,82	0,08%	9.378,94	1,76%	9.428,76	1,59%
Palma de aceite	48,55	0,08%	16.426,06	3,08%	16.474,61	2,77%
Pastos arbolados	27,78	0,04%	1.263,58	0,24%	1.291,36	0,22%
Pastos enmalezados		0,00%	2.317,29	0,44%	2.317,29	0,39%
Pastos limpios	1.317,64	2,13%	60.683,37	11,39%	62.001,01	10,43%
Ríos (50 m)		0,00%	3.194,42	0,60%	3.194,42	0,54%
Tejido urbano continuo		0,00%	208,45	0,04%	208,45	0,04%
Tejido urbano discontinuo		0,00%	101,11	0,02%	101,11	0,02%
Tierras desnudas y degradadas	401,36	0,65%	1.076,74	0,20%	1.478,10	0,25%
Vegetación secundaria o en transición	22,47	0,04%	870,96	0,16%	893,43	0,15%
Zonas arenosas naturales		0,00%	77,27	0,01%	77,27	0,01%
Zonas Pantanosas	4,09	0,01%	770,97	0,14%	775,06	0,13%
Zonas quemadas	984,84	1,59%	5.158,87	0,97%	6.143,71	1,03%
Total general	61.887,44	100,00%	532.653,94	100,00%	594.541,38	100,00%

Fuente: Los Autores, 2016

7.3. Estado legal del territorio

Hace referencia a aquellas áreas que se encuentran en alguna categoría de protección y manejo de los recursos que en ellas existen; las que han sido delimitadas en los ejercicios de ordenamiento territorial y ambiental, y en los procesos de ordenación forestal y de cuencas hidrográficas; y a las que han sido otorgadas a las comunidades indígenas y grupos étnicos con legislación especial (Sinchi, 2012) (Ver *Figura 30 Estado Legal del Territorio, departamento del Meta. Áreas declaradas (azul), Resguardos Indígenas (Naranja), Parques Nacionales (verde), Área de Manejo especial de la Macarena (Rosa).*).

Figura 30 Estado Legal del Territorio, departamento del Meta. Áreas declaradas (azul), Resguardos Indígenas (Naranja), Parques Nacionales (verde), Área de Manejo especial de la Macarena (Rosa).



Fuente: Sinchi, 2012

Las cicatrices de quemadas se superpusieron con el mapa de Estado Legal del Territorio en el departamento del Meta obteniendo la *Figura 31* y la *Tabla 21* como resultado.

Figura 31 Áreas de Cicatrices quemadas 2016, Sobre el Estado Legal del Territorio

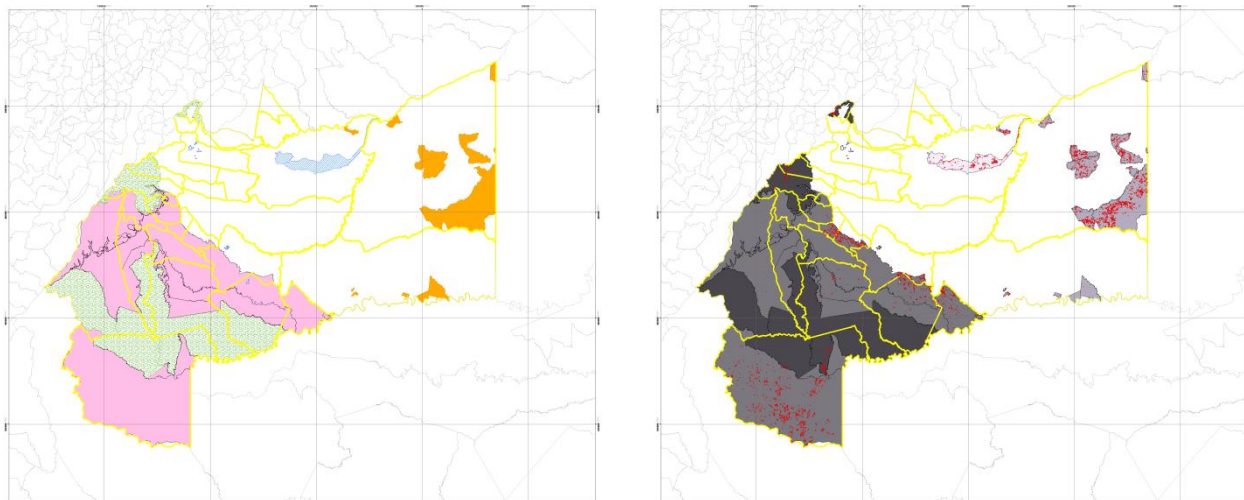


Figura 32. Fuente: Sinchi, 2012 y Autores, 2016

Tabla 21 Áreas de Estado Legal del Territorio, AMEM, Áreas declaradas, Parques Nacionales, Resguardos Indígenas vs Áreas Quemadas

Area Declaradas	Area quemada	Porcentaje	Sin Afectacion Aparente	Porcentaje2	Total general	Porcentajes3
Humedales Declarados		0,00%	1.749,08	0,04%	1.749,08	0,04%
Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos	21,75	0,03%	288.244,40	6,09%	288.266,15	6,00%
Parque Nacional Natural Sierra de la Macarena	1.524,76	2,16%	604.377,01	12,76%	605.901,76	12,61%
Parque Nacional Natural Sumapaz	1.367,75	1,94%	218.243,44	4,61%	219.611,19	4,57%
Parque Nacional Natural Tinigua	132,85	0,19%	214.974,30	4,54%	215.107,15	4,48%
Parque Natural Chingaza	727,17	1,03%	18.513,10	0,39%	19.240,27	0,40%
Reserva Alto Menegaza	229,49	0,33%	13.144,54	0,28%	13.374,03	0,28%
Reserva el Yucao	5.122,64	7,27%	64.405,32	1,36%	69.527,96	1,45%
Reserva Forestal Nacional Protectora Buenavista		0,00%	1.208,67	0,03%	1.208,67	0,03%
Reserva Forestal Nacional Protectora Cerro Vangua		0,00%	197,47	0,00%	197,47	0,00%
Resguardo Indígena awaliba (abariba)	3.153,13	4,47%	17.646,25	0,37%	20.799,38	0,43%
Resguardo Indígena cano jabon		0,00%	7.194,57	0,15%	7.194,57	0,15%
Resguardo Indígena cano ovejas	464,88	0,66%	1.319,02	0,03%	1.783,90	0,04%
Resguardo Indígena charco caiman	10,60	0,02%	1.930,97	0,04%	1.941,58	0,04%
Resguardo Indígena corozal tapajo	309,42	0,44%	7.762,62	0,16%	8.072,04	0,17%
Resguardo Indígena domo planas (san rafael)	3.667,51	5,20%	34.069,37	0,72%	37.736,88	0,79%
Resguardo Indígena el tigre	2.700,58	3,83%	24.660,63	0,52%	27.361,21	0,57%
Resguardo Indígena el turpial	366,36	0,52%	1.799,03	0,04%	2.165,39	0,05%
Resguardo Indígena el unuma	12.240,75	17,37%	413.052,38	8,72%	425.293,12	8,85%
Resguardo Indígena ibibi (iwiwi)	64,87	0,09%	2.837,41	0,06%	2.902,28	0,06%
Resguardo Indígena la sal		0,00%	32,39	0,00%	32,39	0,00%
Resguardo Indígena la victoria (umapo)	754,54	1,07%	1.666,89	0,04%	2.421,43	0,05%
Resguardo Indígena macuare	29,75	0,04%	23.822,60	0,50%	23.852,34	0,50%
Resguardo Indígena vencedor piriri (conv)	2.495,01	3,54%	36.869,76	0,78%	39.364,78	0,82%
Resguardo Indígena wacoyo (corocito, yopalito,g)	494,92	0,70%	7.643,83	0,16%	8.138,75	0,17%
Resguardo Indígena walliani	162,88	0,23%	5.169,49	0,11%	5.332,38	0,11%
Recuperación para la Preservación Sur	121,49	0,17%	52.098,13	1,10%	52.219,62	1,09%
Preservación Serranía de la Lindosa		0,00%	13.709,88	0,29%	13.709,88	0,29%
Recuperación Para la Producción Sur	20.710,43	29,39%	1.234.158,93	26,06%	1.254.869,35	26,11%
Recuperación para la Preservación Norte	11,08	0,02%	83.362,15	1,76%	83.373,23	1,73%
Recuperación para la Producción Norte	565,38	0,80%	276.060,89	5,83%	276.626,26	5,76%
Recuperación para la Producción Occidente	13,27	0,02%	210.092,59	4,44%	210.105,86	4,37%
Preservación Vertiente Oriental		0,00%	276.891,88	5,85%	276.891,88	5,76%
Producción Ariari_Guayabero	12.911,87	18,32%	565.301,20	11,94%	578.213,07	12,03%
Resguardo Indígena paez de villa lucia y Recuperación para la Producción Occidente		0,00%	70,41	0,00%	70,41	0,00%
Resguardo Indígena paez de villa lucia y Preservación Vertiente Oriental		0,00%	2.551,58	0,05%	2.551,58	0,05%
Resguardo Indígena ondas del café y Recuperación para la Producción Occidente		0,00%	342,01	0,01%	342,01	0,01%
Resguardo Indígena ondas del café y Preservación Vertiente Oriental		0,00%	3.728,12	0,08%	3.728,12	0,08%
Resguardo Indígena los planes y Recuperación para la Producción Occidente		0,00%	565,83	0,01%	565,83	0,01%
Resguardo Indígena los planes y Preservación Vertiente Oriental		0,00%	1.412,85	0,03%	1.412,85	0,03%
Resguardo Indígena la sal y Recuperación Para la Producción Sur		0,00%	174,00	0,00%	174,00	0,00%
Resguardo Indígena la sal y Producción Ariari_Guayabero	88,96	0,13%	2.637,09	0,06%	2.726,05	0,06%
Reserva Forestal Nacional Protectora Caño Vanguard		0,00%	533,68	0,01%	533,68	0,01%
Total general	70.464,08	100,00%	4.736.225,77	100,00%	4.806.689,85	100,00%

Fuente: Autores, 2016

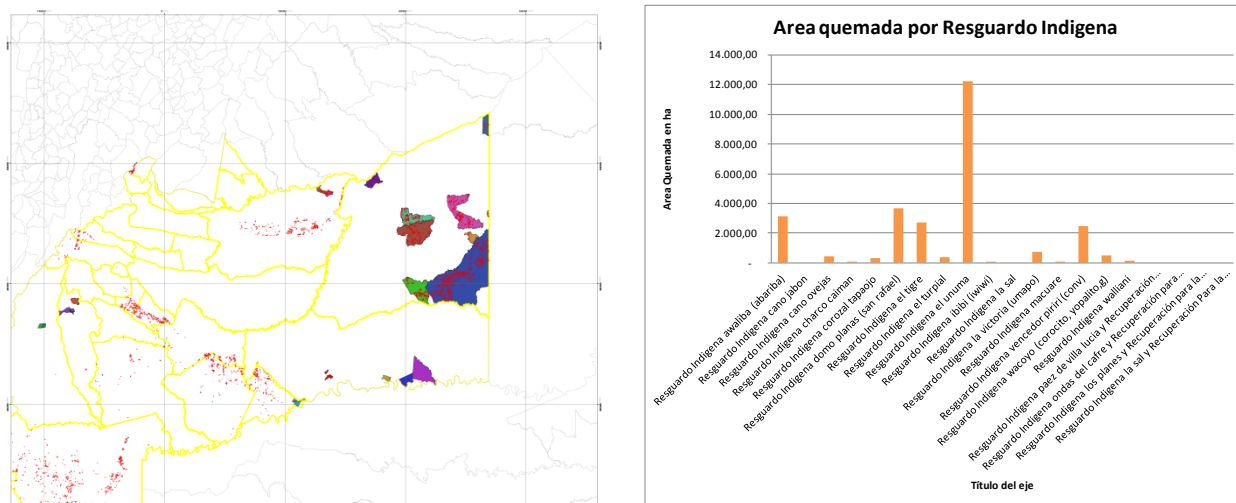
La reserva el Yucao Ubicada en Puerto Gaitán se encuentra afectada en un área de 5.122,64 hectáreas (Ver *Tabla 22* y *Figura 33*); está representada en el 7.27% del total de las áreas quemadas en el estado legal del territorio.

Tabla 22 Áreas de Resguardos Indígenas vs Áreas Quemadas.

Resguardos Indígenas	Area quemada	Porcentaje	Sin Afectación Apparente	Porcentaje2	Total general	Porcentaje3
Resguardo Indígena awaliba (abariba)	3.153,13	11,72%	17.646,25	2,95%	20.799,38	3,32%
Resguardo Indígena cano jabon		0,00%	7.194,57	1,20%	7.194,57	1,15%
Resguardo Indígena cano ovejas	464,88	1,73%	1.319,02	0,22%	1.783,90	0,29%
Resguardo Indígena charco caiman	10,60	0,04%	1.930,97	0,32%	1.941,58	0,31%
Resguardo Indígena corozal tapajo	309,42	1,15%	7.762,62	1,30%	8.072,04	1,29%
Resguardo Indígena domo planas (san rafael)	3.667,51	13,63%	34.069,37	5,69%	37.736,88	6,03%
Resguardo Indígena el tigre	2.700,58	10,03%	24.660,63	4,12%	27.361,21	4,37%
Resguardo Indígena el turpial	366,36	1,36%	1.799,03	0,30%	2.165,39	0,35%
Resguardo Indígena el unuma	12.240,75	45,48%	413.052,38	68,96%	425.293,12	67,95%
Resguardo Indígena ibibi (iwiwi)	64,87	0,24%	2.837,41	0,47%	2.902,28	0,46%
Resguardo Indígena la sal		0,00%	32,39	0,01%	32,39	0,01%
Resguardo Indígena la victoria (umapo)	754,54	2,80%	1.666,89	0,28%	2.421,43	0,39%
Resguardo Indígena macuare	29,75	0,11%	23.822,60	3,98%	23.852,34	3,81%
Resguardo Indígena vencedor piripi (conv)	2.495,01	9,27%	36.869,76	6,16%	39.364,78	6,29%
Resguardo Indígena wacoyo (corocito, yopalito,g)	494,92	1,84%	7.643,83	1,28%	8.138,75	1,30%
Resguardo Indígena walliani	162,88	0,61%	5.169,49	0,86%	5.332,38	0,85%
Resguardo Indígena paez de villa lucia y Recuperación para la Producción Occidente		0,00%	2.621,99	0,44%	2.621,99	0,42%
Resguardo Indígena ondas del café y Recuperación para la Producción Occidente		0,00%	4.070,13	0,68%	4.070,13	0,65%
Resguardo Indígena los planes y Recuperación para la Producción Occidente		0,00%	1.978,68	0,33%	1.978,68	0,32%
Resguardo Indígena la sal y Recuperación Para la Producción Sur		0,00%	2.811,09	0,47%	2.811,09	0,45%
Total general	26.915,20	100,00%	598.959,12	100,00%	625.874,32	100,00%

Fuente: Autores, 2016

Figura 33. Mapa de Resguardos Indígenas del Meta vs Áreas Quemadas, y grafico de Barras de las áreas quemadas por Resguardo Indígena



Fuente: Autores, 2016

Entre los resguardos indígenas más afectados por las áreas quemadas se encuentran los Resguardos Indígenas Awaliba, Domo Planas, Unuma, y Vencedor Piripi, todos ubicados en el municipio de Puerto Gaitán, y suman 21.556,40

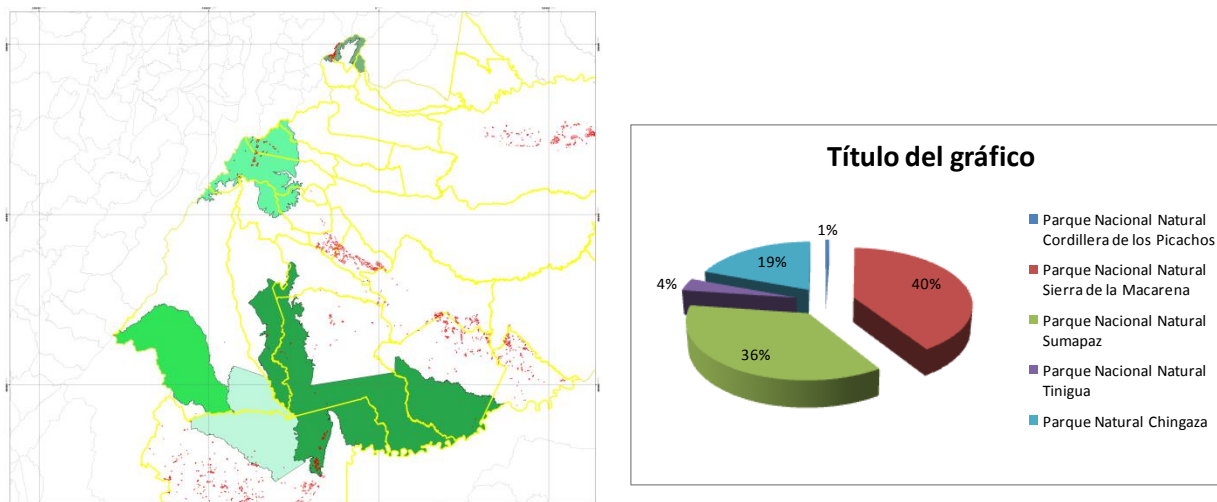
hectáreas (Ver *Tabla 23 y Figura 34*), que representan el 30.9 % del total de las áreas quemadas.

Tabla 23 Áreas de Parques Nacionales vs Áreas Quemadas.

Parque Nacional	Area quemada	Porcentaje	(en blanco)	Porcentaje2	Total general	Porcentaje3
Parque Nacional Natural Cordillera de los Picachos	21,75	0,6%	288.244,40	21,4%	288.266,15	21,4%
Parque Nacional Natural Sierra de la Macarena	1.524,76	40,4%	604.377,01	45,0%	605.901,76	44,9%
Parque Nacional Natural Sumapaz	1.367,75	36,2%	218.243,44	16,2%	219.611,19	16,3%
Parque Nacional Natural Tinigua	132,85	3,5%	214.974,30	16,0%	215.107,15	16,0%
Parque Natural Chingaza	727,17	19,3%	18.513,10	1,4%	19.240,27	1,4%
Total general	3.774,27	100,0%	1.344.352,24	100,0%	1.348.126,52	100,0%

Fuente: Autores, 2016

Figura 34 Mapa de Parques Nacionales y grafico de tortas de las áreas quemadas en cada uno de las Parques.



Fuente: Autores, 2016

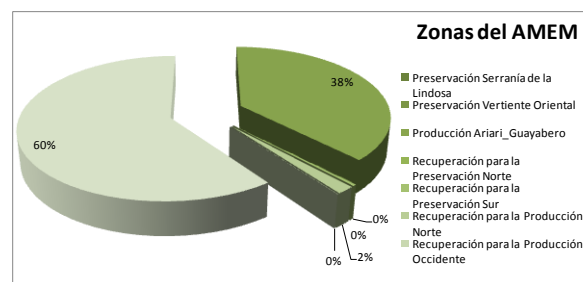
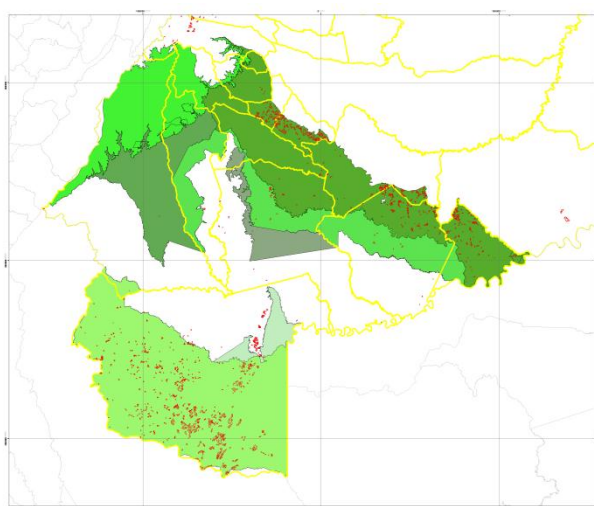
Analizando la información resultante podemos apreciar que el Parque Nacional Sierra de la Macarena es el parque más afectado con un área de 1.524,76 hectáreas (Ver *Tabla 24 y Figura 35 Mapa de Zonas del AMEM y grafico de torta de las áreas quemadas en cada una de las Zonas.*) que representan el 0.25% del área total del parque.

Tabla 24 Áreas de Zonas del AMEM

Zona del AMEM	Area quemada	Porcentaje	Sin Afcetacion aparente	Porcentaje2	Total general	Porcentaje3
Preservación Serranía de la Lindosa		0,00%	13.709,88	0,50%	13.709,88	0,50%
Preservación Vertiente Oriental		0,00%	284.584,44	10,45%	284.584,44	10,32%
Producción Ariari_Guayabero	13.000,84	37,77%	567.938,29	20,86%	580.939,13	21,07%
Recuperación para la Preservación Norte	11,08	0,03%	83.362,15	3,06%	83.373,23	3,02%
Recuperación para la Preservación Sur	121,49	0,35%	52.098,13	1,91%	52.219,62	1,89%
Recuperación para la Producción Norte	565,38	1,64%	276.060,89	10,14%	276.626,26	10,03%
Recuperación para la Producción Occidente	13,27	0,04%	211.070,85	7,75%	211.084,11	7,65%
Recuperación Para la Producción Sur	20.710,43	60,17%	1.234.332,92	45,33%	1.255.043,35	45,51%
Total general	34.422,48	100,00%	2.723.157,55	100,00%	2.757.580,03	100,00%

Fuente: Autores, 2016

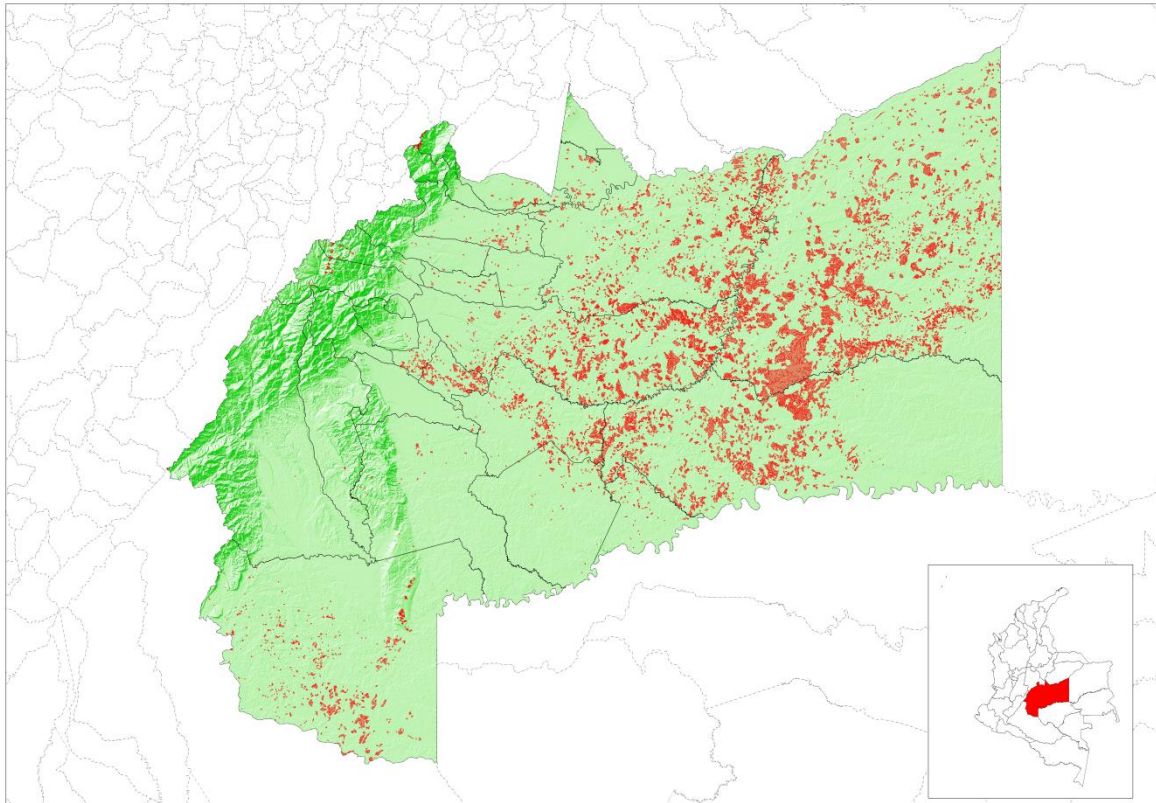
Figura 35 Mapa de Zonas del AMEM y grafico de torta de las áreas quemadas en cada una de las Zonas.



Fuente: Autores, 2016

En las áreas de recuperación para la producción sur y el área de producción Ariari Guayabero son las zonas del AMEM (Área de Manejo Especial de la Macarena) que más afectadas se ven por los incendios forestales, con un total de 33.622,30 hectáreas, que representa 47.72 % del total de áreas afectadas (Ver Figura 36).

Figura 36 Áreas Quemadas departamento del Meta usando el método de índice de área quemada a través de imágenes Landsat 8.



Fuente: Autores, 2016

El objetivo de la cartografía de áreas quemadas no consiste en la completa división de una región en diferentes tipos de cubiertas, sino la extracción de una única categoría, la quemada, razón por la que no ha sido una técnica tan ampliamente utilizada como en otras áreas de investigación (Sonene, 2013). Con base en la interpretación espectral (mediante índices) y visual (mediante la composición adecuada, Figura 25. Izquierda Arriba Imagen Landsat 8 verdadero Color, Derecha Arriba SWIR 2, Izquierda Abajo NBR y Derecha Abajo Cicatrices procesadas), se realizó la extracción de las cicatrices, para tener un área representativa entorno al área del proyecto y al área del cinturón de fugas, a través de esto se obtuvieron áreas representativas los cuales sirven de insumo a

los cuerpos de bomberos para ser corroborados con la información que ellos atendieron en sus respectivas jurisdicciones.

Mediante este proceso se rescató información como el tipo de cobertura afectada por los incendios forestales. Al iniciar este estudio, un aspecto crítico fue la elección de una metodología certera para estimar las áreas quemadas en el departamento del Meta.

Pese a que existen trabajos realizados en la región, estos fueron realizados con imágenes Landsat 7, que poseen dificultades por el efecto persiana, y MODIS (Rios 2013), suponiendo grandes diferencias de escala frente a imágenes Landsat TM y ETM+, sabiendo que el segundo sensor tiene una resolución de 500 metros por cada lado del pixel y los últimos tienen una resolución más fina de 30 metros.

Así mismo, existen varias investigaciones que plantean la validez del uso de mezclas espectrales (SMA) en la estimación de áreas quemadas, principalmente en Latinoamérica. Aunque se contaba con investigaciones que se acercaban al comportamiento de las áreas quemadas en el área de estudio, el objetivo principal es seguir actualizándolos, refinándolos, aumentando la precisión e implementado nuevas metodologías, por lo cual fue necesario implementar un método (NBR), con la idea de mejorar la interpretación de las áreas quemadas en el Meta.

7.4. Ejercicio realizado en el 2009 por CORMACARENA, para los períodos 2004 y 2008

7.4.1. Validación de los registros del Sistema Modis Rapid Response para el Departamento del Meta

Según Sarmiento C y Fonseca C. (2009) es previsible que el sistema MRR (Modis Rapid Response) presente una serie de limitaciones que deben ser adecuadamente valoradas en función de diferentes objetivos relacionados con el

registro de incendios forestales. De esta manera, la detección diaria, y los reportes consolidados a partir de estos, pueden generar errores de omisión o comisión, que al ser suficientemente conocidos permiten establecer la funcionalidad de la herramienta en un eventual diseño e implementación de sistemas de alerta temprana y en la construcción de un registro sistemático sobre incendios forestales y sus efectos.

Los errores típicos del Sistema pueden ser:

1. Errores de omisión: Eventos detectables de acuerdo con los parámetros del sistema, que sucedieron y no fueron registrados por estar ocultos por condiciones de nubosidad o topografía, o bien se presentaron en los intervalos de revisita de los satélites. Otra causa menos frecuente, pueden ser los intervalos de fallas o mantenimientos de los subsistemas asociados (comunicaciones, almacenamiento, procesamiento, etc.)
2. Errores de comisión: Falsas alarmas. Son eventos que nunca existieron y que fueron registrados por el Sistema. Este tipo de errores pueden estar dados por limitaciones propias de los algoritmos empleados o por eventos naturales que fueron registrados como fuegos sin serlo (puntos calientes con otras causas).
3. Métodos e insumos empleados

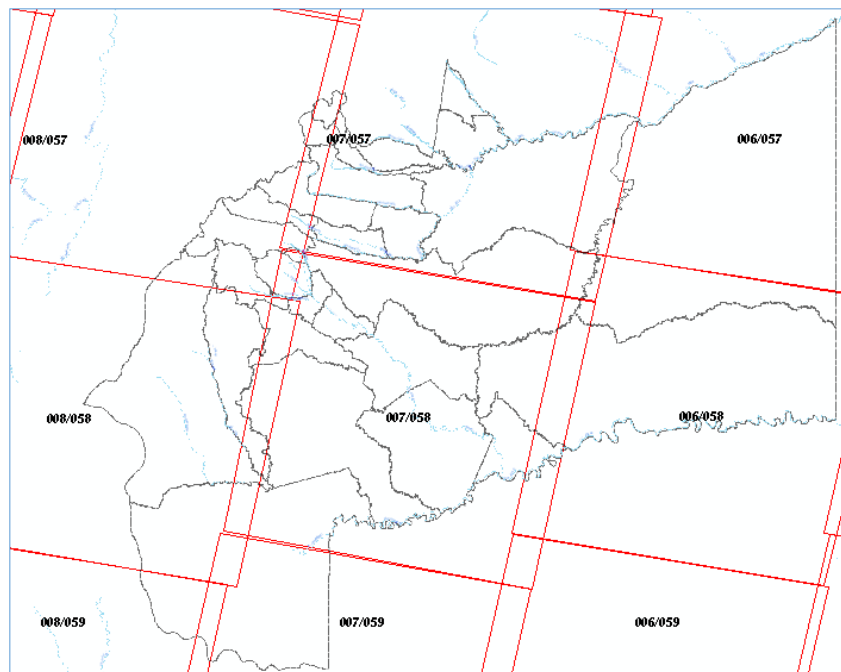
De acuerdo con la disponibilidad de información se compararon diferentes fuentes de información relativas a quemadas e incendios forestales, con el fin de estimar el porcentaje de áreas quemadas en el departamento del Meta. Dado que el sistema MRR aún no genera productos definitivos para establecer la superficie quemada, se compilaron imágenes satelitales LANDSAT ETM+ tomadas en el periodo de época seca de los años 2004 y 2008, para estimar así mediante índice de áreas quemadas NBR (Normalized Burn Ratio) la extensión de los incendios forestales.

Por otra parte, se emplearon los registros de campo obtenidos por CORMACARENA para el año 2007 para hacer comparaciones entra la información (en el año 2004 no se contó con dicho insumo para la comparación).

7.4.2. Estimación de la superficie quemada para el Departamento del Meta la temporada seca de comienzos de año (2004 y 2008) realizado por Cormacarena.

Se emplearon siete escenas LANDSAT ETM+, que cubren la totalidad del departamento del Meta, obtenidas de manera abierta del servicio <http://glovis.usgs.gov>. Las imágenes tienen 30m y 10m de resolución espacial y fueron tomadas en enero de 2008. Es importante anotar que las imágenes de este tipo, presentan a partir del año 2003 un error producto de un daño en el sensor, que genera un efecto de “persiana”, que generan vacíos de información en las imágenes, por tanto los datos referentes a número y extensión de áreas quemadas pueden verse subestimados (Ver *Figura 37*)

Figura 37 Cubrimiento de imágenes Landsat para el departamento del Meta.



Fuente: *Elaboración propia; <http://www.landsat.org>*

Las imágenes seleccionadas se procesaron usando una clasificación no supervisada en 48 clases, para luego identificar las clases que corresponden a vegetación quemada. A partir de allí se cuantificó el número de quemas y superficie total quemada en hectáreas para su comparación con los registros de la Corporación.

7.4.3. Comparación de los datos compilados con registros de CORMACARENA

Se compararon los registros previos de la Corporación con los eventos (áreas quemadas) que fueron obtenidas mediante el uso de las imágenes Landsat 7, para lo cual se usó como estudio de caso el Municipio de Puerto Gaitán, dado que en el contexto del departamento del Meta, es el municipio con mayor nivel de incidencia de acuerdo con las fuentes de información disponibles.

7.4.4. Resultados obtenidos en el ejercicio

En la Tabla 25 se pueden observar las diferencias entre los distintos sistemas de medición.

Tabla 25 Comparación entre diferentes fuentes de información de quemas e incendios en el Municipio de Puerto Gaitán

Origen de la información	Fuente	Periodo	Datos reportados	Observaciones
Superficie reportada en Incendios forestales	Bomberos - CORMACARENA (Reporte al IDEAM)	2007	53.064.3 Ha	Información reportada a CORMACARENA por los cuerpos de Bomberos

Superficie quemada	Procesamiento de imágenes LANDSAT 28/01/2008 (CORMACARENA)	Dic./2007 Ene/2008	154.273.1 Ha	Clasificación semiautomática de la imagen satelital. Está sujeta a tres tipos de error: 1. Vacíos en la imagen por daños en el sensor, lo cual haría que la superficie quemada pueda ser mayor a la reportada (no más allá de un 10% aprox.) 2. Confusión espectral de las superficies quemadas con otros "cuerpos oscuros", como cuerpos de agua, lo cual es menos probable ya que se clasificaron por aparte, pero no es del todo descartable. 3. Áreas quemadas durante el 2007 cuya evidencia ya no es detectable en la imagen por recuperación de la vegetación de sabana.
No. de fuegos activos detectados	MODIS Rapid Response	2007	4853 fuegos detectados (29.55%)	No. de Fuegos Activos detectados por el Sistema MODIS. El porcentaje corresponde al número de detecciones del municipio, frente al total de detecciones en el Departamento en el mismo periodo
No. de fuegos activos detectados	MODIS Rapid Response	2008	1266 fuegos detectados (44.01%)	No. de Fuegos Activos detectados por el Sistema MODIS. El porcentaje corresponde al número de detecciones del municipio, frente al total de detecciones en el Departamento en el mismo periodo

Fuente: Bomberos, CORMACARENA, e IDEAM, 2016

Como se puede observar en la Tabla 25 los datos reportados por diferentes actores son alrededor del 34% menores frente al total de áreas quemadas de acuerdo con los resultados del procesamiento de las imágenes Landsat 7 realizado por Cormacarena; los valores calculado en el ejercicio de superficies quemadas superaron enormemente las estimaciones realizadas por organismos gubernamentales a nivel nacional.

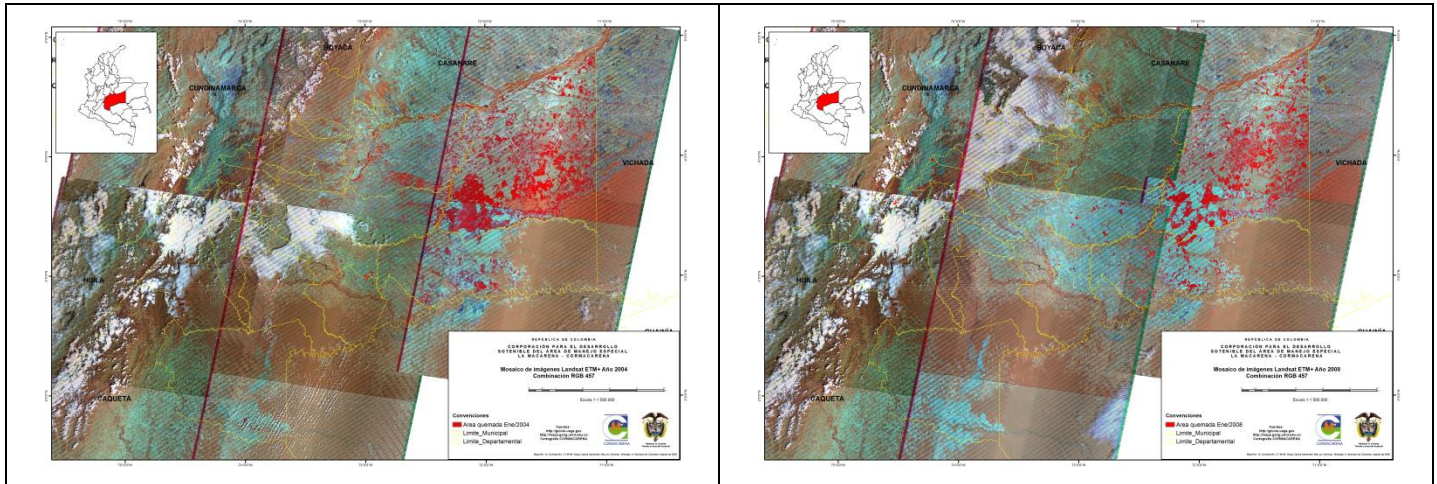
7.4.5. Estimación de la superficie quemada por municipio, área protegida y tipo de cobertura para 2004 y 2008.

El uso recurrente de imágenes satelitales de alta a media resolución facilita obtener mediciones de precisión aceptable de la superficie quemada por medio de imágenes satelitales, dado que las quemas dejan acumulaciones de carbón, cuya respuesta espectral difiere de la vegetación originalmente ubicada en el sitio del incendio. No obstante, en ecosistemas de sabana, este rastro puede desaparecer aproximadamente un mes después de ocurrida la quema, lo cual indica que un sistema de monitoreo, cuyo objetivo sea establecer la superficie quemada, debe procesar imágenes mensualmente.

Si bien lo anterior es teóricamente posible gracias al periodo de revisita de satélites como SPOT, LANDSAT y ASTER, en la práctica no se logra disponer mensualmente de imágenes de buena calidad, principalmente por factores atmosféricos o por limitaciones de tipo financiero para la compra de las imágenes. Una alternativa para esta opción es el uso de imágenes MODIS, las cuales son dispuestas al público de manera semanal. Sin embargo, el bajo nivel de resolución limita el proceso de detección a quemas particularmente extensas e igualmente, pueden presentar interferencias atmosféricas.

Para el periodo 2002-2009 se logró obtener dos mosaicos de imágenes LANDSAT de buena calidad y con poca nubosidad, para las temporadas secas de los años 2004 (Diciembre) y 2008 (Enero). (Ver Tabla 26 y Tabla 26)

*Figura 38 Mosaico de imágenes Landsat ETM+ Año 2004 y 2008, Combinación RGB 457.
Cubrimiento de imágenes Landsat para el departamento del Meta.*



Fuente: CORMACARENA, 2008

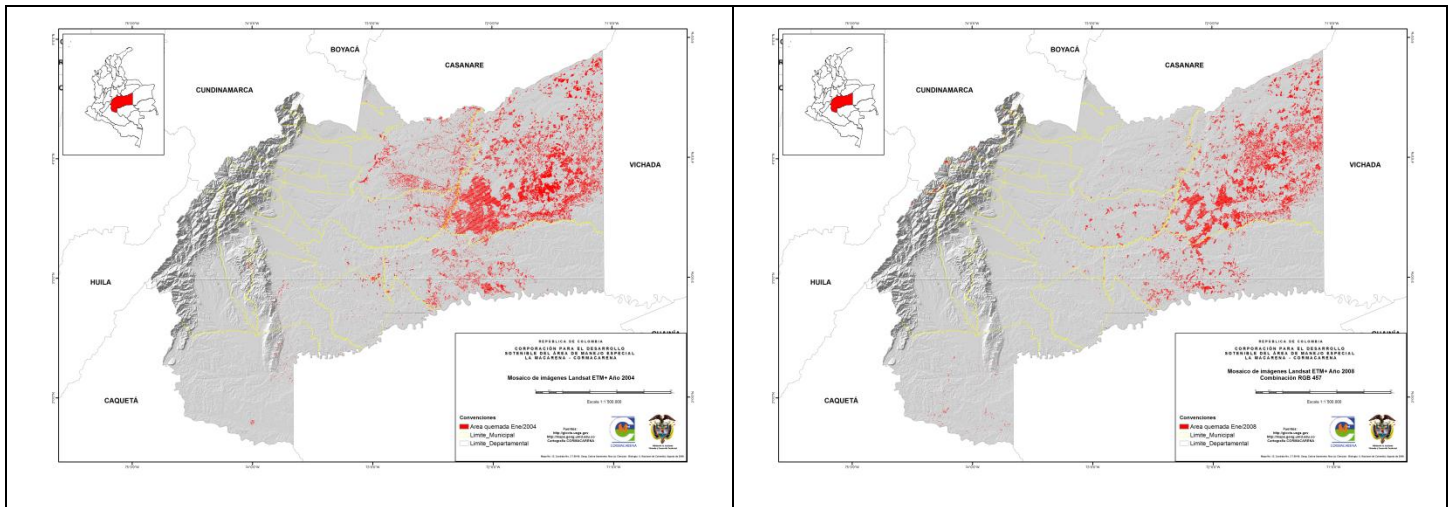
Las imágenes obtenidas en la *Figura 38* presentan un error (como se señaló anteriormente), no obstante, el hecho de que en parte las imágenes queden utilizables y que se permita el acceso de manera gratuita, facilita obtener estadísticas de las áreas quemadas.

Tabla 26 Fecha de imágenes Landsat descargadas para la realización del ejercicio

Periodo 2004-2005		Periodo 2008	
Path/Row	Fecha	Path/Row	Fecha
8057	31/12/2004	8057	23/02/2007
6057	20/03/2004	6057	27/01/2008
6058	01/02/2004	6058	27/01/2008
7058	24/12/2004	7058	02/01/2008
7059	24/12/2004	7059	02/01/2008
8058	31/12/2004	8058	25/01/2008
8059	31/12/2004	8059	25/01/2008
7057	14/03/2005	7057	02/01/2008

Fuente: Elaboración propia; <http://www.landsat.org>

Figura 39 Resultado del ejercicio realizado por Cormacarena para el cálculo de áreas quemadas para el Departamento del Meta en los años 2004 y 2008

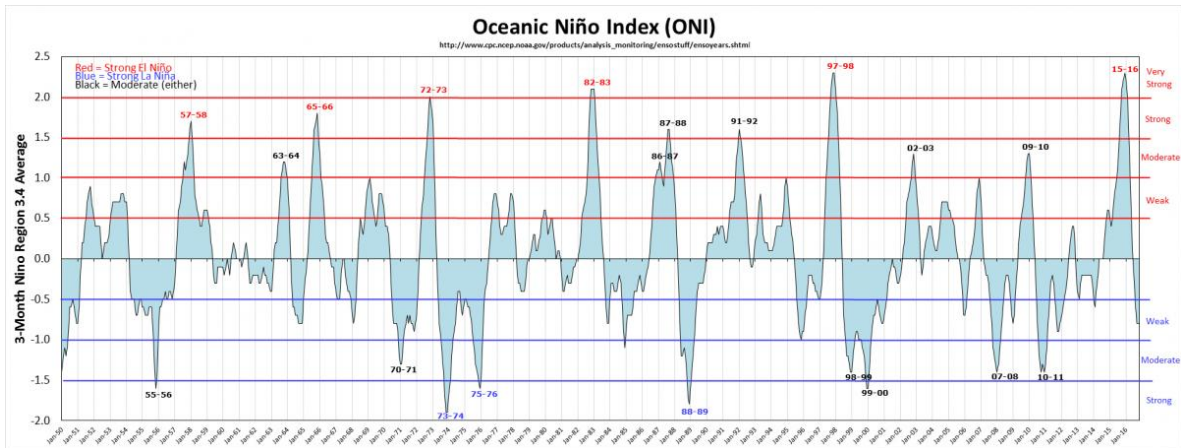


Fuente: CORMACARENA, 2008

Al analizar la *Figura 39* ambas imágenes derecha 2004 e izquierda 2008 se puede notar una gran diferencia de áreas quemadas (en rojo), y esto como lo informa el Atlas de las Dinámicas del Territorio Andino, en su informe denominado “Por encima de la Tierra” (2009:153), puede ser debido al fenómeno del niño; Los impactos de este en el territorio andino se traducen en el aumento de pérdidas por el incremento de lluvias, movimientos en masa e inundaciones, principalmente en las zonas bajas de Ecuador, Perú y Bolivia (costa y Amazonia, respectivamente), y déficit de precipitaciones y sequías en Colombia y el altiplano de Perú y Bolivia (Velásquez, 2009).

En este informe se ilustra cómo en condiciones **El Niño**, el ONI (Índice del Niño Oceánico) debe ser igual o superior a +0,5 grados Celsius de anomalía, mientras que en condiciones **La Niña**, el ONI debe ser igual o inferior a -0,5 grados Celsius. En *Figura 40* se presenta el comportamiento del índice durante el periodo 1970 – 2008 y se ilustran en rojo los episodios cálidos y en azul los episodios fríos.

Figura 40 ONI (Ocean Niño Index) o Índice Oceánico Niño desde 1950 hasta 2016



Fuente: Elaborado a partir de NOAA (2016).

Podemos observar en la Figura 40 como en el año 2004 se presenta un aumento en el ONI que continuo en el 2005 y 2006, lo que podría dar respuesta a este comportamiento de áreas quemadas dado que es un episodio del Niño con un valor INO de 0,8 que alcanzó su pico relativamente temprano, a finales de 2004 y duro siete meses, así mismo se puede observar como en el 2008 el pico del ONI se presenta como un episodio de **la Niña**, para el IDEAM este evento 2007-2008 (de anomalías negativas en color azul), muestra un patrón similar al ocurrido durante “La Niña” 2010-2011, por otra parte vale mencionar que en ambos años (2004 y 2008) las imágenes procesadas en su mayoría son del mismo periodo de temporada seca de su respectivo año.

Según Michalijos y Uboldi (2013), concluye que para analizar áreas quemadas, a escala media, es apropiada la utilización de imágenes satelitales Landsat 5, TM, debido a su resolución temporal (16 días), espacial (30 metros) y radiométrica (bandas en el visible, infrarrojo cercano y medio), como Pereira lo menciona (1999 en Santis 2009), para caracterizar áreas quemadas se puede considerar dos formas de señal espectral : *"la que proviene de la formación y deposición de carbón y cenizas y la procedente de la alteración de la estructura y cantidad de la vegetación"*

El primer tipo de señal es una consecuencia de la combustión de la vegetación, y tiene el inconveniente de que dura poco tiempo y se degrada por la acción del viento y la lluvia, que pueden eliminarlo a las pocas semanas o meses después de ocurrido el incendio. La segunda señal es más estable, pero es menos nítida para discriminar los efectos del fuego, puesto que la eliminación parcial o total de la vegetación puede ser igualmente causada por otros factores, tales como la deforestación, aclareos, estrés de la vegetación o la acción de plagas (Pereira et al., 1999).

Así mismo, cabe mencionar que el presente estudio busca identificar las áreas afectadas por incendios forestales (cicatrices) en el Departamento del Meta para el año 2016 a través del procesamiento de imágenes satelitales y medidas de intervención que reduzcan dichas áreas identificadas, el realizar un análisis de basado en índices espectrales permitirá determinar en mayor o menor medida la detección de zonas quemadas, para el posterior análisis de las quemadas de coberturas de la tierra.

Tabla 27 Comparación del Total de área quemado por municipio años 2004 y 2008 realizado por CORMACARENA y año 2016 realizado por los autores. Temporadas secas de cada año.

EJERCICIO CORMACARENA (2009) Área en hectáreas			EJERCICIO ELABORADO EN ESTE DOCUMENTO (2017) Área en hectáreas
MUNICIPIO	2004	2008	2016
PUERTO GAITAN	363,662.5	278,018.3	207,576.4
BARRANCA DE UPIA	225.3	128.8	120.33
SAN JUANITO	532.0	179.2	466.92
CABUYARO	7.2	4,939.7	2,423.76
RESTREPO	48,536.2	162.5	316.43
EL CALVARIO	25.0	548.9	274.60
PUERTO LOPEZ	72.6	432.6	51,150.42
CUMARAL	7.5	1,362.3	1,606.06
VILLAVICENCIO	20,069.6	11,023.5	2,142.44
ACACIAS	89.3	101.4	205.46
GUAMAL	2,218.7	1,317.4	717.26
CUBARRAL	50,469.7	34.5	725.20
SAN CARLOS DE GUAROA	2,408.8	23.8	520.66

CASTILLA LA NUEVA	3,108.1	934.6	838.52
SAN MARTIN	1,201.3	48,429.0	61,887.44
LEJANIAS	2,291.3	253.7	14.06
URIBE	0	351.1	45.09
EL DORADO	0	3,420.5	14.29

Fuente: Elaboración propia, 2016, Basada en cartografía base del IGAC.

Los datos comparados de áreas quemadas por municipio (Ver Tabla 27 Comparación del Total de área quemado por municipio años 2004 y 2008 realizado por CORMACARENA y año 2016 realizado por los autores. Temporadas secas de cada año SON diferentes, por lo que concluir que las áreas quemadas aumentan o disminuyen al pasar los años no es posible. Se observan también diferencias grandes entre una época y otra, la diferencia de área se puede dar debido a la diferencia de métodos utilizados en el cálculo de las áreas quemadas. A esto se le debe sumar que para las áreas calculadas para los años 2004 y 2008 las imágenes LandSat presentaban un error, el cual puede afectar en mayor o menor medida el cálculo de dicha área.

Los datos comparados de áreas quemadas por cobertura vegetal son muy diferente de un período a otro encontrar tendencias en los datos no es posible esto debido a que la fuente de la capa de cobertura de la tierra Corine Land Cover utilizada por Cormacarena en 2004 y 2008, no se menciona; así mismo esta no presenta la misma estructura adoptada por Colombia, por lo que sus resultado son confusos (Ver Tabla 28).

Tabla 28 Comparación del Total de áreas quemadas por tipo de cobertura años 2004 y 2008 realizado por CORMACARENA y año 2016 realizado por los autores. Temporadas secas del año

EJERCICIO CORMACARENA (2009) Área en hectáreas		EJERCICIO ELBARODA EN ESTE DOCUMENTO (2017) Área en hectáreas	
TIPO DE	2004	2008	2016

COBERTURA			
Rastrojos	1,091.43	375.03	155,237.44
Bosque Alto Denso	7,483.14	689.49	10,758.86
Pastos	38,154.15	27,282.87	30,586.8
Zonas urbanas -	774.63	586.53	0
Cuerpos de Agua	1,695.60	225.09	0
Eriales, playas y arenas	13.59	21.87	0
Cultivos mixtos	297.99	157.41	4,774.02
Arbustal Alto	442.89	70.74	224.65
Sin Información	68.13	14.67	

Fuente: Elaboración propia, 2016

Así mismo se debe mencionar que para el ejercicio realizado por Cormacarena se utilizó una clasificación de coberturas diferente a la implementada por el IDEAM, la cual es Corine Land Cover. Se puede evidenciar que en el ejercicio realizado por Cormacarena los autores calculan como áreas afectadas por quemas las coberturas de las zonas urbanas, los cuerpos de agua, los eriales, playas y arenas. Para Pereira (2009), esto es un error debido a que en superficies quemadas muy recientemente con fuegos intensos, la reflectividad disminuye, dando lugar a confusiones con áreas de poca reflectividad, como las sombras, cuerpos de agua, humedales, y bosques densos de coníferas. Esas similitudes reducen la posibilidad de usar el rango del visible para discriminar superficies quemadas. (Ver Tabla 29)

Tabla 29. Comparación Total quemado por área protegida años 2004 y 2008 realizado por CORMACARENA y año 2016 realizado por los autores. Temporadas secas de comienzo de año (enero y febrero)

EJERCICIO CORMACARENA (2009)			EJERCICIO ELABORADO EN ESTE DOCUMENTO (2017)
AREA PROTEGIDA	2004	2008	2016
CHINGAZA	4,148.28	481.68	727.17
YUCAO	2,141.91	1,323.81	5,122.64
MENEGUA	4,652.55	2,045.07	229.49
SUMAPAZ	970.29	1,096.65	1,367.75
PRESERVACION VERTIENTE ORIENTAL	2,281.95	22.86	0
ZONA DE PRODUCCION	838.98	165.06	12,911.87

RECUPERACION PRODUCCION SUR	28.53	226.17	20,710.43
SIERRA DE LA MACARENA	1,125.27	2,932.38	1,524.76
RECUPERACION PARA LA PRODUCCION	342.72	123.66	578.65

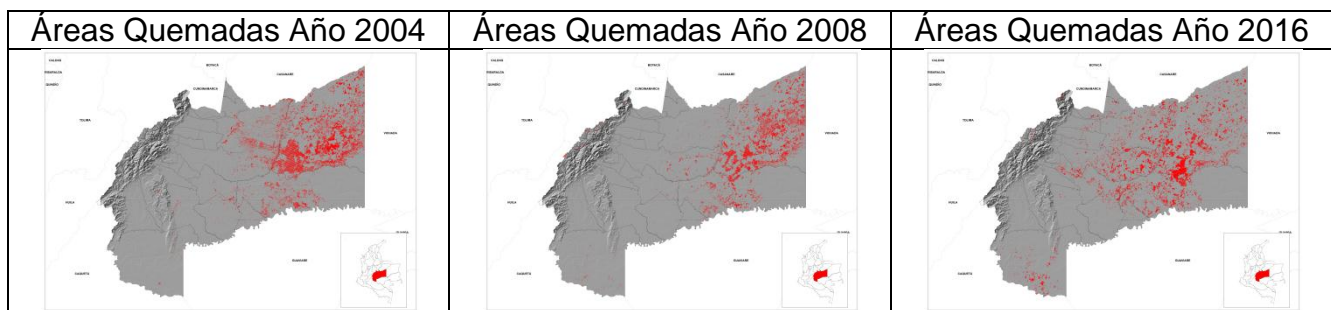
Fuente: Elaboración propia, 2016

En la *Tabla 29* se puede inferir que las áreas quemadas aumentaron de un período a otro se debe mencionar que para el ejercicio realizado por CORMACARENA, el límite de los Distritos de manejo Integrado del Área de manejo Especial de la Macarena son distintos a los utilizados en el año 2016 y esto es debido a una actualización de la cartografía base del IGAC.

7.4.6. Comparación de resultados realizado por Cormacarena 2009 (2004, 2008) y el presente ejercicio 2017 (2016)

En la *Figura 41* podemos observar una comparación visual de los resultados obtenidos en los diferentes ejercicios, posteriormente se procedió a realizar los cruces con los límites municipales y las coberturas de la tierra Corine Land Cover, para así realizar el análisis.

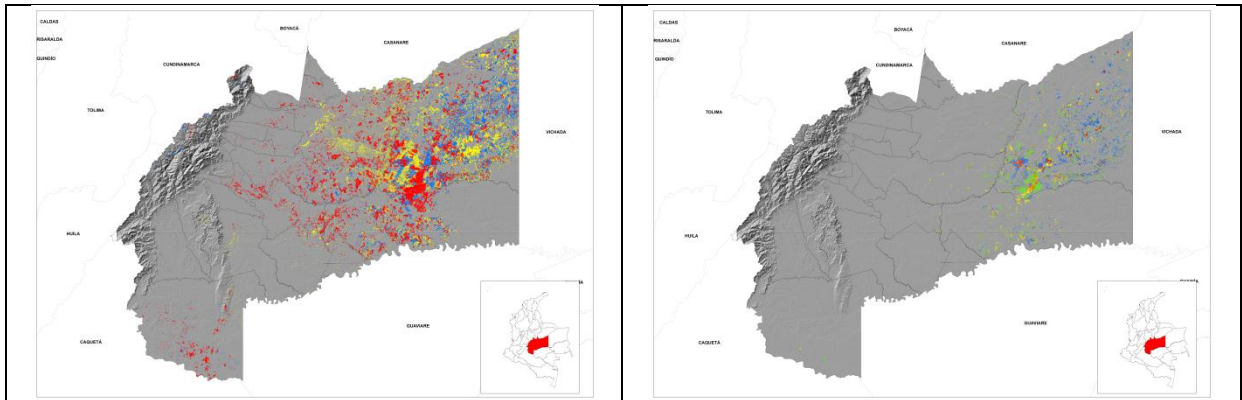
Figura 41 Resultado de los diferentes ejercicios realizados, áreas quemadas en los años 2004 (494.027,6 ha), 2008 (350.285,3 ha) y 2016 (467.986,6 ha) para el departamento del Meta.



Fuente: Elaboración propia, 2016

Lo primero fue realizar un cruce entre los mismos resultados para determinar en qué áreas ocurren los mismos incendios como se muestra en la *Figura 42*.

Figura 42 Comparación de los diferentes resultados: 2004 Azul, 2008 Amarillo y 2016 rojo (derecha) y cruce de los resultados obtenidos: 2004 y 2008 Azul, 2004 y 2016 Verde, 2008 y 2016 Amarillo, 2004, 2008 y 2016 Rojo (izquierda)



Fuente: Elaboración propia, 2016

El departamento del Meta tiene un área de 85.551,24 Km Cuadrados, los cuales fueron afectados por incendios forestales en un 5,77% de área en el año 2004, 4,09% en 2008 y 5,47% en 2016. Para los años 2004 y 2016 el área en común que se quemó fue de 58.883,97 ha que representa el 0,69% del área del departamento. Para los años 2004 y 2008 las áreas quemadas fueron 86.877,61 ha aproximadamente un 1,02% del área del departamento. Para 2008 y 2016 las áreas que coinciden fueron 46.159,32 ha un 0,54% del área del departamento y por último las áreas coincidentes en los años 2004, 2008 y 2016 29.378,40 un 0,34% del área del departamento. (Ver

Tabla 30 Comparación de porcentajes de áreas quemadas por municipio vs periodo de años y cruces)

Tabla 30 Comparación de porcentajes de áreas quemadas por municipio vs periodo de años y cruces

Municipio	2004	2008	2016	2004 y 2008	2004 y 2016	2008 y 2016	2004, 2008 y 2016
ACACÍAS	0,00%	0,45%	0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
BARRANCA DE UPÍA	0,49%	0,00%	0,30%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CABUYARO	0,58%	0,00%	2,66%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CASTILLA LA NUEVA	0,00%	0,00%	1,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CUBARRAL	0,00%	1,22%	0,62%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
CUMARAL	0,04%	0,00%	2,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
EL CALVARIO	0,02%	0,65%	1,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%
EL CASTILLO	0,00%	0,06%	0,10%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
EL DORADO	0,00%	0,00%	0,12%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
FUENTE DE ORO	0,00%	0,00%	12,55%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
GRANADA	0,00%	0,00%	5,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
GUAMAL	0,00%	0,68%	1,16%	0,00%	0,00%	0,03%	0,00%
LA MACARENA	0,17%	0,30%	2,01%	0,00%	0,04%	0,01%	0,00%
LEJANÍAS	0,00%	0,10%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
MAPIRIPÁN	2,69%	2,50%	5,69%	0,60%	0,66%	0,72%	0,18%
MESETAS	0,15%	0,00%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
PUERTO CONCORDIA	0,86%	0,22%	1,76%	0,01%	0,04%	0,02%	0,00%
PUERTO GAITÁN	12,15%	8,00%	5,77%	4,57%	2,72%	1,98%	1,56%
PUERTO LÓPEZ	7,01%	0,51%	7,13%	0,05%	0,16%	0,15%	0,01%
PUERTO LLERAS	0,82%	0,30%	4,86%	0,02%	0,14%	0,08%	0,01%
PUERTO RICO	0,83%	0,07%	0,76%	0,00%	0,04%	0,00%	0,00%
RESTREPO	0,00%	0,00%	0,86%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SAN CARLOS DE GUAROA	0,00%	0,00%	0,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SAN JUAN DE ARAMA	0,00%	0,02%	0,18%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SAN JUANITO	0,00%	0,57%	1,97%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
SAN MARTÍN	2,94%	1,40%	9,68%	0,07%	0,34%	0,34%	0,05%
URIBE	0,00%	0,09%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
VILLAVICENCIO	0,05%	0,11%	1,62%	0,00%	0,00%	0,01%	0,00%
VISTAHERMOSA	0,44%	0,00%	0,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total general	3,73%	2,20%	3,90%	1,02%	0,69%	0,54%	0,34%

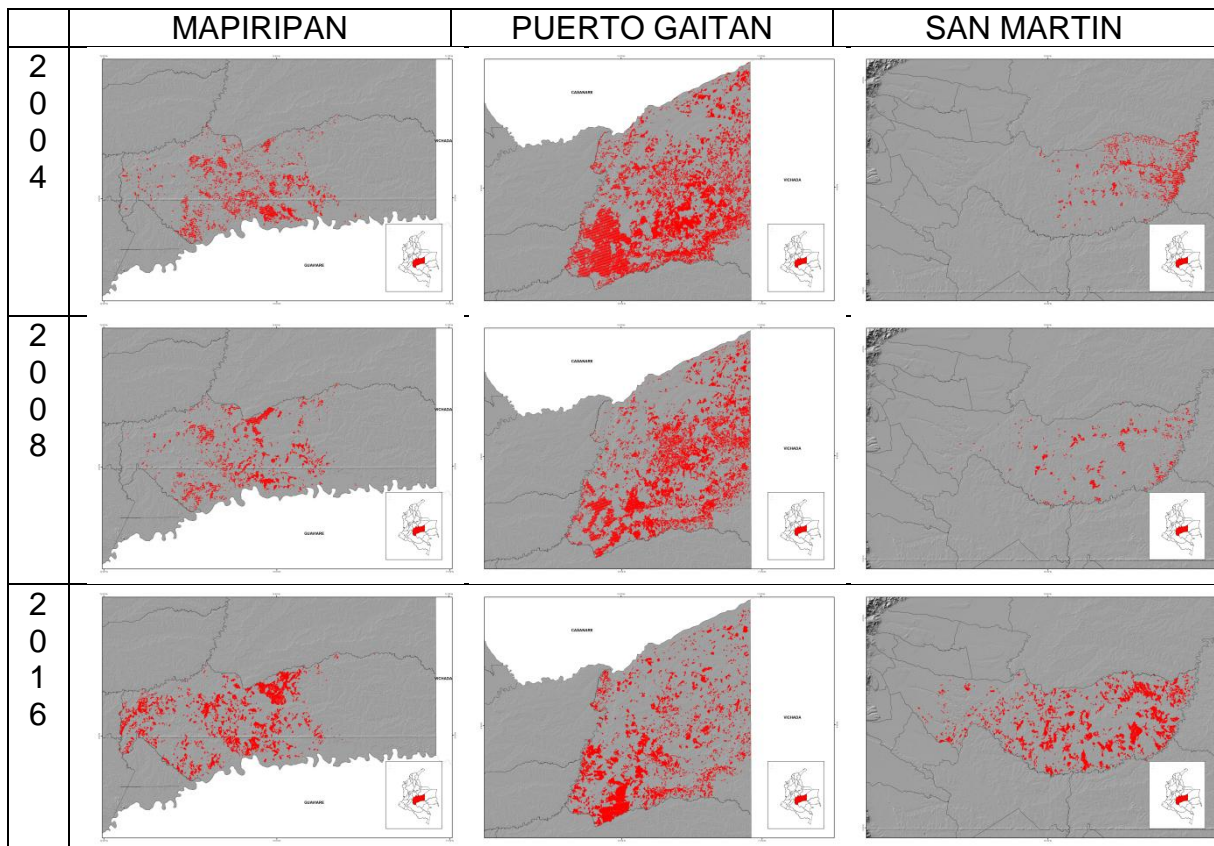
Fuente: Elaboración propia, 2016

Como se observa en la

Tabla 30, municipios como Puerto Gaitán (El más Grande del departamento) presentan un 1.56 % de áreas comunes quemadas en los 3 períodos de años analizados. Así mismo, le siguen Mapiripán con 0.18% y San Martín 0.05%, los cuales a su vez son municipios con bastante área en el departamento. Solo estos 3 municipios suman un 41.1% del total del área del departamento (Ver Figura 43 Municipios de Mapiripán, Puerto Gaitán y San Martín vs áreas quemadas en el año 2004, 2008 y 2016.

Puerto Gaitán encabeza las estadísticas en los períodos analizados, en cuanto a superficie afectada; en Puerto Gaitán se queman año tras año, aproximadamente 300.000 ha de la superficie total que arde en todo el Meta.

Figura 43 Municipios de Mapiripán, Puerto Gaitán y San Martín vs áreas quemadas en el año 2004, 2008 y 2016.



Fuente: Elaboración propia, 2016

En el análisis de la evolución temporal de los incendios forestales resulta especialmente importante hacer referencia a los grandes incendios, aquellos que afectan a una superficie total igual o superior a 500 hectáreas. Se trata de los eventos menos frecuentes, afortunadamente, pero también los más devastadores, con efectos críticos sobre la cubierta vegetal y el suelo (al alcanzarse las mayores temperaturas), la contaminación del aire y la pérdida de vidas humanas.

Debido a la acción combinada de una serie de factores ambientales y socio-económicos que han configurado un escenario en el que los incendios no sólo son más probables, sino que, cuando se inician, son más difíciles de detener (Prieto, 1989), un pequeño número de incendios escapa cada año a las labores de control, arrasando extensas superficies y provocando importantes daños desde el punto de vista económico y ecológico. Podemos evidenciar que el fenómeno áreas quemadas afecta con mayor intensidad a las Comunidades de la parte oriental del departamento del Meta, y esto puede ser debido a sus condiciones socio-económicas y culturales que determinan la ocurrencia de incendios en esta región.

8. IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS DE INTERVENCIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE ÁREAS QUEMADAS

Los incendios de la cobertura vegetal generan una importante alteración de los ecosistemas forestales, en términos de su desarrollo y contribución en la configuración del paisaje. Sin embargo la magnitud y/o frecuencia de algunos incendios, hacen que los sistemas forestales se limiten en su desarrollo sostenible, como consecuencia de la alteración de los ciclos de regeneración natural y la generación de procesos erosivos que degradan su potencialidad biológica.

Es importante mencionar los efectos negativos sobre el suelo, generados por la ocurrencia de incendios forestales en un territorio, con el fin de generar las medidas necesarias para su recuperación, entre estos efectos encontramos:

1. Pérdida de horizontes humíferos
2. Menor agregación del suelo.
3. Disminución de la cantidad de materia orgánica.
4. Pérdida de nutrientes.
5. Disminución de la rugosidad superficial

6. Reducción de la infiltración del agua de las lluvias.
7. Aumento de la escorrentía superficial del suelo.
8. Menor porosidad del suelo
9. Mayor evaporación de las capas superficiales
10. Disminución de los intercambios gaseosos
11. Disminución de la capa productiva

En resumen, los incendios forestales dañan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Así mismo y como se mencionó anteriormente la ocurrencia de incendios de la cobertura general desencadena la generación de procesos erosivos que a su vez acarrearán consecuencias tan negativas como:

1. Pérdida de tierra fértil y elementos vegetales vivos.
2. Contaminación de aguas superficiales y subterráneas.
3. Aterramiento de cultivos e infraestructuras agrarias.
4. Creación/desaparición de cursos de agua.
5. Disminución de la recarga de los acuíferos.
6. Desaparición de acuíferos.

En este sentido, se hace necesario el diseño e implementación de medidas de intervención necesarias para el restablecimiento de áreas quemadas a través de la planificación de la restauración de áreas incendiadas, las actuaciones en las primeras fases post-incendio, la recuperación de áreas quemadas (a través de recuperación de los suelos y el establecimiento de la cobertura vegetal) y la evaluación y seguimiento de la restauración de áreas quemadas.

8.1. Medidas de Intervención en la planificación de la restauración de áreas incendiadas

8.1.1. Los planes de restauración de áreas quemadas

Los planes de restauración de áreas quemadas hacen parte del grupo de instrumentos de planificación que buscan por un lado, devolver a los bosques afectados por el fuego la estructura y el funcionamiento que presentaban con anterioridad de la ocurrencia del evento, y por el otro convertirlos en áreas más resistentes a futuras perturbaciones que se puedan presentar.

De esta forma se recomienda que dentro de los protocolos e instrumentos diseñados por parte de la Oficina de Gestión del Riesgo Departamental se diseñe e implemente este instrumento teniendo en cuenta los lineamientos contenidos en la Tabla 31.

Tabla 31 Lineamientos Planes de restauración de áreas quemadas

Lineamiento	Descripción
Objetivos de la restauración	Analizar los objetivos de la gestión forestal, en función de la demanda actual de la sociedad sobre los productos y servicios del monte, y considerarlos en las medidas de restauración. Promover la participación de los distintos grupos de interés en la definición de los objetivos de restauración.
Estudio de las características del incendio y del ecosistema afectado	Definir la imagen objetivo, o la condición de referencia relativa a la masa forestal que se pretende recuperar, a partir del tipo de bosque existente antes del incendio y del que potencialmente corresponde a la zona. Proyectar la restauración basándose en estudios precisos de las características bióticas del medio tras el incendio, así como de la capacidad de recuperación de las distintas especies.
Capacidad de regeneración natural	Analizar la capacidad de regeneración natural del ecosistema tras el paso del fuego y definir distintos tratamientos en el área afectada en función de las capacidades de recuperación del rodal. Priorizar las actuaciones de revegetación sobre aquellas comunidades en las que la probabilidad de perpetuarse sean bajas o en aquellas zonas donde las tasas de sucesión ecológica sean lentas.

Fuente: WWF, 2012

8.1.2. Inventario de regeneración

Es importante tener un conocimiento mínimo del estado en el que se halla la zona de estudio una vez ocurrido el incendio con el fin de ser analizado y tomar las

decisiones pertinentes para caso, en otras palabras, se debe establecer el estado de regeneración en el que se encuentran las zonas, y de esta forma decidir, diseñar e implementar las medidas pertinentes y necesarias, para dar inicio a su restauración y así disminuir los procesos de degradación.

Para desarrollar lo anterior es indispensable identificar diferentes unidades homogéneas de regeneración, que posean como factor común un determinado tipo de regenerado, en las que teniendo en cuenta otros factores (suelos, pendientes, insolación, humedad disponible), posteriormente se desarrollen las medidas necesarias para su intervención.

La definición de las unidades homogéneas se basa en los resultados obtenidos de la realización de un Inventario de regeneración. La elaboración de este inventario se fundamenta en un reconocimiento y observación directos en campo, de los cuales resultan los diferentes tipos de regeneración (Ministerio de Medio Ambiente y medio rural y marino, 2008).

8.2. Medidas de intervención para la recuperación áreas quemadas

Una vez se identifiquen las zonas quemadas se procederá a establecer las intervenciones necesarias para el restablecimiento tanto de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, en la medida de lo posible, como la recuperación de la masa forestal y la funcionalidad del ecosistema y por ende la estabilidad del terreno. En este sentido la WWF de España recomienda las actuaciones enunciadas en la Tabla 32..

Tabla 32 Medidas de Intervención para la recuperación áreas quemadas

Medida	Descripción
Resalveos y realzes	Seleccionar los brotes de cepa más vigorosos de las especies rebrotadas, para favorecer el desarrollo del monte hacia estructuras más maduras (portes arbustivos y arbolados). Los brotes seleccionados serán a su vez podados ligeramente.

Podas	<p>Cortar las ramas enfermas o muertas de los individuos afectados favorece la mejora sanitaria de la masa residual tras el incendio. Esta actuación debe hacerse con la máxima sensibilidad, pues los individuos debilitados acusan las podas de forma importante</p>
Desbroces selectivos	<p>Desbrozar de forma selectiva y manualmente las especies de matorral heliófilo o las herbáceas, que puedan asfixiar por competencia al regenerado de arbolado o matorral.</p> <p>Con carácter general, la conservación del suelo favorece la regeneración natural; sin embargo, en ocasiones es necesario desbrozar alrededor de los brotes de las especies que interese favorecer.</p>
Preparación del terreno	<p>Minimizar los trabajos mecanizados para la preparación del terreno, con el fin de evitar impactos negativos sobre los frágiles suelos quemados.</p> <p>Evitar la eliminación de las terrazas usadas en repoblaciones forestales de mediados del siglo pasado, máxime si dicha eliminación se realiza siguiendo la línea de máxima pendiente, o en zonas donde aparece regenerado natural. Independientemente de la justificación técnica que en su momento motivó la construcción de la terraza, la remoción de la misma tendría unas consecuencias enormemente graves sobre la conservación del suelo.</p> <p>Evitar el destocoado con maquinaria pesada, en el caso de que se opte por una sustitución de especies.</p> <p>Trazar microcuencas para incrementar la disponibilidad de agua a los plantones. Esta técnica consiste en la realización de pequeñas canalizaciones con regueros laterales que aumentan la superficie de captación de agua.</p>
Repoblación	<p>Acometer la repoblación, en aquellos rodales en los que la regeneración natural no ha sido óptima, bien por defecto en cantidad, bien porque las especies que regeneraron no son las más apropiadas.</p> <p>Fijar el objetivo de la repoblación en cada rodal: incrementar la densidad de especies presentes (densificación) o potenciar la diversidad con especies distintas a las existentes (enriquecimiento).</p> <p>Seleccionar las especies, en función del objetivo de la repoblación y de la compatibilidad con las características del suelo tras las llamas, y definir la densidad inicial de la plantación, en función de la afección que presente la masa.</p> <p>Evitar plantaciones monoespecíficas, en beneficio de masas mixtas autóctonas potenciales de la zona, que favorezca la biodiversidad y la regeneración del paisaje.</p>
Siembras	<p>Promover siembras manuales, tanto en zonas donde la introducción de maquinaria para la preparación del terreno sea cuestionable, bien por las condiciones del suelo, bien por la aparición de regenerado natural que pueda ser dañado, como en áreas en las que el coste de</p>

	las plantaciones manuales hagan a éstas viables desde el punto de vista económico.
--	--

Fuente: WWF, 2012

9. CONCLUSIONES

La comparación entre la estimación de áreas quemadas en el Departamento del Meta, para el año 2007, frente a la detección de fuegos activos permite suponer un importante grado de complementariedad entre las dos herramientas. Por una parte, los fuegos activos permiten tener un criterio de primera mano en tiempo cercano al real de la ocurrencia de una quema o incendio.

Las imágenes Landsat permiten confrontar estos reportes con una alta confiabilidad y a bajo costo, no obstante, las imágenes Landsat sólo son publicadas una vez han sido procesadas a cierto nivel, lo cual toma entre dos y cuatro meses. Los errores de las imágenes (efecto persiana) provocan cierto grado de subestimación de la superficie quemada, aunque no limitan del todo la detección.

La confrontación de los datos reportados a CORMACARENA por los diferentes cuerpos de bomberos permite sugerir que los reportes de campo se encuentran por debajo de lo realmente ocurrido. Lo anterior tiene diferentes causas: Primero, los cuerpos de bomberos atienden los eventos que tienen una connotación de

desastre o emergencia. No todas las quemadas observadas en la imagen tienen esa característica. Segundo, la capacidad de medición de grandes eventos. Eventos individuales de extensión considerable (probablemente más allá de 500ha) no pueden ser medidos con precisión con instrumentos de campo.

Se puede concluir que los datos obtenidos por los diferentes entes gubernamentales presentan deficiencias en cuanto, a la definición del tipo de causas que incidieron en el desarrollo de estos eventos, poca caracterización del tipo de cobertura vegetal afectada, desconocimiento de cómo se miden las áreas de afectación, localización exacta del sitio del evento y precisión en cuanto a la fecha del evento.

Las instituciones encargadas de capacitación, prevención y atención, de los incendios de la cobertura vegetal, deben adoptar los mecanismos para crear la cultura de información.

La información generada a partir de los datos de incendios en la cobertura vegetal, depende principalmente de los reportes que elaboren las instituciones de atención, es por esto, que se debe crear una cultura de información de manera eficiente y eficaz, que se revierta en el conocimiento de la verdadera problemática de los incendios de la cobertura vegetal en Colombia.

Las instituciones que reportan los datos, deben adoptar mecanismos de verificación en cuanto a la medición de las áreas afectadas por los incendios, y describir cuál es la metodología empleada para medir dichas áreas.

El conocimiento acerca de las causas de los incendios de la cobertura vegetal en el Meta es muy importante, por lo que se debe investigar y profundizar en este tema, y de esta manera proponer medidas de educación que permitan minimizar en parte la ocurrencia de estos eventos.

Las imágenes obtenidas del sensor LANDSAT 8 pueden ser consideradas como alternativa adecuada para realizar estudios y cartografía de áreas quemadas, gracias a su elevada resolución espacial y la abundante información que proporcionan en la zona del SWIR, la cual permite eliminar gran parte de las confusiones que se producen entre la zona quemada y otras cubiertas como sombras de nubes y cuerpos de agua.

Asimismo, quedo en evidencia que optar por aquellos índices que incorporen información en las zonas del IRC/SWIR, entregan mejores resultados que los que emplean el tradicional espacio VIS/IRC: esto porque la primera región ha demostrado ser más efectiva al presentar un mayor reflectancia sobre la superficie quemada y porque presenta una reducción en la dispersión atmosférica (Pereira et al., 1999; Csiszar, et al., 2004).

Entre los índices espectrales, el NBR muestra su alta potencialidad para discriminar superficies afectadas por incendios forestales frente a otras cubiertas que no presentan daños (Key y Benson, 1999; Miller y Yool, 2002).

Los errores de omisión se pueden atribuir a la elección de un valor de límite de umbral muy elevado, la presencia de píxeles mixtos en el borde del perímetro y a la gran diferencia temporal existente entre la fecha de ocurrencia del incendio y la fecha de adquisición de la imagen (7 meses aprox.), permitiendo una posible regeneración de zonas que no fueron afectadas severamente por el fuego.

El tiempo transcurrido desde la actividad de quema es uno de los factores más influyentes en las características espectrales de las cubiertas quemadas, ya que evolucionan mostrando una clara diferencia entre efectos a corto y largo plazo en la interpretación de las imágenes.

El conocimiento de las características espectrales de las áreas quemadas es un factor crítico a la hora de afrontar la cartografía a partir de imágenes de satélite.

El procesamiento digital de imágenes satelitales permite elaborar información derivada de las bandas originales, resaltando en nuestro caso particular las áreas afectadas por las quemas, las que son posibles discriminar con precisión en función de la respuesta espectral de la vegetación quemada.

Los resultados obtenidos mediante los índices trabajados presentó alguna dificultad puesto que la respuesta de las coberturas de agua, suelos saturados y otros tipos de vegetación evitan una respuesta factible y sólida, debido a que estos índices han sido trabajados extensamente en los sensores TM y ETM+ del Landsat y poco desarrollado en el sensor OLI/TIRS por ser cuasi nuevo en el ámbito de desarrollo. Por tal motivo, aún se recurre a la fotointerpretación de las áreas de quemas.

Finalmente, en casos de incendios de difícil acceso se hace evidente la utilidad de los datos proporcionados por sensores satelitales para la estimación de superficies quemadas, pues entregan buenas aproximaciones a las superficies afectadas, aportando datos de calidad para un adecuado registro estadístico y posibilitando el análisis de la evolución de las superficies quemadas, la planificación y medición de la efectividad de los programas de prevención a través del tiempo.

10.RECOMENDACIONES

Profundizar la utilización de los índices trabajados para la determinación de umbrales, puesto la mayoría de los índices han sido trabajados en imágenes Landsat para los sensores TM y ETM+, mas no hay estudios significativos respecto al sensor OLI/TIRS.

Tener una definición característica en el terreno sobre la respuesta espectral en lo que respecta a áreas de quema. Esto con el fin de ayudar en la asignación de

áreas de entrenamiento y su respectiva clasificación por lo que al ser áreas orientadas a la agricultura u otra actividad antrópica seguida de esta, se necesita entrenar de manera más compleja, la cual permita realizar una metodología básica y replicable a través del tiempo.

En particular, se requiere fortalecer las capacidades nacionales en sistemas de información geográfica y de monitoreo, así como construir una base confiable de información de uso y cambio de uso de suelo, acordar metodología para nuevos mapas de cobertura, determinar áreas históricas de incendios forestales y realizar un inventario nacional.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se puede afirmar que la metodología propuesta es válida para calcular áreas de zonas quemadas en grandes incendios de forma general, aunque no permite obtener una precisión elevada.

La contrapartida es que al emplear esta forma de trabajo solo es necesario disponer de una imagen posterior a la fecha del incendio. Por lo tanto, si se analiza la relación precisión en la detección del área dañada vs. [Información](#) necesaria para estimarla, la metodología propuesta es una buena alternativa frente a otros métodos de trabajo existentes.

BIBLIOGRAFIA

Bastarrika, A. 2009. Cartografía automática de área quemada a nivel local-regional mediante algoritmos de contexto espacial. Tesis Doctoral, Universidad de Alcalá de Henares, Madrid, España. 293 p.

Bealward, A.S. y Valenzuela, C.R. 1991. Remote Sensing and Geographical Information Systems for Resources Managements in developing Countries. Euro Courses, Remote Sensing, I. Kluwer Academic Publishers for the Commission of the European Communities. The Netherlands, 506 pp.

Cots. R., Cardona.,E. y Foster. I. (2007). Análisis de la superficie afectada por el fuego en el departamento de Pando en el año 2005 a partir de la clasificación de imágenes del satélite CBERS. XIII Simposio Brasileiro de Sensoramiento Remoto, Florianópolis, Brasil. pp 835-842

Chuvienco, E. S 1996. Fundamentos de Teledetección espacial. Ediciones Rialp. Madrid España

Chuvieco E (1999) Introduction. In 'Remote sensing of large wildfires in the European Mediterranean basin'. (Ed. E Chuvieco) pp. 1-3. (Springer: Berlin).

Chuvieco E, Martin Mp, Palacios A (2002) Assessment of different spectral indices in the red – near-infrared spectral domain for burned land discrimination. *International Journal of Remote Sensing* 23, 5103-5110.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. DANE. (2015). Informe de Coyuntura Económica Regional. DANE-Banco de la República

Departamento Nacional de Planeación. (2011). Visión Meta 2032. Territorio Integrado e Innovador. Imprenta Nacional de Colombia. Bogotá.

DIORTECU. 2009. Mapa de Vegetación de Santa Cruz-Bolivia (Shapefile). Dirección de Ordenamiento Territorial. Santa Cruz, Bolivia. Fernández-Manzo, Ó, C. Quintano y A. Fernández-Manzo. 2009.

DIRENA. 2006. Programa estratégico de prevención y control de incendios forestales en el departamento de Santa Cruz. Documento técnico. SATIF. Santa Cruz, Bolivia.

Euscátegui, C., & Hurtado, G. (2011). Análisis del impacto del fenómeno “La Niña” 2010-2011 en la hidroclimatología del país. *Ideam*, (20), 32.

García, M y E. Chuvieco. (2004). Assessment of the potential of SAC-C/MMRS imagery for mapping burned areas in Spain. *Remote Sensing of Environment* 92: 414-423

Holden, Z., Smith, A., Morgan. P., Rollins, M y Gessler, P. (2005). Evaluation of novel thermally enhanced spectral indices for mapping fire perimeters and

comparisons with fire atlas data. *International Journal of Remote Sensing*. Vol 26. 21. pp 4801-4808.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2004) *El Meta Un Tierra de Oportunidades*. Subdirección de Geografía y Cartografía. Bogotá. pp 23-81

Jardel, E.J., R. Ramírez V., A. Saldaña A. et al. 2001 a. "Manejo del fuego y restauración ecológica en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán". *Memorias del V Congreso Mexicano de Recursos Forestales*". 7-9 de noviembre de 2001. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A.C. y Universidad de Guadalajara (CUCBA). Guadalajara, Jal.

Jensen J. R. "Introductory Digital Image Processing". 2th Edition Prentice Hall, New Jersey (1996)

Killeen, T. J, Villegas Z, Soria L y Soares-Filho B. 2005. *Tendencias de la deforestación en los Municipios de San Javier y Concepción*. MHNNKM. Santa Cruz.Bolivia.

Labrador, M., J. A. Évora & M. Arbelo. 2012. *Satélites de Teledetección para la Gestión del Territorio*. Proyecto SATELMAC. Canarias, España.

Loboda, T., O'neal. K, y Csiszar. I. (2007). Regionally adaptable dNBR-based algorithm for burned area zapping from MODIS data. *Remote Sensing of Environment*. pp 429-442

Martin Mp, Gomez I, Chuvieco E (2006) Burnt Area Index (BAIM) for burned area discrimination at regional scale using MODIS data. *Forest Ecology and Management* 234S, S221.

Martínez F, A. P. (2004). Tratamiento de señales digitales mediante wavelets y su uso con matlab. Valencia: Club universitario.

Miller, J. Yool, S. (2002). Mapping forest post-fire canopy consumption in several overstory types using multi-temporal Landsat TM and ETM data. Remote Sensing of Environment. 82. 481-496 pp

Michalijos, M. P., & Uboldi, J. (2013). Propuesta metodológica para la evaluación de áreas afectadas por incendios mediante el uso de imágenes satelitales (Sierra de la Ventana, Argentina). Revista de Geografía Norte Grande, 234(56), 223–234.

Ministerio De Medio Ambiente (2006) Incendios forestales en Espana 2006. Avance Informativo. Madrid, Spain. <http://www.incendiosforestales.org>.

Navarro Cerrillo, R., Hayas, A., García-Ferrer, A., Hernández, R., Duhalde. P y González. L. (2008). Caracterización de la situación post-incendio en el área afectada por el incendio de 2005 en el Parque Nacional de Torres del Paine (Chile) a partir de imágenes multiespectrales. Revista Chilena de Historia Natural. Vol 81. N1. pp 95-110.

Nikolakoupoulos, K. (2003). Use of Vegetation Indexes with ASTER VNIR data for burnt areas detection in Western Peloponnese, Greece. Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS (03). Proceedings IEEE International. V5. pp 3287-3289.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2005). Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales de 2005 Roma

Pausas, J. G. 2012. Incendios Forestales, una introducción a la ecología del fuego. Catarata y CSIC. España 128 p.

Pereira, M. C. y A. W. Setzer .1993. Spectral characteristics of deforestation fires in NOAA-AVHRRimages. *International Journal of Remote Sensing* 14: 583-597.

Pereira, J.M.C., Sa, A.C.L., Sousa, A.M.O., Silva, J.M.N., Santos, T.N. & Carreiras, J.M.B. (1999b). Spectral characterisation and discrimination of burnt areas. In: E. Chuvieco (Ed.). *Remote Sensing of Large Wildfires in the European Mediterranean Basin*. Springer-Verlag, Berlin. 123-138.

Pinilla, C. "Elementos de Teledetección". Ra-Ma., Madrid (1995)

PNUD. (2014). Diagnóstico Socioeconómico del Departamento del Meta. Estrategia Territorial para la Gestión Equitativa y Sostenible del Sector de Hidrocarburos. Bogotá.

Posada, E. (2012). Manual de prácticas de percepción remota con el programa ERDAS IMAGINE 2011. Bogotá, Colombia: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Recuperado el Marzo de 201

Quintano, C., J. Delgado, O. Fernández, J. Ramírez y A Fernandez-Manzo. 2003. Estimación del área quemada por incendios forestales empleando el modelo de Mezclas Espectrales desde una perspectiva Multitemporal. *Teledetección y Desarrollo Rural*. X Congreso de Teledetección. Caceres, España.

Red de Observatorios Regionales de Mercado del Trabajo ORMET. (2012) Diagnóstico socioeconómico y del mercado de trabajo Departamento del Meta. Bogotá.

Rodríguez Montellano, A. 2012. Cartografía multitemporal de quemas e incendios forestales en Bolivia: Detección y validación post-incendio. *Ecología en Bolivia* 47(1): 53-71.

Roy, D., P. E. Lewis & C. O. Justice. 2002. Burned area mapping using multi-temporal moderate spatial resolution data bi-directional reflectance model-based expectation approach. *Remote Sensing of Environment* 83: 263-286.

Santis, A. y Vaughan, P. (2 Marzo 2009). Revisión de las técnicas de identificación cartográfica de áreas quemadas, 2009(05),p.93–100, IBADER- Universidad de Santiago de Compostela.

Smith, A., Drake, N., Wooster, M., Hudak, A., Holden, A. y Gibbons, C. (2007). Production of Landsat ETM+ reference imagery of burned areas within Southern African savannahs: comparisons of methods and applications to MODIS. *International Journal of Remote Sensing*. Vol 28. N 10. pp 2753-2775

UNILLANOS. (2005). Diagnóstico General del Meta. Centro de extensión académica facultad de artes Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

Velásquez, A., Durán, M. M., Mafla, J. M., Giraldo Ossa, C., & Hiles, X. (2009). El Niño y La Niña. Atlas de Las Dinámicas Del Territorio Andino: Población Y Bienes Expuestos a Amenazas Naturales., 150–155.

Walters, C.J. y C.S. Holling. 1990. Large-scale management experiments and learning by doing. *Ecology* 71: 2060 - 2068

ZERDA H. 2005. Percepción remota y SIG en la planificación y la gestión ambiental. En: Santiago del Estero: una mirada ambiental. Giannuzo A. y Ludueña M. (comp.), págs. 333-354. Ed. Universidad Nacional de Santiago del Estero, Santiago del Estero, Argentina.

<https://es.slideshare.net/FundacionBancoSantander/criterios-de-restauracin-zonas-incendiadas> <https://doi.org/10.4067/S0718-34022013000300012>

