

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CESAR  
- CORPOCESAR -**



**MAPA DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES  
EN EL DEPARTAMENTO DEL CESAR**

---

ELABORADO POR:



**Ingeniería y Consultoría Rojas, Martínez, Acuña, Pérez  
INGCORMAP LTDA.**

**Julio de 2011**



Elaboración del mapa de riesgo por incendios forestales  
Departamento del Cesar  
Contrato # 19-6-0129-0-2010





<b>1</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>GENERALIDADES</b> .....	<b>9</b>
2.1	RESEÑA HISTÓRICO-GEOGRÁFICA DEL DEPARTAMENTO.....	9
2.1.1	<i>Breve reseña histórica</i> .....	11
2.1.2	<i>Fisiografía</i> .....	11
2.1.3	<i>Hidrografía</i> .....	12
2.1.4	<i>Organización Político Administrativa</i> .....	12
2.1.5	<i>Demografía</i> .....	13
2.1.6	<i>Economía</i> .....	14
2.1.7	<i>Transporte</i> .....	14
2.1.8	<i>Características Físicas</i> .....	15
2.1.8.1	<i>Eco Regiones</i> .....	15
2.1.8.2	<i>Biomás</i> .....	19
2.1.8.3	<i>Zonas de Vida</i> .....	20
2.2	OBJETIVOS.....	23
2.2.1	<i>Objetivo General</i> .....	23
2.2.2	<i>Objetivos específicos</i> .....	23
2.3	ALCANCE .....	23
2.4	LOS INCENDIOS FORESTALES EN COLOMBIA Y EL DEPARTAMENTO DEL CESAR (FRECUENCIA Y ESPACIALIDAD) .....	24
2.5	NORMATIVIDAD VIGENTE EN EL PAÍS .....	37
2.6	MARCO CONCEPTUAL.....	38
2.6.1	<i>Conceptos referentes a amenaza, vulnerabilidad y riesgo</i> .....	38
<b>3</b>	<b>AMENAZA</b> .....	<b>40</b>



3.1	SUSCEPTIBILIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL .....	40
3.1.1	<i>Clases de coberturas y su espacialidad</i> .....	40
3.1.2	<i>Tipos de combustible y carga total de combustible</i> .....	48
3.1.2.1	Duración del tipo de combustible dominante .....	48
3.1.2.2	Resultados .....	52
3.1.3	<i>Biomasa</i> .....	53
3.1.3.2	Análisis del estado de los bosques basado en los histogramas de clases diamétricas .....	56
3.1.4	<i>Suceptibilidad de la cobertura y causalidad</i> .....	58
3.1.5	<i>Capacidad pirogénica de la vegetación del departamento.</i> .....	60
3.2	ÍNDICE DE VEGETACIÓN DE DIFERENCIA NORMALIZADA NDVI .....	61
3.3	MAPA DE DURACIÓN DE LA COMBUSTIÓN .....	64
3.3.1.1	BIOMASA .....	68
3.3.2	<i>MEDICIÓN DE BIOMASA EN SABANAS</i> .....	70
3.4	GENERACIÓN DEL MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD DE LA VEGETACIÓN A INCENDIOS .....	70
3.4.1	<i>Evaluación de la Fragmentación</i> .....	72
3.4.1.1	Análisis descriptivo preliminar .....	74
3.4.1.2	Análisis Espacial de Fragmentación del paisaje .....	74
3.4.1.3	Relación entre la distribución de la cobertura vegetal y los puntos de fuegos .....	74
3.4.1.4	Resultados y análisis.....	76
3.4.1.5	Análisis espacial de fragmentación del paisaje .....	79
3.4.1.6	Relación entre los diferentes biomas y ecosistemas con los puntos de fuegos .....	80
3.5	CLIMA .....	84
3.6	CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA CALDAS – LANG.....	89



<b>TABLA 1. RESUMEN MODELO CLIMÁTICO DE CALDAS.....</b>	<b>89</b>
<b>TABLA 2. CLASES DE CLIMA SEGÚN LANG .....</b>	<b>90</b>
<b>TABLA 3. TIPOS CLIMÁTICOS SISTEMA CALDAS – LANG .....</b>	<b>90</b>
<b>4 CLIMATOLOGÍA .....</b>	<b>91</b>
4.1 PRECIPITACIÓN .....	91
4.2 TEMPERATURA .....	95
4.3 EVAPORACIÓN, HUMEDAD RELATIVA, BRILLO SOLAR, NUBOSIDAD Y RECORRIDO DEL VIENTO.....	102
4.3.1 <i>Evaporación</i> .....	103
4.3.2 <i>Humedad Relativa</i> .....	104
4.3.3 <i>Brillo Solar</i> .....	105
4.3.4 <i>Nubosidad</i> .....	106
4.3.5 <i>Recorrido del Viento</i> .....	108
4.4 EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL . .....	109
4.5 CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA SEGÚN CALDAS - LANG.....	111
<b>5 VARIABLES DE INFLUENCIA EN LA POSIBILIDAD DE OCURRENCIA DE INCENDIOS .....</b>	<b>113</b>
5.1 DÉFICIT Y EXCESOS HÍDRICOS .....	113
5.2 ANÁLISIS ESPACIAL DE ACCESIBILIDAD Y HÁBITAT RURAL.....	119
5.2.1 <i>Sistemas de Asentamientos</i> .....	120
5.2.1.1 Índice Rn.- .....	120
5.2.1.2 Centro de Gravedad Simple: .....	122
5.2.1.3 Centro de Gravedad Ponderado:.....	122
5.2.1.4 Desviación típica de las distancias.- .....	123
5.2.1.5 Radio Dinámico.- .....	123



5.2.2	<i>Hábitat Rural</i> .....	126
5.2.2.1	Indice de Demageon.....	126
5.2.2.2	Indice de Colas. ....	127
5.2.2.3	Indice de Bernard. ....	128
5.2.3	<i>Redes viales</i> .....	130
5.2.3.1	Indice de Rodeo y de Accesibilidad. ....	130
5.2.3.2	Densidad vial .....	135
<b>6</b>	<b>EVALUACIÓN DE LA AMENAZA</b> .....	<b>138</b>
6.1	INCORPORACIÓN DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS, Y ANTRÓPICAS .....	138
6.2	INCORPORACIÓN DE INFORMACIÓN DE CARÁCTER HISTÓRICO SOBRE LOS INCENDIOS FORESTALES EN LA EVALUACIÓN DE LA AMENAZA .....	139
6.3	ESPACIALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA AMENAZA POR INCENDIOS FORESTALES.....	142
6.3.1	<i>Municipios en zona de amenaza alta (Figura 66)</i> .....	147
6.3.2	<i>Municipios en zona naranja (Figura 67)</i> .....	148
6.3.3	<i>Municipios en zona amarilla (Figura 68)</i> .....	148
<b>7</b>	<b>DESCRIPCIÓN DE LA VULNERABILIDAD</b> .....	<b>152</b>
7.1	POBLACIÓN EXPUESTA .....	153
7.2	VULNERABILIDAD TERRITORIAL Y PATRIMONIO EXPUESTO (NATURAL, HISTÓRICO Y CULTURAL) .....	155
7.3	INFRAESTRUCTURA EXPUESTA (VÍAS, REDES ELÉCTRICAS, GASODUCTOS, POLIDUCTOS).....	157
7.3.1	<i>Vías</i> .....	157
7.3.2	<i>Energía eléctrica y gas natural domiciliario</i> .....	158
7.4	ECOSISTEMAS EXPUESTOS (IAVH) .....	158
7.5	SISTEMAS PRODUCTIVOS EXPUESTOS (AGICULTURA, GANADERÍA, MINERÍA).....	164



7.5.1	<i>Produccion Pecuaria Anualizada</i> .....	164
7.5.2	<i>Produccion Agricola</i> .....	165
7.6	VULNERABILIDAD INSTITUCIONAL (BOMBEROS, DEFENSA CIVIL Y CRUZ ROJA).....	167
7.7	VULNERABILIDAD GENERAL DEL DEPARTAMENTO DEL CESAR.....	170
7.8	MUNICIPIOS EN ALTAMENTE VULNERABLES ( <i>FIGURA 73</i> ) .....	170
7.9	MUNICIPIOS EN ZONA NARANJA O VULNERABILIDAD MEDIA ( <i>FIGURA 74</i> ) .....	173
7.10	MUNICIPIOS EN ZONA AMARILLA O VULNERABILIDAD BAJA ( <i>FIGURA 75</i> ) .....	173
<b>8</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL RIESGO</b> .....	<b>177</b>
8.1	MUNICIPIOS EN ZONA ROJA O DE ALTO RIESGO ( <i>FIGURA 57</i> ).....	177
8.2	MUNICIPIOS EN ZONA NARANJA ( <i>FIGURA 48</i> ).....	180
8.3	MUNICIPIOS EN ZONA AMARILLA ( <i>FIGURA 59</i> ).....	181
<b>9</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>184</b>
<b>10</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>187</b>
10.1.1	<i>Conceptos referentes al SIG</i> .....	189
10.2	MARCO DE REFERENCIA.....	199
10.2.1	<i>Uruguay</i> .....	202
10.2.2	<i>USA</i> .....	203
10.2.3	<i>Guatemala</i> .....	204
10.2.4	<i>Chile</i> .....	205
10.2.5	<i>Colombia</i> .....	206

## 1 INTRODUCCIÓN

El departamento del Cesar presenta una alta susceptibilidad al desarrollo de incendios forestales; son un factor muy importante en los cambios de uso del suelo y juegan un papel importante en la transformación y afectación de ecosistemas, las prácticas culturales (de las cuales se hablara en el presente estudio), los accidentes y los desarrollos naturales modifican día a día las tierras del departamento. Algunas cifras recientes calculan que el área quemada en la región representó 8.75% del total nacional (entre 2000 y 2011) (FIRMS - MODIS). En este sentido, y teniendo en cuenta que la composición de la atmosfera está controlada por procesos tanto naturales como antrópicos, la emisión de partículas por quema de biomasa vegetal representa una importante fuente de aerosoles atmosféricos y gases de efecto invernadero que puede resultar en impactos profundos en aspectos de radiación llegando a afectar incluso las tasas fotosintéticas de ecosistemas o las propiedades de las nubes (Di Bella et al. 2006).

Gran parte de los incendios generados en el departamento del Cesar, provocan una alteración de la biodiversidad de estos, impactan el suelo, el ciclo de nutrientes e incluso pueden llevar procesos erosivos hasta la desertificación (Díaz Delgado et al. 2003)

El presente estudio tiene como fin principal dotar a la administración y a los técnicos de la corporación autónoma regional de Cesar "CORPOCESAR" de una herramienta que permita actualizar y modelar los datos que a diario se reportan tanto en observatorios internacionales como en reportes locales, por ello estudiar la distribución en el tiempo y en el espacio de los incendios en el departamento puede ser de gran utilidad para desarrollar planes de prevención de incendios y mejorar la planificación y gestión de los recursos naturales. En este estudio se realiza una aproximación al estado de las condiciones atmosféricas incidentes en los incendios, la biomasa y las demás variables que puedan incidir en el desarrollo de estos fenómenos, su espacialidad y una comparación temporal y espacial de la frecuencia de focos de calor como indicador de incendios detectados para los diferentes tipos de vegetación en la jurisdicción de la corporación en aproximadamente los últimos 10 años. Esta información es de gran interés desde el punto de la gestión, ya que el conocimiento de la intensidad de los incendios en los diferentes municipios del departamento y en los diferentes años permite hacer unas primeras predicciones sobre los futuros regímenes de incendios.. Este trabajo analiza también si las diferentes figuras de manejo del territorio como son las áreas protegidas, resguardos indígenas, reservas forestales presentan patrones similares de incendios activos en comparación con el resto del territorio. Finalmente se muestra la variación intra anual de detección de focos de calor detectados a partir de las anomalías térmicas detectadas a partir de las imágenes MODIS y algunas cifras comparativas a nivel de departamentos y corporaciones autónomas regionales.

Tal como lo citan los términos de referencia que dieron base a este proyecto las amenazas naturales se relacionan con el desarrollo de las comunidades, principalmente en la forma cómo se ocupa y administra el territorio y sus recursos, en la medida en que los fenómenos peligrosos que actúan como detonantes o desencadenantes sean generados por la naturaleza. En zonas progresivamente más ocupadas, con falta de infraestructura adecuada y deterioro del ambiente,



entre otros, los impactos generados sobre la población, sus vidas y bienes, a raíz de la ocurrencia de fenómenos de origen hidrometeorológico, geológico, sísmico, vulcanológico o de otra naturaleza, son cada vez más importantes y dañinos (Guía Metodológica 1, Incorporación de la Prevención y la Reducción de Riesgos en los Procesos de Ordenamiento Territorial Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial).

El enfoque principal de este proyecto es el análisis de amenaza vulnerabilidad y riesgo en el tema de los incendios forestales, por lo tanto se puede decir que los incendios forestales son un peligro natural (aunque con un alto componente de origen humano) bastante frecuente en verano, Y fundamentalmente en periodos de afectación por el fenómeno del pacífico o del Niño.

Diferentes estudios realizados, acerca de la influencia de la climatología en la frecuencia de los incendios forestales llegan a las mismas conclusiones: los combustibles dispuestos la sequía acumulada, el brillo solar y la dirección y fuerza de los vientos favorecen su desarrollo, especialmente en esta época cuando la vegetación está en su período de latencia, y, debido a la acción de los vientos alisios, y los altos valores de inflamabilidad y combustibilidad de algunas especies de árboles, arbustos y herbazales se generan las condiciones necesarias para el desarrollo de estos fenómenos.

El ser humano es el causante principal, si no el único, de los incendios en el territorio estudiado, bien a través de actividades negligentes (quemados de pastos y matorrales realizadas sin guardar medidas de seguridad, trabajos forestales, cigarrillos o fuegos, etc.), bien debido a motivaciones psicológicas concretas (pirómanos, etc.).

Los incendios que se originan en este territorio suelen ser de diversos tamaños, desde pequeños y localizados incendios forestales hasta grandes incendios de praderas a lo largo de cientos de hectáreas.

La metodología de trabajo propuesta en los términos de referencia muestran la generación de mapas resultados para cual será necesario el uso de herramientas de sistemas de información geográfica SIG y cabe mencionar que INGCORMAP LTDA ha desarrollado aplicaciones SIG que permitirán el desarrollo del álgebra de mapas a partir de modelos de prueba y error o modelos matemáticos que busquen simular la realidad y predecir el comportamiento de los incendios forestales y de praderas en el departamento.

## 2 GENERALIDADES

### 2.1 Reseña Histórico-geográfica del departamento

El Departamento del Cesar está situado en el norte del país, en la llanura del Caribe; localizado entre los 07°41'16" y 10°52'14" de Latitud Norte y los 72°53'27" y 74°08'28" de Longitud Oeste. Cuenta con una superficie de 22.925 km<sup>2</sup> lo que representa el 2.0% del territorio nacional.

Valledupar la Capital del departamento del Cesar, está ubicada a 1.035 Kilómetros de Bogotá, la Capital de Colombia en sentido Noreste.

Limita por el Norte con los departamentos de Magdalena y La Guajira, por el Este con la República de Venezuela y el departamento de Norte de Santander, por el Sur con los departamentos de Norte de Santander y Santander, y por el Oeste con los departamentos de Bolívar y Magdalena.

Como característica sui generis de su condición geográfica y cultural, se debe destacar que el Cesar es el único departamento de la región Caribe que carece de costa, ya que de ésta lo separa la Sierra Nevada de Santa Marta. Pero dada su trayectoria histórica, que se constituyó como parte del Magdalena Grande, ha predominado su condición cultural de departamento costeño; de ahí que muchos analistas lo califican como costeño mediterráneo.

El hecho de ser una región sin litoral costero, ha traído consigo la atención de sus habitantes hacia la hidrografía continental, habiendo logrado su desarrollo económico en torno a las vertientes hidrográficas alimentadas en las alturas de las últimas estribaciones de la Cordillera Oriental en el oriente y la Sierra Nevada en el Norte. Estos sistemas hidrológicos dan origen a una serie de caudales que surcan las tierras del departamento en dos direcciones de clara definición: en el norte los ríos corren de norte a sur, es decir, en dirección inversa al mar (ríos Cesar, Badillo, Guatapurí y Ariguaní), y en el centro y sur en dirección oriente – occidente, hasta verter sus aguas en el Río Grande de la Magdalena.

Precisamente, el nombre del departamento fue tomado del río más importante que cruza su territorio en dirección Norte-Sur: el río Cesar. El cual, naciendo en la Sierra Nevada al Norte, en cercanía al mar Caribe, va a tributar sus aguas lejos de éste, en el río Magdalena, al sur. El Cesar era llamado por los chimila – tribu que habitaba en su costado occidental – con el nombre de Pompatao, que para estos aborígenes significa “río de los ríos” o “ríos de ríos”, ya que durante su recorrido recibe el tributo de otros ríos menores, que nacen en la Sierra Nevada o en la Serranía del Perijá y engruesan su caudal. Por su parte los indios Tupe – que habitaban el costado oriental del río – lo llamaban en su lengua con dos nombres: Zazari o Ché-tzar – de donde se formó el nombre de Cesar, como palabra aguda- en la parte baja, cuyo significado es el de agua quieta, agua tranquila, o agua mansa, pues en la parte alta en donde sus aguas bajan raudas, lo llamaban Ché-jui. Las dos variantes del nombre en la lengua tupe obedecen a que en su lengua el término Ché significa agua y con el nombre Ché-jui significaban agua que corre con violencia.



En la extensión del territorio departamental, se distinguen cuatro áreas econaturales, que corresponden a regiones geográficas definidas por sus ecosistemas y los sistemas de vida que en torno a su economía y a la ocupación del territorio se han organizado: hacia el norte domina la Sierra Nevada de Santa Marta, con sus picos nevados que comprenden las máximas alturas del país, observables en determinadas épocas del año desde más de 200 kilómetros de distancia, y comprende aproximadamente la quinta parte de la extensión del departamento, en ella se dan todos los pisos térmicos del planeta. En el costado oriental, recorriendo la geografía departamental de sur a norte, se ubica el sistema montañoso de la Serranía de Perijá o de los Motilones, que constituye la última prolongación de la Cordillera Oriental, una de las ramificaciones que asumen los Andes en territorio colombiano, con climas y vegetación que comprende características de los climas templado y frío. Como tercera región se identifica la llanura Central, conformado por el norte del corredor Cesar, los valles del Cesar y Ariguaní y en el sur por el corredor formado entre el río Magdalena y la Serranía del Perijá. Finalmente, existe la región cenagosa, conformada por el complejo lacustre que se forma en el entorno de la ciénaga de Zapatosa, localizada en el centro del departamento y el sistema de regulación cenagoso que se forma en torno al Río Magdalena, desde el centro hasta el sur del departamento.

Por su característica fisiográfica, las cuatro regiones del Cesar conforman y presentan un verdadero mosaico climático que parte de los más ardientes y secos en las llanuras y valles del Cesar y Ariguaní, pasando por los cálidos húmedos de la parte aladaña al río Magdalena y los climas montañosos: ardiente, medio, frío hasta las nieves perpetuas de la Sierra Nevada. Todo lo anterior permite que las temperaturas del territorio departamental oscilen entre 32° C en las llanuras y regiones planas, hasta los 6° C o menos, en los macizos y nevados más altos.

Las lluvias, que alcanzan el mayor índice de precipitación de 3.000 mm, entre los 1.000 y los 3.500 m.s.n.m. empiezan a decrecer en la medida que se asciende en el macizo. Su distribución presenta un patrón bimodal, con un lapso menos intenso de precipitación de diciembre a febrero, un máximo entre octubre y noviembre y veranillo en los periodos marzo-abril y junio-julio.

Las condiciones fisiográficas de la región son factor determinante de las características económicas, culturales y sociales de la región: los pobladores de las llanuras del norte y los valles de los ríos cuentan con tierras aptas para actividades económicas que giran en torno a la ganadería, la agricultura y la pesca, en el centro y sur; mientras que en las regiones serranas, se dan condiciones apropiadas para la producción agrícola propia de climas característicos de la región andina del interior del país, lo que genera un potencial de riqueza productiva y condiciones especiales para el desarrollo agroindustrial, aún en ciernes; al mismo tiempo, la actividad productiva genera condiciones para una variedad cultural, que es característica de toda la región, cuya línea dominante es la pluralidad.

Por otra parte, las condiciones fisiográficas regionales, sumadas al factor hídrico abundante y a las facilidades para establecer vías de comunicación, han constituido el factor determinante de la ocupación del territorio, el ordenamiento del mismo y el agrupamiento poblacional a lo largo de la prehistoria e historia regional. En estas diferentes épocas los ríos, las ciénagas y los caminos y ejes

de comunicación, han constituido el punto de referencia para el asentamiento de poblaciones y la conformación de aglomerados urbanos.

### 2.1.1 Breve reseña histórica

Los primeros pobladores que llegaron a la región fueron los vástagos, los caribes y los arahuacos, la conquista europea del territorio fue iniciada por el alemán Ambrosio Alfingeren 1530, quien invadió el Valle de Upar haciendo frente a una considerable resistencia indígena. En esa época, el territorio estaba habitado por los malibú tayronas, arhuacos, motilones y tupe entre otros grupos indígenas.

El Departamento del Cesar se fundó el 21 de diciembre de 1967, tras haber pertenecido a la provincia de Padilla y a La Guajira. El primer gobernador de Cesar fue Alfonso López Michelsen (nombrado por decreto).

### 2.1.2 Fisiografía

En el territorio del Cesar se distingue cuatro áreas bien definidas; la Primera, al norte, corresponde a la Sierra Nevada de Santa Marta, el macizo montañoso más alto del país con alturas que sobrepasan los 5.700 m sobre el nivel del mar; sus estribaciones llegan hasta la capital y en la parte media está habitada por indígenas arhuacos.

La Segunda se halla al este, la serranía de Los Motilones o Perijá, prolongación de la cordillera Oriental, que separa el departamento de la República de Venezuela y del departamento de Norte de Santander, con alturas hasta 3.000 m sobre el nivel del mar; la vertiente oeste que pertenece al Cesar está en proceso de colonización.

La Tercera, al oeste, es el área aledaña al río Magdalena, que se caracteriza por sus numerosas ciénagas, alimentadas por los periódicos desbordamientos del río, finalmente la cuarta es el área formada por las extensas llanuras centrales bañadas por los ríos Cesar y Ariguaní, que corresponde al área agrícola más rica del territorio; en ella se encuentran buenas tierras de labor aprovechadas en agricultura y ganadería. Presenta dos sistemas orográficos de importancia: la Sierra Nevada de Santa Marta, al norte, y la serranía de Los Motilones al oriente; dentro de ellos algunos accidentes notables son los cerros Bobalí, la Serranía de Valledupar y los picos Codazzi, El Guardián, La Reina y Ojeda.



### 2.1.3 Hidrografía

Los ríos Magdalenay Cesar, junto con sus afluentes, conforman la red hidrográfica del departamento. El Magdalena recorre este departamento aproximadamente 100 kilómetros y sirve de drenaje de las corrientes de la mitad sur departamental, que se originan en la Serranía de los Motilones. Las ciénagas son abundantes en las zonas cercanas al Magdalena y sus formaciones tienen que ver con las fluctuaciones del río durante la época de las crecidas; en ese tiempo las tierras bajas que rodean su cauce se anegan por el desbordamiento del río, originando una gran serie de ciénagas entre las que destaca por su magnitud la de Zapatosa, que se forma en la unión de los ríos Magdalena y Cesar. Entre las numerosas ciénagas situadas en su jurisdicción destacan otras como las de Cascajo, Combú, Chimichagua, Doña María, Guamalito, Mata de Palma, Morales, Panhuiche, Pital Sahaya, Saloa y Santo Domingo.

El río Cesar es el otro gran caudal del departamento. Junto con sus afluentes da forma a una red hidrográfica con aspecto de triángulo, que por un extremo distribuye sus aguas en la región media y por los otros en la zona de la Sierra Nevada de Santa Marta y en la Serranía de los Motilones

En los valles que circundan a ambos ríos, se hallan los mejores suelos para el desarrollo de la agricultura en sus tierras no inundables.

### 2.1.4 Organización Político Administrativa

El departamento del Cesar está dividido en 25 municipios, 165 corregimientos, 3 inspecciones de policía, así como, numerosos caseríos y sitios poblados. Los municipios están agrupados en 21 círculos notariales con un total de 23 notarías, un círculo principal de registro con sede en Valledupar y 2 oficinas seccionales de registro con sede en Chimichagua y Río de Oro; un distrito judicial, Valledupar, con 3 cabeceras de circuito judicial en Valledupar, Aguachica y en Chimichagua.

## Municipios

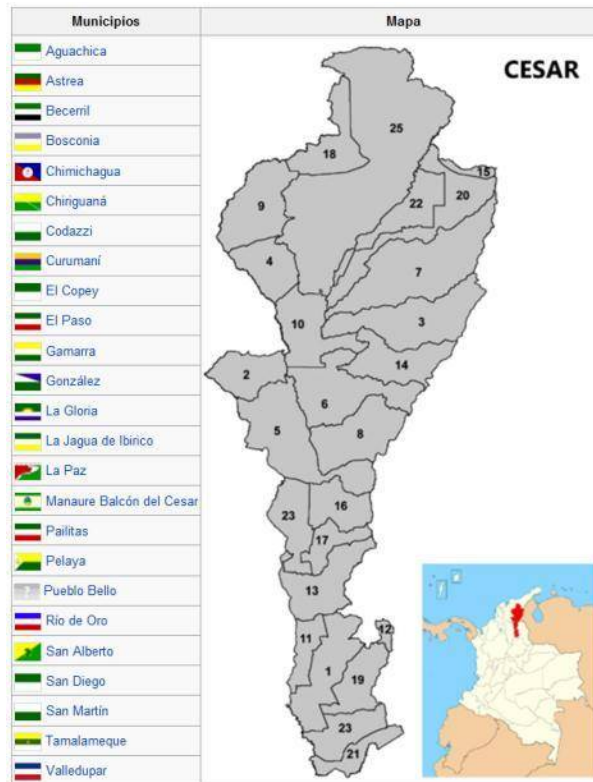


Figura 1. Municipios del Cesar

Fuente: Wikipedia 2011

### 2.1.5 Demografía

Su capital Valledupar posee una población de 393.294 habitantes, otros municipios como Aguachica 103.971 habitantes, Codazzi 65.844 habitantes, Bosconia 33.464 habitantes, Curumani 42.353 habitantes, Chiriguaná 21.192 habitantes y El Copey 25.673 habitantes son de gran importancia en cuanto a población y economía. De acuerdo a las proyecciones poblacionales 2005 – 2020 realizadas por el Dane el departamento para el periodo 2015 - 2020 contará con una tasa de reproducción de 1.35, lo cual implica una población de 1.028.880 habitantes para el año 2015 y 1.089.783 para el 2020, se pasara de una esperanza de vida para el quinquenio 2005 – 2010 de 72.71 a 74.47 para el quinquenio 2015 - 2020

### 2.1.6 Economía

En la actualidad es un departamento muy importante desde el punto de vista agrícola, pecuario y minero, beneficiado por su ubicación geográfica, la buena calidad de los suelos y a las potencialidades de adecuación de sus tierras mediante el riego. Se produce palma africana, maíz tradicional, maíz tecnificado, arroz riego, arroz seco mecanizado, sorgo, café, caña, yuca, algodón, cacao, ajonjolí y plátano.

La ganadería vacuna es una actividad de gran importancia gracias a las extensas llanuras; la mayor proporción del hato ganadero está dedicado a la producción lechera. La pesca es una actividad relevante de la población; se caracteriza por ser de subsistencia y artesanal, y se concentra en el río Magdalena y en sus ciénagas.

El departamento se destaca por sus explotaciones de carbón ubicadas en los municipios de La Jagua de Ibirico, Chiriguaná, Becerril y El Paso. Existen además explotaciones de petróleo en el municipio de Aguachica. La industria tiene baja participación en la economía departamental; se destaca la relacionada con los alimentos, principalmente con la agroindustria. Valledupar se constituye en el epicentro comercial para el intercambio y abastecimiento de productos, la mayor parte de los cuales proviene del sector agropecuario.

Los principales renglones económicos del Cesar son el agropecuario del que deriva un 47% de sus ingresos y el de servicios con el 48% de los mismos. La ganadería vacuna ocupa un lugar de primer orden, con una población estimada en 1.513.149 cabezas.

El cultivo y procesamiento de algodón, las palmas oleaginosas y otros productos agrícolas alcanzan altos niveles de tecnificación y desarrollo. El departamento del Cesar es el primer productor nacional de algodón y el segundo de arroz. La elaboración de productos lácteos y de grasas de aceites figuran igualmente entre sus principales industrias. También existe una amplia extensión de cultivos de frutas.

En la última década el departamento del Cesar ha tomado un incremento en su economía debido a la explotación de minas de carbón a cielo abierto liderada por la empresa multinacional Drummond, y otros más, principalmente en el municipio de El Paso y La Jagua de Ibirico.

### 2.1.7 Transporte

El departamento del Cesar cuenta con una carretera troncal, que comunica las principales poblaciones con las ciudades de Santa Marta, Bucaramanga y Bogotá D.C., otra conecta a la capital con el territorio de La Guajira y la República de Venezuela; carreteras secundarias unen entre sí las poblaciones del departamento y además con las de Norte de Santander y Magdalena. Cuenta con servicio aéreo a través del aeropuerto "Alfonso López" de Valledupar y pistas en otras poblaciones. Se utiliza la navegación fluvial en los ríos Cesar y Magdalena.

### 2.1.8 Características Físicas

La Sierra Nevada de Santa Marta se caracteriza por sus pisos térmicos y su diversidad en plantas superiores conformado por selvas subandina y andina, pero en mayor proporción por páramo, conformado por los municipios de Pueblo Bello, Bosconia, el Copey y Valledupar; La Serranía del Perijá se caracteriza por la diversidad florística, el nacimiento de veinte ríos y quebradas que alimentan el complejo de ciénagas, conformada por los municipios de La Paz, Manaure, San Diego, Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguaná, Curumaní, Chimichagua, Pailitas, Pelaya, Aguachica, San Martín, San Alberto, Río de Oro y González; El Valle del Río Cesar está conformado principalmente por pastizales, arbustos y matorrales, zonas pantanosas, lagunas, lagos y ciénagas, con influencia de diferentes cultivos como palma africana, frutales, caña, café, banano, arroz y algodón, que caracterizan la ganadería, agricultura, agroindustria y minería, conformado por los municipios de Agustín Codazzi, Astrea, Becerril; Bosconia, Chimichagua, Chiriguaná, Curumaní, El Copey, El Paso, La Jagua de Ibirico, La Paz, Pailitas, San Diego y Valledupar; la región de la Ciénaga de Zapatosa y humedales menores se caracteriza por su componente hídrico utilizado para su producción ictiológica, De esta ecorregión hacen parte los municipios de Chimichagua, Chiriguaná, El Paso, Curumaní, Tamalameque, La Gloria, Aguachica, Pelaya, Gamarra; el Valle del Río Magdalena se caracteriza por que se ha dado la eliminación de casi toda la cobertura boscosa natural y la degradación de las corrientes hídricas, El Valle del río Magdalena comprende la parte plana de los municipios de: Aguachica, Chimichagua, Gamarra, La Gloria, Pailitas, Pelaya, Río de Oro, San Alberto, San Martín y Tamalameque.

#### 2.1.8.1 Eco Regiones

En el departamento del Cesar, el territorio se encuentra dividido por regiones geográficas, fisiográfica y ecológicamente homogéneas definidas, llamadas Eco Regiones, dichas Eco Regiones con sus respectivas características son las siguientes:

##### 2.1.8.1.1 Eco Región Sierra Nevada de Santa Marta.

La Sierra Nevada de Santa Marta es una Eco Región estratégica por su biodiversidad dada la existencia de todos los pisos climáticos, por su riqueza étnica y por la presencia de campesinos provenientes de otras regiones del país. Además, alberga dos parques naturales, el Tayrona en el Departamento del Magdalena y el de la Sierra Nevada de Santa Marta, compartidos por los Departamentos del Cesar, La Guajira y el Magdalena, y una reserva forestal protectora, compartidas por los tres departamentos.

La importancia de esta Eco Región para el Departamento del Cesar, radica en el hecho de que allí nacen ocho ríos principales, lo mismo que varias quebradas y arroyos que irrigan el Valle del Cesar y tributan hacia el cauce principal que lleva el mismo nombre y éste a su vez fluye hacia el Complejo Cenagoso de Zapatosa y posteriormente al río Magdalena.





Para la subregión de la Sierra Nevada de Santa Marta la división política administrativa como figura de ordenamiento territorial está comprendida por tres municipios, El Copey, Pueblo Bello, Bosconia y Valledupar en el departamento del Cesar.

Como complemento de la anterior división político-administrativa se incluyen los territorios establecidos por ley de los grupos étnicos ancestrales, ubicándose para la subregión en el macizo montañoso de la Sierra los resguardos Arhuaco, Kogui – Malayo - Arhuaco, Wiwa y Kankuamo.

En el ámbito nacional se cuenta con las áreas protegidas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, entre los que se encuentran el Parque Nacional Natural Sierra Nevada de Santa Marta (PNN SNSM).

Reservas naturales de la Sociedad Civil como Paraver y Los Besotes en el municipio de Valledupar en el Cesar.

La mayor parte de la subregión se caracteriza por ser un macizo montañoso situado al norte de Colombia, aislado de la cordillera de los Andes y con apariencia de una pirámide de base triangular con un área aproximada de 12.230 Km<sup>2</sup>, calculados a partir de la curva de nivel de 200 msnm que la circundan<sup>16</sup> y alcanza una altitud de 5.775 metros.

Respecto a las corrientes hídricas, En la vertiente Sur - Este en el Departamento del Cesar sobresalen los ríos Ariguani, Garupal, Diluvio, Mariangola, los Clavos, Azucarbuena, Guatapurí, Badillo y Cesar.

En cuanto a especies vegetales, en la Sierra Nevada de Santa Marta existe una alta diversidad de plantas superiores, encontrándose la mayor diversidad en el Orobioma de Selva Subandina, La mayor concentración de endemismos está en el Orobioma de Páramo, seguido por los Orobiomas de Selva Andina y Selva Subandina, sin representación en los demás biomas.

La fauna en la Sierra presenta elementos faunísticos comunes a las Eco Regiones que la rodean y elementos propios surgidos en ella por un fuerte proceso de especiación, demostrado por los niveles de endemismo y dados por su naturaleza de macizo montañoso aislado. Dentro de los elementos compartidos con otras Eco Regiones se encuentran especies comunes a la serranía del Perijá, a las zonas bajas de las ciénagas que se encuentran al suroccidente, a las del bajo Magdalena y a las de las planicies, tanto costera como continentales, al norte y al oriente respectivamente

De esta Eco Región hacen parte los municipios de Pueblo Bello, Bosconia, El Copey y Valledupar.

#### 2.1.8.1.2 Eco Región Serranía del Perijá.

El ecosistema estratégico de la Serranía del Perijá, es de gran importancia por la condición de reserva forestal aproximadamente de un 70% de su territorio, y porque alberga una importante



diversidad florística y faunística que representa la naturaleza biótica de la región. La existencia de etnias con sus culturas autóctonas y sus saberes propios para interpretar el manejo del territorio, son otros componentes estratégicos de esta Eco Región.

Su ubicación fronteriza con la República de Venezuela, que en su vertiente la ha declarado como parque natural, la constituye en un área de especial interés binacional, por las interacciones de tipo ecológico, económico y social que pueden darse entre las dos vertientes del sistema montañoso.

El nacimiento de veinte ríos principales y un sin número de quebradas y arroyos que bañan los valles de los ríos Cesar, Magdalena y Lebrija y alimentan el complejo de ciénagas y el río Magdalena, donde se desarrollan diferentes actividades económicas del Departamento del Cesar.

De esta Eco Región hacen parte el territorio de los siguientes municipios en el Departamento del Cesar: La Paz, Manaure, San Diego, Codazzi, Becerril, La Jagua de Ibirico, Chiriguaná, Curumaní, Chimichagua, Pailitas, Pelaya, Aguachica, San Martín, San Alberto, Río de Oro y González.

#### 2.1.8.1.3 Eco Región Valle del Río Cesar.

Esta Eco Región cuenta con suelos de alta productividad por lo que tradicionalmente se ha constituido en uno de los pilares sobre los que se sustenta el potencial económico del Departamento del Cesar, ya que en ella tienen asiento los procesos productivos más importantes que contribuyen de manera principal con el desarrollo socioeconómico del departamento, sobresalen la ganadería, agricultura, la agroindustria y la minería. Es importante determinar que en esta Eco Región se presentan zonas de recarga hídrica cerca del contacto con los macizos montañosos del departamento, en regiones ubicadas al nororiente y sur occidente, lo cual garantiza la regulación del recurso hídrico con miras a hacerlo disponible para su utilización en los procesos productivos. En esta Eco Región el recurso natural más importante es el suelo, ya que de él mismo dependen en su mayoría los procesos productivos y recíprocamente, de la sostenibilidad de los procesos productivos depende la sostenibilidad de uso del suelo.

El Valle del Río Cesar se extiende desde el Sur del departamento de la Guajira hasta la Ciénaga de Zapatosa con una extensión aproximada de 5.700km<sup>2</sup>. Del Valle del Río Cesar hacen parte territorio de los municipios de: Agustín Codazzi, Astrea, Becerril; Bosconia, Chimichagua, Chiriguaná, Curumaní, El Copey, El Paso, La Jagua de Ibirico, La Paz, Pailitas, San Diego y Valledupar.

#### 2.1.8.1.4 Eco Región Ciénaga de Zapatosa y Humedales Menores

Este ecosistema lo constituyen cuerpos de agua y sus zonas inundables, son hábitats transitorios o permanentes de numerosas aves migratorias intercontinentales y constituyen zonas de reproducción, alimentación y crecimiento de poblaciones de peces y una gran diversidad biológica de aves, mamíferos, reptiles y vegetación acuática y semiacuática.

El clima de esta zona es regulado sobre todo por la existencia de estas grandes masas de agua, ya que facilita la ocurrencia de la evaporación y por ende de la formación de nubosidad, es la Eco Región que menos déficit hídrico presenta en el Departamento del Cesar y la que en las condiciones más desfavorables aún podría ofertar agua al medio natural. Su función más importante es la de ser un reservorio o almacén del recurso en cuestión, en toda época y en invierno funciona como zona de amortiguamiento durante los procesos de inundación natural, ayudando a conformar el balance Hídrico del ecosistema y el ciclo hidrológico de los ríos Magdalena y Cesar, evitando las inundaciones en muchas áreas del Cesar.

Se considera que la función de esta Eco Región con respecto a las dinámicas y potencialidades de desarrollo del departamento es fundamentalmente ecológica, por la provisión de servicios y bienes ambientales que suministra, ya que el potencial económico que debería ofrecer por su producción ictiológica está muy limitada por el deterioro de este recurso, el cual hoy en día a duras penas alcanza para el sustento de los pobladores de la zona aledaña a la ciénaga: La estabilidad de esta Eco Región depende más de la sustentabilidad de las demás Eco Regiones del Departamento del Cesar. De esta Eco Región hacen parte territorios de los municipios de: Chimichagua, El Paso, Chiriguaná, Curumaní, Gamarra, Aguachica, La Gloria y Tamalameque.

El sistema de humedales del complejo cenagoso de Zapatosa forma parte de la Cuenca Hidrográfica del Río Magdalena y abarca 11 municipios de los 14 existentes. Está localizado en la margen derecha del Río Magdalena, a la altura de la denominada depresión Momposina y se comunica con dicho Río a través del Río Cesar.

La importancia ecológica del sistema radica en que las ciénagas y los planos inundables son zonas de amortiguación de niveles de agua durante los procesos de inundación, ayudando a conformar el balance hídrico del ecosistema y su ciclo hidrológico y evitando inundaciones a pueblos, cultivos y áreas ganaderas.

De esta Eco Región hacen parte los municipios de Chimichagua, Chiriguaná, El Paso, Curumaní, Tamalameque, La Gloria, Aguachica, Pelaya, Gamarra.

#### 2.1.8.1.5 Eco Región Valle del Río Magdalena.

Es la zona en donde se desarrolla gran parte de la actividad agropecuaria del Departamento, junto con el Valle del Río Cesar, y por ser continuación de este último, este valle ocupa un lugar importante dentro del desarrollo del Departamento. Por interconectar la Serranía del Perijá con el Complejo Cenagoso, aspecto que lo constituye en una franja de terreno primordial para la sostenibilidad del referido complejo, pues por el valle circulan ríos, quebradas y arroyos que alimentan este complejo y en general en este territorio se desarrolla una buena parte de la actividad económica de la región sur del Departamento del Cesar.

La Eco Región del Valle del río Magdalena cuenta con suelos de alta productividad, que tradicionalmente se han constituido en uno de los pilares en los que se sustenta el potencial

económico del Sur del Departamento del Cesar , sin embargo, en este valle se ha dado la eliminación casi total de la cobertura boscosa natural , alteración de la capa arable del suelo, erosión, compactación , degradación de corrientes hídricas y desplazamiento de la fauna silvestre, afectándose la oferta ambiental y por ende la producción sostenible en estas áreas.

El Valle del Río Magdalena comprende la parte plana de los municipios de: Aguachica, Chimichagua, Gamarra, La Gloria, Pailitas, Pelaya, Río de Oro, San Alberto, San Martín y Tamalameque.

La función estratégica de la Eco Región es la producción económica, la cual se sustenta en la productividad del suelo, ya que de este recurso dependen una serie de actividades de desarrollo económico de la región. Esta Eco Región es dependiente de la Eco Región de la Serranía del Perijá, en función de la cantidad de recurso hídrico que esta aporta al Valle del Río Magdalena.

#### **2.1.8.2 Biomás**

Un bioma, también llamado paisaje bioclimático o área biótica, es una determinada parte del planeta que comparte clima, vegetación y fauna. Un bioma es el conjunto de ecosistemas característicos de una zona biogeográfica que es nombrado a partir de la vegetación y de las especies animales que predominan en él y son las adecuadas. Es la expresión de las condiciones ecológicas del lugar en el plano regional o continental: el clima induce el suelo y ambos inducen las condiciones ecológicas a las que responderán las comunidades de plantas y animales del bioma en cuestión.

La zonificación determinada por Biomás para el departamento del Cesar, fue definida mediante la metodología Humboldt y conserva las siguientes características:

- Halobioma del Caribe
- Helobioma de la Guajira
- Helobioma del Magdalena y Caribe
- Orobioma Alto de Santa Marta
- Orobioma Bajo de Santa Marta y Macuira
- Orobioma Medio de Santa Marta
- Orobiomas Altos de los Andes
- Orobiomas Bajo de los Andes
- Orobiomas Medios de los Andes
- Zonobioma del Desierto Tropical de la Guajira y Santa Marta
- Zonobioma Húmedo Tropical del Magdalena y Caribe
- Zonobioma Seco Tropical del Caribe

### 2.1.8.3 Zonas de Vida

El concepto de Zona de Vida fue desarrollado por el naturalista estadounidense Clinton Hart Merriam en 1889 como una forma de describir áreas con similares comunidades de plantas y animales. Merriam observó que los cambios en estas comunidades con el aumento de la latitud, para una elevación constante, eran similares a los cambios observados con un aumento en la elevación, para una latitud constante.

Las Zonas de Vida del departamento del Cesar fueron definidas mediante el Sistema propuesto por Leslie E Holdridge (1978) el cual es un proyecto para la clasificación de las diferentes áreas terrestres según su comportamiento global bioclimático. Utiliza el concepto de zona de vida y se basa en los siguientes factores:

La biotemperatura media anual (en escala logarítmica). En general, se estima que el crecimiento vegetativo de las plantas sucede en un rango de temperaturas entre los 0 °C y los 30 °C, de modo que la biotemperatura es una temperatura corregida que depende de la propia temperatura y de la duración de la estación de crecimiento, y en el que las temperaturas por debajo de la congelación se toman como 0 °C, ya que las plantas se aletargan a esas temperaturas.

La precipitación anual en mm (en escala logarítmica)

La relación de la evapotranspiración potencial (EPT) — que es la relación entre la evapotranspiración y la precipitación media anual — es un índice de humedad que determina las provincias de humedad.

En este sistema las zonas biogeográficas se clasifican según los efectos biológicos de la temperatura y las precipitaciones en la vegetación, en el supuesto de que estos dos factores abióticos son los principales determinantes del tipo de vegetación que se encuentra en una zona.

Holdridge utiliza 4 ejes (biotemperatura, precipitación, piso altitudinal y región latitudinal) para definir las llamadas 30 «provincias de humedad», que son claramente visibles en el diagrama de Holdridge. Usando este sistema se determinó que el departamento del Cesar presenta las siguientes Zonas de Vida:

- Bosque Húmedo Premontano con Transición a Cálido
- Bosque Húmedo Tropical
- Bosque Muy Húmedo Montano
- Bosque Muy Húmedo Montano Bajo
- Bosque Muy Húmedo Premontano
- Bosque Pluvial Montano
- Bosque Seco Premontano
- Bosque Seco Tropical
- Paramo Pluvial Sub-andinol

El proyecto se lleva a cabo en la totalidad del territorio del departamento del Cesar ubicado en la zona norte de Colombia en limitando en la zona norte con el departamento de La Guajira, al occidente con el departamento del Magdalena al oriente con el Norte de Santander y la Republica Bolivariana de Venezuela y al sur con los departamentos de Santander y Bolívar, su territorio abarca una extensión de 22.600 kilómetros cuadrados y se encuentra dividido en 25 municipios.

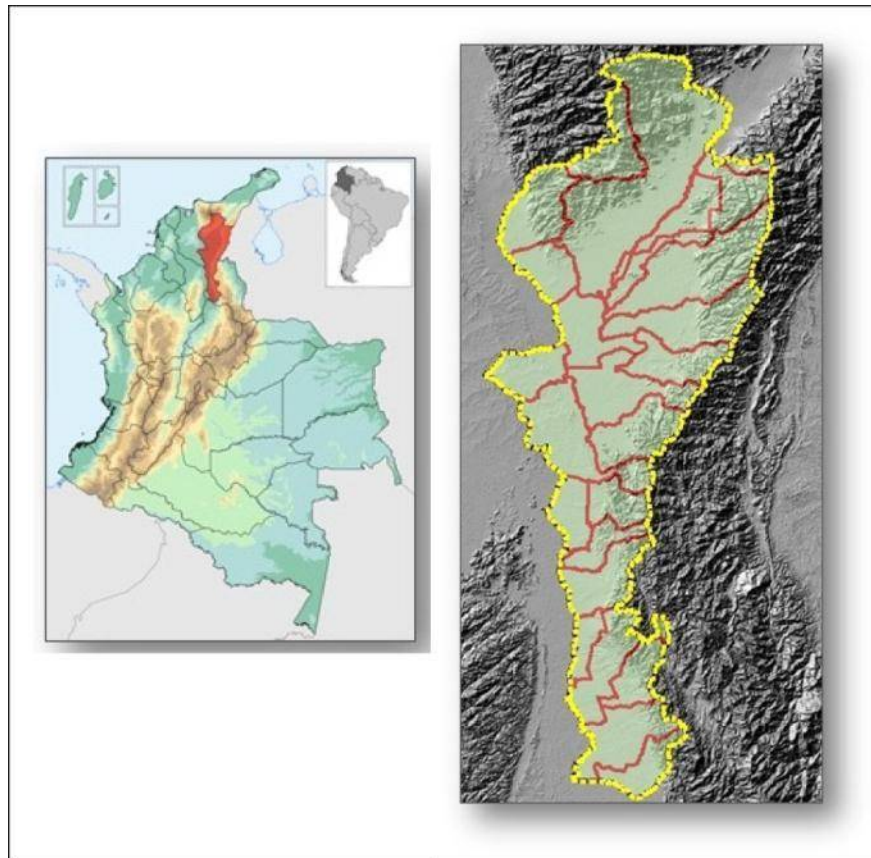


Figura 2. Localización del área de trabajo.

NOMBRE DEL MUNICIPIO	CODIGO DANE	AREA HA	PORCENTAJE
SAN ALBERTO	20710	55004.70	2.43
SAN MARTÍN	20770	99388.52	4.39
RIO DE ORO	20614	54947.43	2.43
GONZÁLEZ	20310	6532.74	0.29
AGUACHICA	20011	87756.21	3.88
LA GLORIA	20383	83799.58	3.70
PELAYA	20550	42514.87	1.88
TAMALAMEQUE	20787	50655.95	2.24
PAILITAS	20517	53475.16	2.36
CURUMANÍ	20228	92260.32	4.08
CHIRIGUANÁ	20178	111578.88	4.93
LA JAGUA DE IBIRICO	20400	75133.47	3.32
EL PASO	20250	81496.04	3.60
BOSCONIA	20060	58787.93	2.60
SAN DIEGO	20750	64542.72	2.85
EL COPEY	20238	95688.51	4.23
MANAURE BALCÓN DEL CESAR	20443	14022.67	0.62
ASTREA	20032	64171.84	2.84
BECERRILL	20045	123276.33	5.45
CHIMICHAGUA	20175	137488.12	6.08
AGUSTÍN CODAZZI	20013	177004.39	7.82
LA PAZ	20621	107309.85	4.74
VALLEDUPAR	20001	419187.86	18.53
PUEBLO BELLO	20570	74030.81	3.27
GAMARRA	20295	32666.19	1.44
<b>AREA TOTAL DEL DEPARTAMENTO</b>		2262721.09	100

Cuadro 1. Municipios del Departamento del Cesar.

Tal como se puede ver en el Cuadro 1. Municipios del Departamento del Cesar. La distribución territorial de los municipios del departamento del Cesar es muy uniforme, ya que ninguno con excepción de Valledupar abarca más del 7% del territorio del departamento.

## 2.2 Objetivos

### 2.2.1 Objetivo General

Elaborar el mapa de riesgo por incendios forestales, Departamento del Cesar.

### 2.2.2 Objetivos específicos

Evaluar la amenaza por incendios forestales

Evaluar la vulnerabilidad, física, ecosistémica, cultural y patrimonial del departamento ante los incendios forestales.

Evaluar el Riesgo por incendios forestales (patrimonial, ecosistémico, sociocultural) mediante la espacialización total.

Definir las áreas prioritarias para la atención y prevención de incendios forestales.

Generar el sistema de información geográfica con toda la información recopilada en el proceso.

## 2.3 ALCANCE

El proyecto tiene como objetivo central obtener la zonificación de la amenaza por ocurrencia de incendios forestales en jurisdicción de CorpoCESAR, la cual deberá generar un mapa que zonifique el territorio en unidades homogéneas; para cada una de las mismas será necesario determinar la vulnerabilidad, la amenaza y el riesgo frente a incendios forestales, para finalmente determinar la Prioridad de protección de cada una de las unidades. El fin de la zonificación es determinar las zonas en las cuales se debe priorizar la atención en el momento en que ocurra un incendio forestal o de praderas, igualmente permite definir las zonas con mayor grado de vulnerabilidad, lo cual es de gran utilidad a la hora de canalizar recursos y esfuerzos para que las áreas identificadas puedan prepararse para estos incidentes.

Las áreas prioritarias corresponden a zonas del territorio que por sus características ambientales, ecológicas, sociales, culturales y estratégicas deben constituir la mayor prioridad de protección para el estado, en relación con la ocurrencia y daño de los incendios forestales (tomado de la (Guía para la formulación de planes de contingencia en incendios forestales, convenio CONIF – MAVDT, convenio 036/08).





El presente documento igualmente actualizará el plan de contingencia del departamento incluyendo de esta manera el estado actual de los organismos de socorro que hacen parte del departamento, la manera como se puede dar respuesta en tiempos razonables a la atención de conflagraciones y unos análisis de rodeo para las cabeceras municipales y algunos centros poblados relacionada con los índices de rodeo y accesibilidad.

Los resultados finalmente estarán condensados en un documento síntesis y un sistema de información geográfico que permita mantener actualizado el estado de alertas del departamento y en una segunda fase posterior, poder mantener actualizada a la población mediante reportes periodicos disponibles en internet, a través de la página de la corporación o alguna de las entidades de socorro.

## **2.4 Los Incendios Forestales en Colombia y el Departamento Del Cesar (Frecuencia y Espacialidad)**

La mayoría de los datos presentados a continuación son recopilados de diferentes estudios realizados en el tema de incendios forestales sobre el territorio del país (Colombia) como por ejemplo el proyecto de *“Distribución geográfica y temporal de incendios en Colombia utilizando datos de anomalías térmicas”* desarrollado por el departamento de Biología de la universidad nacional.

Los incendios de la vegetación y en particular los incendios forestales, tanto naturales como antrópicos, son considerados hoy en día un factor muy importante en los cambios en los usos del suelo de Latinoamérica y juegan un importante papel tanto en la estructura como en el funcionamiento de muchos ecosistemas (Dwyer et al. 1999). Algunas cifras recientes calculan que el área quemada en la región representó el 5.81% del total mundial (entre 1997-2004) (van der Werf et al. 2006). En este sentido, y teniendo en cuenta que la composición de la atmosfera está controlada por procesos tanto naturales como antrópicos, la emisión de partículas por quema de biomasa vegetal representa una importante fuente de aerosoles atmosféricos y gases de efecto invernadero que puede resultar en impactos profundos en aspectos de radiación llegando a afectar incluso las tasas fotosintéticas de ecosistemas o las propiedades de las nubes (Di Bella et al. 2006). Se calcula que en Latinoamérica las emisiones generadas por los incendios representaron el 15.77% de las emisiones por quema de biomasa en todo el mundo (van der Werf et al. 2006). Aunque en algunos casos los fuegos forman parte de la dinámica de ciertos ecosistemas, muchos de los incendios provocan una alteración de la biodiversidad de estos, impactan el suelo, el ciclo de nutrientes e incluso pueden llevar procesos erosivos hasta la desertificación (Díaz Delgado et al. 2003)



La conservación y uso sostenible de la vegetación natural en Latinoamérica es fundamental en el actual contexto de cambio climático acelerado provocado por el calentamiento de la atmósfera. La Teledetección espacial debido a sus especiales características en cuanto a repetitividad, globalidad, homogeneidad y objetividad de la información que obtiene de la superficie de la Tierra, es una herramienta insustituible de cara a una gestión sostenible de los recursos naturales a nivel mundial y al establecimiento de un sistema de seguimiento sistemático que permita conocer de forma operativa la evolución de los mismos.

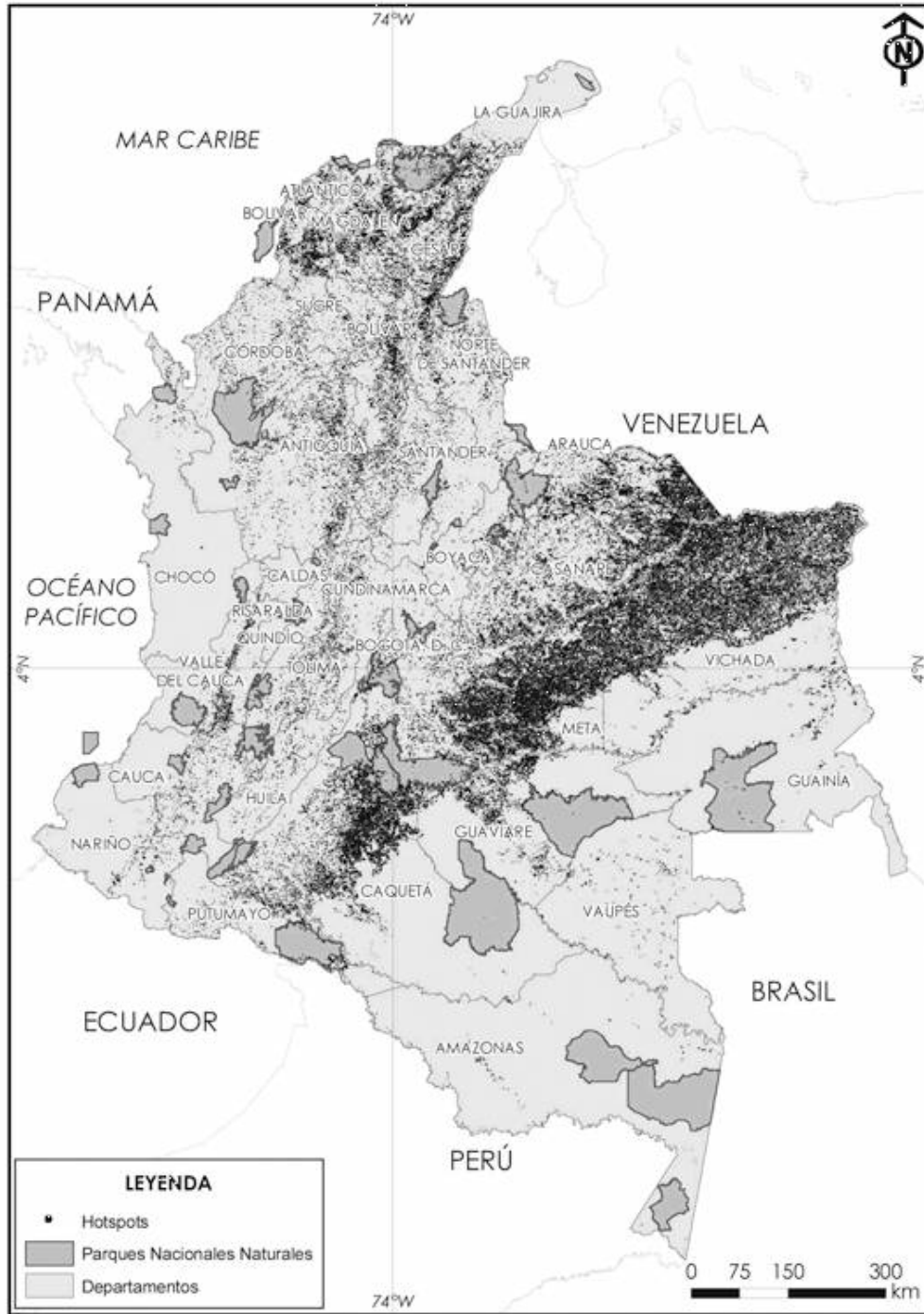


Figura 3. Puntos de calor periodo (1999 - 2009) en Colombia.

Fuente: Distribución espacial y temporal de los incendios en Colombia utilizando datos de anomalías térmicas. Armenteras, Gonzalez-Alonso & Franco Aguilera. En Revista Caldasia Vol 31 No. 2. 2009. Bogotá.

En la Figura 3. Puntos de calor periodo (1999 - 2009) en Colombia.se puede visualizar cuales son las zonas que en algún momento del periodo analizado han sufrido alguna clase de aumento de temperatura y pueden ser considerados como focos de calor, estos focos de calor en la mayoría de los casos son causados por incendios forestales presentados en la zona, los territorios más afectados por este fenómeno son los departamentos de los llanos orientales como Vichada, Casanare, Arauca y Meta sin embargo y con una afectación significativa se encuentran los departamentos de la costa colombiana como son Magdalena, Bolívar, Atlántico y por supuesto el Cesar.

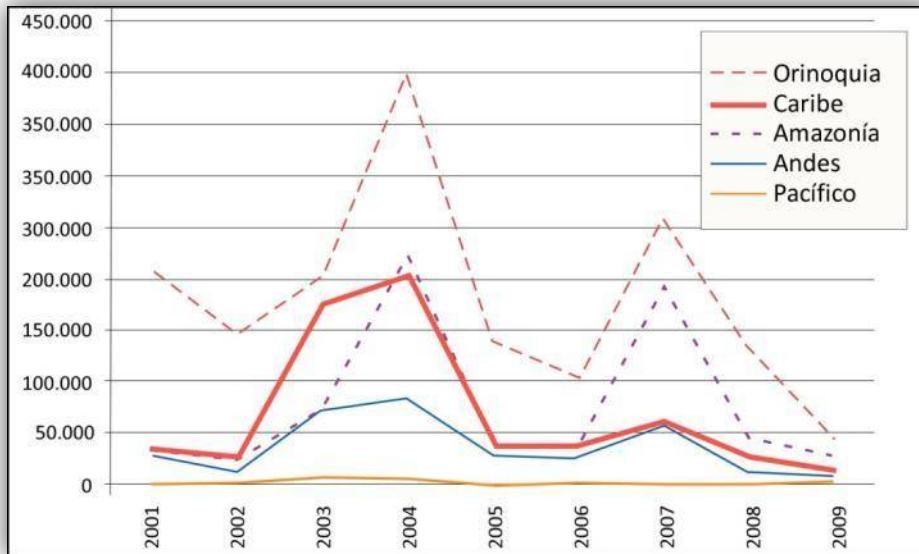


Figura 4. Superficie quemada por región.

Tal como muestra la Figura 4. Superficie quemada por región. La región caribe para el año 2004 vio casi 200.000 hectáreas quemadas, aunque los datos disponibles en internet datan desde el año 2000, fue durante el año de 1997 con uno de los fenómenos del niño más sentidos cuando se estiman que alrededor de 450.000 hectáreas fueron quemadas (Reporte cuerpo de bomberos de Aguachica)



Figura 5. Cantidad de focos de calor por departamento

Tal como se ve en la Figura 5. Cantidad de focos de calor por departamento) el territorio del departamento del Cesar se encuentra en la segunda categoría mas critica en el país con una cantidad aproximada de focos de calor de 2000 a 5000 en el periodo de tiempo analizado por el estudio.

Otro Indicador que se ha usado para establecer las zonas más susceptibles al desarrollo de incendios forestales y su incidencia en los ecosistemas naturales es el *número de anomalías térmicas registradas por año, por cada 100.000 Ha, en ecosistemas transformados y predominantemente naturales por cada tipo de bioma existente en Colombia*. Se busca indicar el grado de incidencia de los incendios forestales en los diferentes tipos de biomas y ecosistemas descritos para el País, a partir del registro de anomalías térmicas en superficie, empleando sistemas de detección satelital, de los cuales se considera que gracias a la periodicidad, constancia y aplicaciones previas documentadas en Colombia y en el contexto Latinoamericano, pueden aportar información valiosa para conocer y valorar la distribución espacial, frecuencia e impacto de los incendios forestales en la biodiversidad.

Los datos necesarios para el cálculo del presente indicador, se obtuvieron del programa ATSR (*Along Track Scanning Radiometer*) de la Agencia Espacial Europea (ESA), para el periodo comprendido entre 2000 y 2010.

El sistema ATSR, es un sensor a bordo de una plataforma satelital, cuyo principal objetivo es el de proporcionar datos de temperatura de la superficie terrestre. El sistema diseñado para el procesamiento de estas imágenes, está basado en dos algoritmos que clasifican como "anomalía térmica" un determinado valor de emisividad, correspondiente a temperaturas superiores a 308°K (34,85°C) con el Algoritmo 1, y temperaturas superiores a 312°K (38,85°C) con el Algoritmo 2, (Antikidis, et al, 1997). El sistema emplea solamente imágenes tomadas en horas de la noche con el fin de disminuir al máximo errores de comisión, entendidas generalmente como falsas alarmas (Mutlow, 1999). En consecuencia, es posible que este sistema omita una gran cantidad de quemas, muchas de ellas controladas y que pueden ocurrir a lo largo del día.

Las ventajas de este sistema estan referidas a:

- Frecuencia de detección diaria, lo cual ayuda a minimizar la redundancia de los datos (eventos captados más de una vez). Otros sistemas pueden reportar datos del mismo punto del territorio entre dos y 48 veces diarias, con diferentes niveles de resolución.
- Procesamiento de imágenes exclusivamente nocturnas, disminuyendo comparativamente la posibilidad de registro de quemas controladas y limitando los datos a incendios de mayor magnitud y duración.

- El sistema ATSR-2 minimiza los errores de comisión en la serie de datos considerados, dado que al tener en cuenta sólo imágenes nocturnas, la probabilidad de confundir altos niveles de emisividad y/o reflectividad de otros elementos sobre el territorio es mucho más.
- De forma similar a los diferentes sistemas de detección por satélite, la base de datos del Sistema ATSR contiene los siguientes campos: Latitud, Longitud, Hora y Fecha de detección.

Para el presente análisis obtuvimos las siguientes variables:

1. Incidencia anual y densidad de anomalías térmicas para el periodo 1997 - 2009
2. Total y promedio mensual de anomalías térmicas detectadas

Las series de datos obtenidas se cruzaron con el nivel de "Bioma" del Mapa Nacional de Ecosistemas (IDEAM, et al 2007), destacando los ecosistemas transformados y predominantemente naturales. Cuadro 2. Clasificación de los tipos de cobertura del Mapa Nacional de Ecosistemas (IDEAM, et al, 2007).

Tipos de cobertura	
Predominantemente naturales	Transformados por acción antropogénica
Afloramientos rocosos	Áreas mayormente alteradas
Arbustales	Áreas agrícolas heterogéneas
Bosques Naturales	Áreas urbanas
Herbazales	Bosques Plantados
Hidrofitia continental	Cultivos anuales o transitorios
Manglar	Cultivos permanentes y semipermanentes
Zonas desnudas	Vegetación secundaria

**Cuadro 2. Clasificación de los tipos de cobertura del Mapa Nacional de Ecosistemas (IDEAM, et al, 2007).**

A partir de lo anterior se obtuvieron los siguientes indicadores:

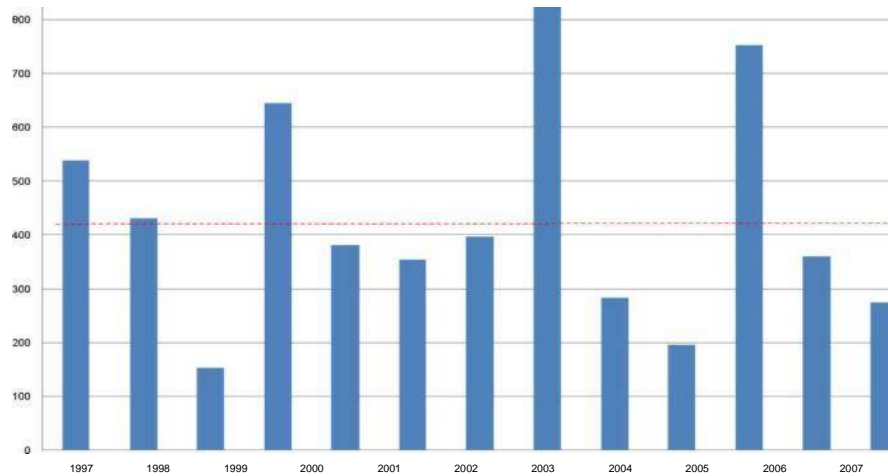
3. Indicador de incidencia de incendios forestales calculado para cada bioma
4. Indicador de incidencia de incendios forestales por bioma, discriminado por tipo general de cobertura (ecosistemas transformados y predominantemente naturales).

De lo anterior se puede concluir que el sistema ATSR-WFA registró un total de 5671 anomalías térmicas (AT) durante el periodo 2000-2010, con un promedio anual de 429.5 y desviación estándar de 205.8. El registro de anomalías térmicas permite establecer los picos de eventos posiblemente ocurridos en el país. De esta manera se observan cuatro momentos con un intervalo entre dos y tres años, (1997-98, 2000, 2004 y 2007; ver Figura No. 5), los cuales presentan valores extremos y ubicados por encima del promedio anual observado para el periodo mencionado.

Anomalías térmicas registradas en Colombia (1997 - 2009)  
Fuente: Sistema ATSR -WFA (ESA)

Figura 6. Anomalías registradas Sistema periodo

El análisis densidad (Figura 6), grandes en la de térmicas



No. de térmicas por el ATSR-WFA 1997 - 2009.

de efectuado muestra 5 núcleos incidencia anomalías en el País,

específicamente sur de la serranía del Perijá, norte del Vichada, zona de Puerto Gaitán (Meta), Sur del Meta en límites con el Caquetá y el Valle del Cauca.

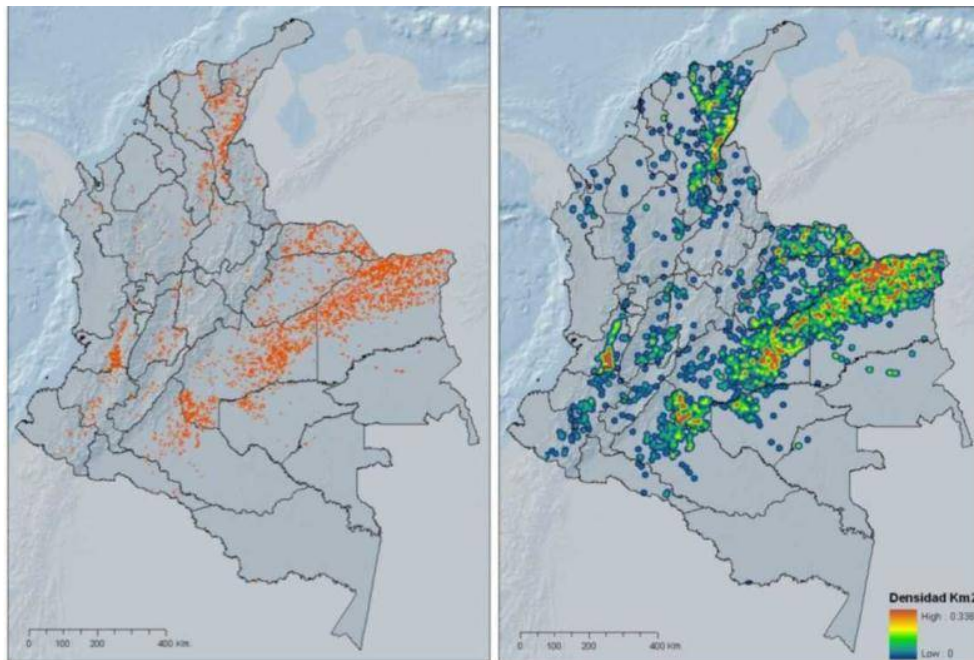


Figura 7. Distribución de las AT registradas por el sistema ATSR-WFA

## 2. Total y promedio mensual de anomalías térmicas detectadas



Durante el periodo analizado, se registró una incidencia significativamente mayor durante el primer trimestre de cada año, con una desviación estándar igualmente notoria. Lo anterior indica que en determinados años el registro de anomalías térmicas es mayor al esperado de acuerdo con el promedio observado, principalmente en los meses de febrero y marzo (Ver figura 7). Se observa igualmente que durante el periodo de Agosto-Septiembre se presenta un periodo de repunte de eventos pero con una intensidad más baja que anteriormente mencionado, relacionado con el comportamiento bimodal de la temperatura y la precipitación en algunos sectores del país, específicamente de la zona norte.

### *3. Indicador de incidencia de anomalías térmicas calculado para cada bioma*

Como se mencionó, el análisis por bioma se efectuó normalizando los registros obtenidos en cada bioma de acuerdo con la extensión del mismo (No. de registros por cada 100.000Ha). De manera acumulativa (periodo 1997-2009), los biomas que mayor número de anomalías registran corresponden a los "Helobiomas y zonobiomas alterno-hígricos del Valle del Cauca", seguidos de "Peinobiomas de la Amazonía y Orinoquía (AO)", ambos grupos con valores muy superiores a la media nacional registrada en 5.05 eventos/100.000Ha (Ver Figura No. 8). En un segundo grupo se encuentran los "Helobiomas de la AO" y los "Orobiomas de la Macarena y San Lucas", igualmente por encima del promedio nacional pero con valores significativamente inferiores a los inicialmente mencionados. Para el último año analizado (2009), el bioma "Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca" mostró el valor más alto en el país para el indicador de incidencia de fuegos sin discriminar su localización en función del estado de conservación de los ecosistemas. La tabla No. 2, muestra el número de eventos por cada 100.000Ha, discriminado para cada año en cada bioma registrado para el país.

### *4. Indicador de incidencia de anomalías térmicas por bioma (en ecosistemas transformados y predominantemente naturales)*

Con el fin de evaluar la incidencia en ecosistemas naturales y transformados, y así indicar su impacto sobre la biodiversidad, los registros obtenidos para cada bioma se separaron de acuerdo a lo expuesto en la tabla No. 1. La Figura No. 9 muestra en que porcentaje los eventos registrados se ubicaron en ecosistemas naturales o transformados en cada tipo de bioma presente en el país (IDEAM, et al, 2007).

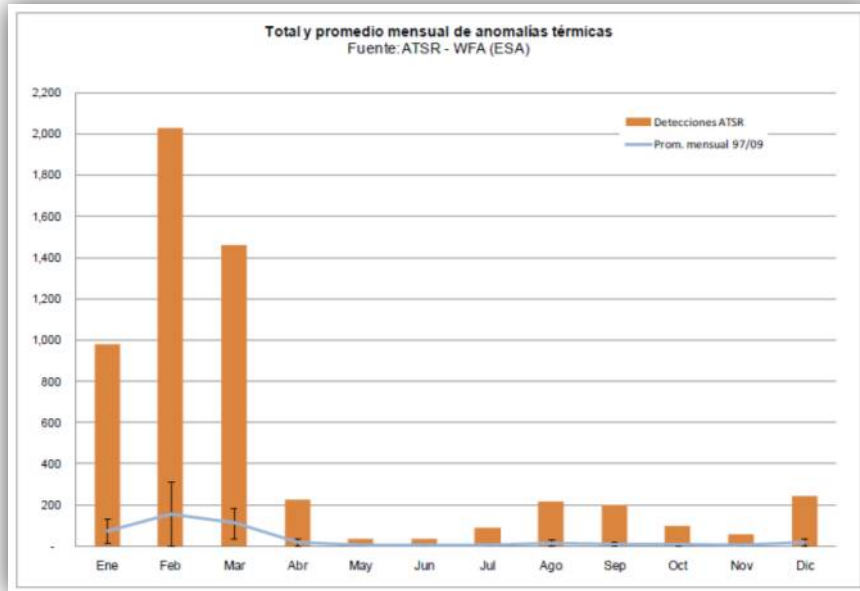


Figura 8. Total y promedio mensual multianual de AT registradas por el sistema ATSR-WFA

Se observa que dos biomas registraron eventos exclusivamente en ecosistemas predominantemente naturales, específicamente el Orobioma de la Macarena (Sierra del mismo nombre) y el Orobioma alto de la Sierra Nevada de Santa Marta (alturas superiores a los 2700 msnm aproximadamente). Un segundo grupo con valores superiores al 70% corresponde a diferentes tipos de bioma ubicados sin excepción en la Amazonía y Orinoquía, especialmente Litobiomas y Peinobiomas, (95% y 85% respectivamente), cuyos ecosistemas se encuentran asociados generalmente a la altillanura de la región orinoquense y transición amazónica (departamentos del Meta y Vichada, entre los ríos Meta y Guaviare y a los afloramientos rocosos y áreas contiguas del Escudo Guyanés).

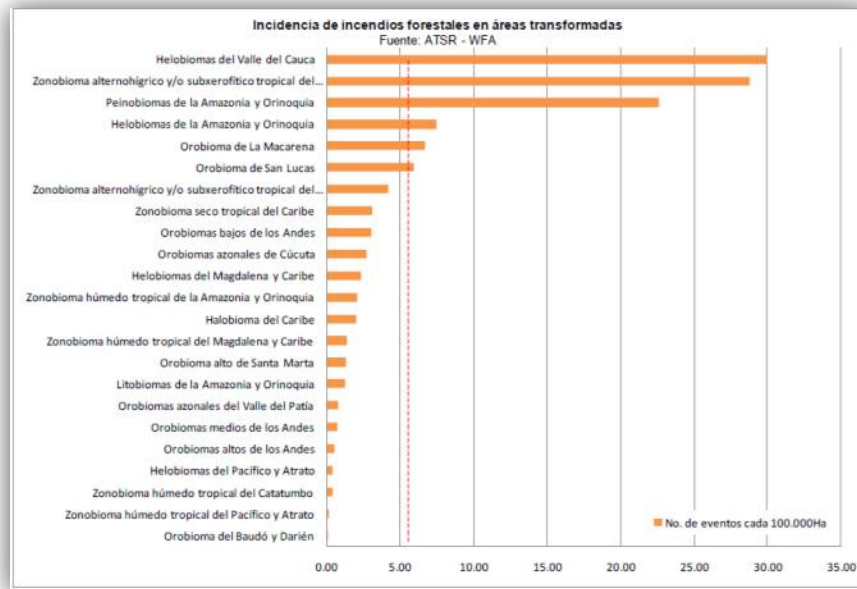


Figura 9. Indicador de incidencia de incendios forestales en los ecosistemas transformados de cada bioma

Los biomas que alcanzaron los niveles más altos en el punto anterior (ubicados en el Valle de Cauca) no registraron eventos en ecosistemas predominantemente naturales, indicando así el uso del fuego exclusivamente para fines agrícolas, probablemente asociado al cultivo de caña de azúcar.

La incidencia de eventos observada en los diferentes tipos de biomas confirma los reportes existentes sobre la distribución de las quemadas en el país y su mayor ocurrencia en la Orinoquía y Amazonia Colombiana en términos absolutos (Armenteras et al, 2009). Sin embargo, se encontró que las áreas con mayor incidencia de fuegos reportadas para Colombia cambian cuando los registros son estandarizados de acuerdo con la superficie de los biomas, (No. de eventos cada 100.000ha) y cuando se analizan ecosistemas naturales y transformados por separado. De esta manera, las áreas de mayor incidencia de incendios forestales en Colombia corresponden a zonas del Valle del Cauca, entre otros, al tiempo que, cuando se analizan ecosistemas naturales exclusivamente, las áreas de mayor incidencia corresponden a litobios y peinobios de la Amazonia y la Orinoquía, así como a la Sierra Nevada de Santa Marta (Orobioma alto de la SNSM) y la Sierra de la Macarena, entre otros.

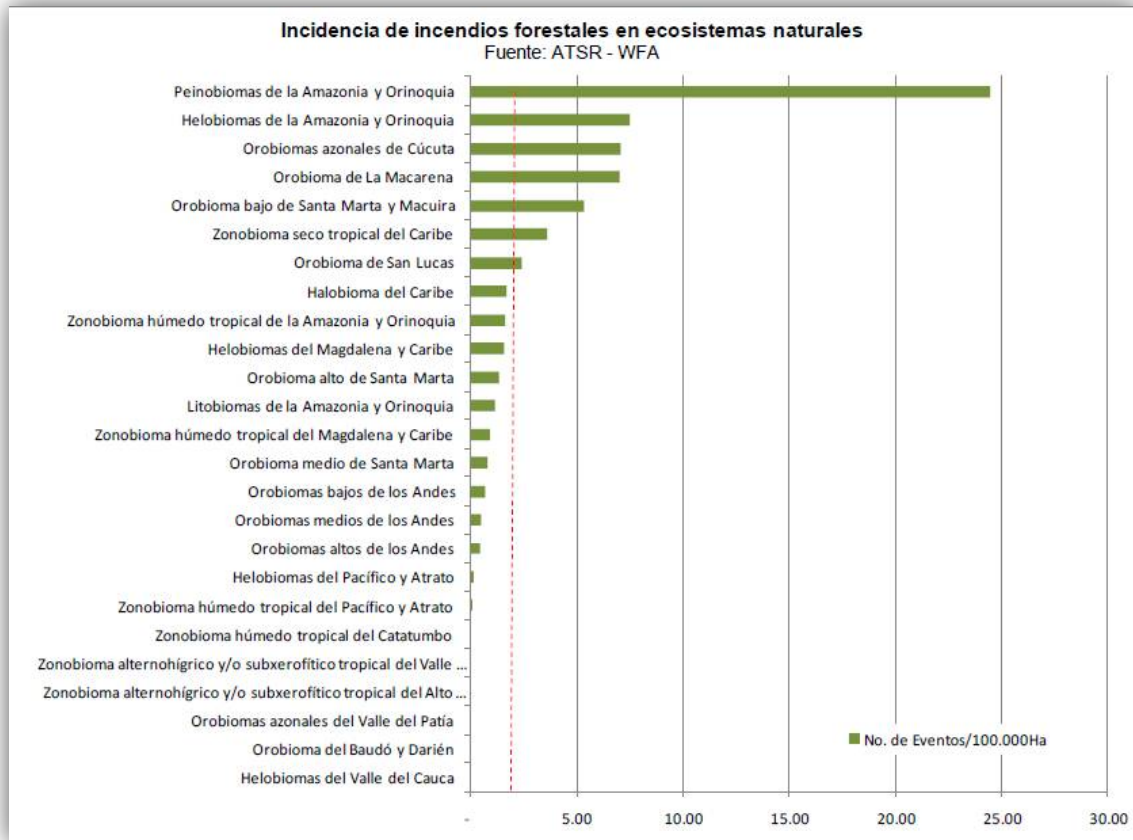


Figura 10. Indicador de incidencia de incendios forestales en los ecosistemas naturales de cada bioma.

Un punto que merece mayor atención es el alto porcentaje de eventos registrados en ecosistemas naturales de los Orobiomas altos de los Andes (62%), Sierra de la Macarena (100%) y Sierra Nevada de Santa Marta (100%), ecosistemas que corresponden a Bosques Alto-andinos y Páramos los cuales, a diferencia de los ecosistemas de sabanas de la Orinoquía, tienen poca relación natural con regímenes de fuego, (Vargas, 1997), indicando un mayor efecto negativo mayor en estos ecosistemas.

Igualmente es importante resaltar el alto número de eventos registrados en los piedemontes de Meta y Caquetá, pertenecientes al zonobioma húmedo tropical de la Amazonía y Orinoquía. Las anomalías térmicas detectadas se ubican generalmente en áreas de borde respecto a la distribución de las áreas selváticas, lo cual indica el uso del fuego para la ampliación de la frontera agrícola en bosques húmedos tropicales, generalmente destinados a la implantación de potreros para ganadería extensiva y cultivos de uso ilícito.

El indicador propuesto y los métodos empleados para su cálculo, mostraron ser útiles para identificar y analizar la dinámica de incendios forestales en Colombia y su distribución de acuerdo con los diferentes biomas y los ecosistemas naturales presentes en ellos. La consistencia de los datos, la facilidad de acceso y uso de los mismos, así como los reducidos costos para su procesamiento y análisis, permiten argumentar que constituyen a largo plazo herramientas eficaces para el registro y monitoreo de los incendios forestales en Colombia. Los resultados obtenidos en términos relativos (distribución, frecuencia) mediante el análisis de anomalías térmicas del sistema ATSR-WFA de la Agencia Espacial Europea pueden no diferir de otros sistemas similares. Sin embargo, el número de anomalías detectadas, en términos absolutos, no es comparable con otros sistemas de detección satelital como MODIS o GOES, dadas las diferencias en las frecuencias de paso de los satélites, algoritmos empleados y la resolución espacial y radiométrica de las imágenes, entre otras características.

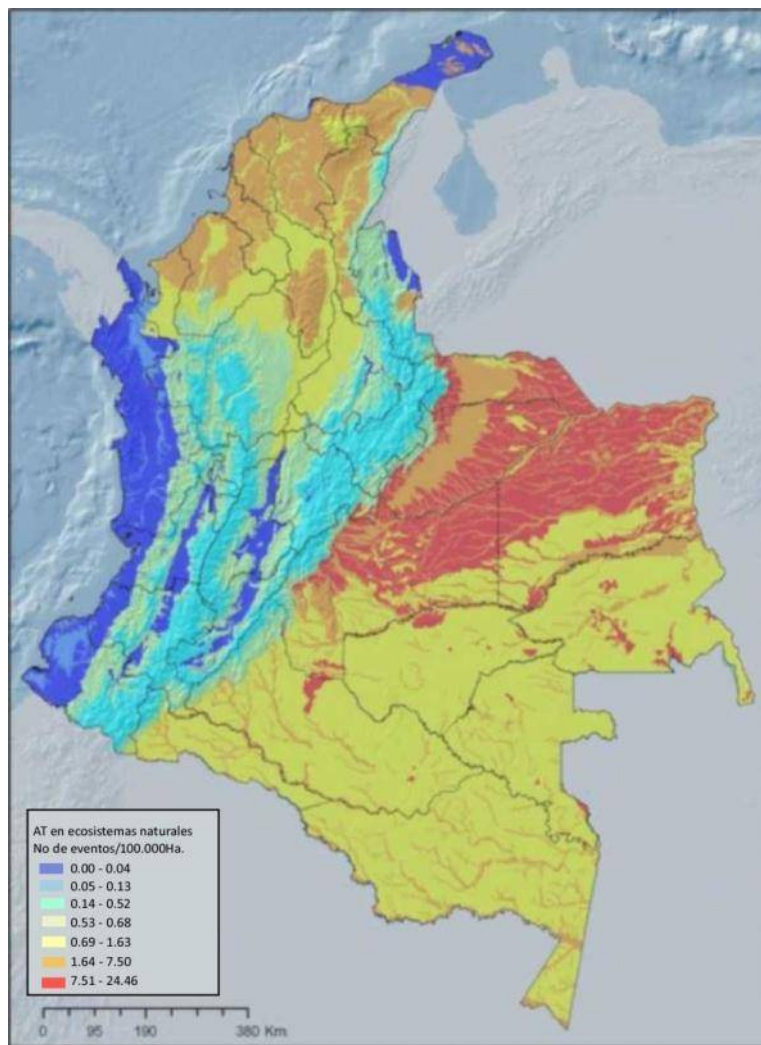


Figura 11. Indicador de incidencia de incendios forestales en ecosistemas naturales de cada tipo de bioma.

## 2.5 Normatividad vigente en el país

NORMA / POLÍTICA	DESCRIPCIÓN
Ley 46 de 1988	Creación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
Decreto 919 de 1989	Reglamentación del Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
La Ley 99 de 1993	Crea el Sistema Nacional Ambiental (SINA) Asignación de funciones específicas a las autoridades ambientales en materia de atención y prevención de desastres con el propósito de proteger el medio ambiente
Ley 322 de 1996	Creación del Sistema Nacional de Bomberos
Documento CONPES 2834 de 1996 “Política de Bosques”	Establece la necesidad de formular y poner en marcha el “Programa Nacional para la Prevención, Control y Extinción de Incendios Forestales y rehabilitación de áreas afectadas”,
Decreto 2340 de 1997	Conformación de las Comisiones Asesoras para la prevención y mitigación de Incendios Forestales en el nivel nacional, regional y local, y asignación de funciones y responsabilidades
Documento CONPES 2948 de 1997	Recomendó acciones para prevenir y mitigar los posibles efectos del Fenómeno del Niño 1997-1998
Ley 599 de 2000 Código Penal	Considera los incendios como delito de peligro común, que pueden ocasionar grave perjuicio para la comunidad y establece sanciones
Documento CONPES 3125 de 2001 Plan Nacional de Desarrollo Forestal	Estableció el Subprograma “Protección en Incendios Forestales”, determinando que deben formularse planes de contingencia regionales y municipales contra incendios forestales; la consolidación de la Red Nacional de los Centros Regionales de Respuesta Inmediata; y el Desarrollo e implementación de mecanismos y sistemas de detección y monitoreo de Incendios Forestales
Documento CONPES 3146 de 2001	Estableció que “El Ministerio del Medio Ambiente (MMA), en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), la Dirección General para la Prevención y Atención de Desastres (DGPAD), Ministerio del Interior (MI), culminará la formulación del Plan Nacional de Acción para la Prevención, Control y Mitigación de Incendios Forestales y Restauración de las Áreas Afectadas

Cuadro 3. Normatividad vigente.

## 2.6 Marco Conceptual

En este capítulo del presente documento se presentan la mayoría de los conceptos involucrados en el proceso de análisis y creación del mapa de riesgo por incendio forestales en el departamento del Cesar, tanto en los temas específicos de cálculo de variables, como temas cartográficos y de sistemas de información geográfica, capacidades pirogénicas de algunas especies y modelos de cálculo utilizando álgebra de mapas.

### 2.6.1 Conceptos referentes a amenaza, vulnerabilidad y riesgo

El estudio requiere igualmente la “estandarización de términos” de tal manera que tanto los técnicos como los administradores y comunidad en general asuman las definiciones correctas para la terminología aquí utilizada.

Considerando que los términos como amenazas, desastres, riesgo vulnerabilidad, etc. para los no especialistas pueden ser casi sinónimos, se presentan en estas páginas introductorias para establecer el referente.

**Las amenazas** se definen como la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, con la capacidad de generar daños o pérdidas en un lugar y momento determinado. Estas pueden ser: naturales, antrópicas o socio-naturales, naturales cuando son por efectos de un sismo, un gran aguacero, una fuerte ventisca, etc, las antrópicas o tecnológicas que se refieren a incendios de estaciones de servicio, incendios por efectos de cableados de energía eléctrica en deficiente estado, y las sociales que no son objeto de este estudio pero hacen referencia a la presencia de grupos irregulares que generan incertidumbre y terror.

Las amenazas, aunque claramente distinguibles según su tipo, rara vez se manifiestan de forma individual y unilateral en la definición de riesgo y desastre. Más bien existen interrelaciones, sinergias y concatenaciones que nos permiten hablar de contextos sociales, territorios o regiones de multi-amenazas o de amenazas complejas.

Se habla de multi-amenazas cuando un área es susceptible de ser afectada por varios tipos distintos de amenazas, por ejemplo amenaza sísmica, volcánica, de inundación, de deslizamiento, etc. Se habla de amenazas complejas cuando al hecho de que una amenaza particular ocurra desate la ocurrencia de otros eventos físicos dañinos. Por ejemplo, el hecho de que un sismo desate proceso de licuefacción y fenómenos de remoción en masa.

El riesgo se relaciona con una situación potencial, con algo que aun no ha sucedido. Siendo la conjugación de la amenaza con la vulnerabilidad, puede definir como las posibles consecuencias desfavorables económicas, sociales y ambientales que pueden presentarse a raíz de la ocurrencia de un evento dañino en un contexto de debilidad social y física ante el mismo.



Para explicarlo más coloquialmente si un gran deslizamiento sucede en un territorio muy alejado y despoblado, aunque la amenaza es alta, no hay elementos vulnerables, entonces el riesgo es despreciable. Si el mismo gran deslizamiento afecta un área poblada con baja densidad, y viviendas estrato 6 (con personas pudientes) la vulnerabilidad física es alta, la vulnerabilidad socio política y económica será baja, el riesgo es por tanto medio, pero si el mismo escenario de un gran deslizamiento se presenta (como es lo corriente) en una zona altamente poblada por personas desplazadas, o en general muy pobres la vulnerabilidad física, social y política es alta entonces se puede esperar un desastre, antes que suceda es necesario intervenir los terrenos y garantizar la vida de las personas y la salvaguarda de sus bienes.

El **riesgo** se evalúa en términos de los daños y las pérdidas que se podrían presentar si ocurre el fenómeno detonante del evento (sismo, lluvia, etc.), los cuales no sólo están relacionados con su fuerza o magnitud (en términos de energía liberada), sino también y principalmente, con la capacidad (o incapacidad) de la sociedad para soportar y sobreponerse del impacto ocasionado por tal fenómeno; tal capacidad o incapacidad se conoce como resiliencia.

El **riesgo** es el “proceso” a través del cual se crean las condiciones para que suceda un desastre, por ello **el desastre** se refiere a las consecuencias de no manejar o intervenir a tiempo las situaciones de riesgo, al hecho cumplido, es un “producto” en el cual se presentan efectivamente los daños y las pérdidas esperadas. Las acciones que toman lugar luego de la ocurrencia de un desastre se conocen como “manejo de desastres” y se caracterizan por ser acciones tendientes a minimizar y compensar el impacto luego, como la ayuda humanitaria, la recuperación y restauración de los niveles de vida de la población afectada.



## 3 AMENAZA

### 3.1 Susceptibilidad de la cobertura vegetal

#### 3.1.1 Clases de coberturas y su espacialidad

Se realizó la clasificación de la cobertura vegetal bajo los métodos de clasificación no supervisada y supervisada. Esta última se basa en la adquisición de muestras o semillas sobre la imagen, a partir de la experticia que se tiene sobre la identificación de unidades ambientales sobre la imagen basándose en la combinación de las bandas espectrales que posee la imagen de satélite.

En la clasificación no supervisada simplemente se indica el número de clases diferentes que desea distinguir en la imagen clasificada, y de forma automática, mediante la utilización de un algoritmo se obtendrá el conjunto de muestras. El algoritmo utilizado en el entrenamiento no supervisado ha sido Isodata.

Isodata es un algoritmo iterativo, donde inicialmente se señalan arbitrariamente los centros de las clases, de acuerdo a un número de clases indicadas por el usuario. Los píxeles se asignan al centro más cercano, y se vuelven a calcular los nuevos centros.

Este proceso se repite hasta alcanzar un número máximo de iteraciones, o hasta que un porcentaje de píxeles queden sin modificar entre dos iteraciones. Este método utiliza la distancia espectral mínima para asignar cada píxel a un centro candidato.

En este algoritmo los parámetros susceptibles de cambio son: `ConvergenceThreshold`, es el porcentaje máximo de píxeles cuyas asignaciones al cluster pueden permanecer inalterados entre dos iteraciones. Puede tomar valores entre 0 y 1.

`Maximum Iterations`, es el número de veces máximo que Isodata se va a ejecutar.

`Nclasses`, es el número de clases que se pretende distinguir en el proceso de clasificación.

En la Clasificación Supervisada cada uno de los píxeles de la imagen a clasificar se compara con cada una de las muestras del conjunto de entrenamiento, según una regla de decisión o algoritmo. Las reglas de decisión para la clasificación supervisada pueden ser:

Paramétricas, se utiliza esta regla de decisión cuando las muestras se basan en parámetros estadísticos.

CLC Colombia	CLC Colombia
<b>1. TERRITORIOS ARTIFICIALIZADOS</b>	<b>3. BOSQUES Y AREAS SEMI NATURALES</b>
1.1. Zonas urbanizadas	3.1. Bosques
1.1.1. Tejido urbano continuo	3.1.1. Bosque natural denso
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	3.1.2. Bosque natural fragmentado
1.2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación	3.1.3. Bosque de galería y/o ripario
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	3.1.4. Bosque de mangle
1.2.2. Red vial, ferroviarias y terrenos asociados	3.1.5. Bosque Plantado
1.2.3. Zonas portuarias	3.2. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
1.2.4. Aeropuertos	3.2.1. Pastos naturales y sabanas
1.2.5. Obras hidráulicas	3.2.2. Arbustos y matorrales
1.3. Zonas de extracción minera y escombreras	3.2.3. Vegetación esclerófila y/o espinosa
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.2.4. Vegetación de páramo y subpáramo
1.3.2. Escombreras y vertederos	3.2.5. Vegetación rupícola
1.4. Zonas verdes artificializadas, no agrícolas	3.3. Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.3.1. Playas, arenales y dunas
1.4.2. Instalaciones recreativas	3.3.2. Afloramientos rocosos
<b>2. TERRITORIOS AGRICOLAS</b>	3.3.3. Tierras desnudas o degradadas
2.1 Cultivos anuales o transitorios	3.3.4. Zonas quemadas
2.1.1 Otros cultivos anuales o transitorios	3.3.5. Zonas glaciares y nivales
2.1.2 Algodón	<b>4. AREAS HUMEDAS</b>
2.1.3 Arroz	4.1. Áreas húmedas continentales
2.1.4 Papa	4.1.1 Zonas Pantanosas
2.2 Cultivos permanentes	4.1.2 Turberas
2.2.1 Otros cultivos permanentes	4.1.3 Esteros
2.2.2 Caña de azúcar	4.1.4 Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
2.2.3 Caña panelera	4.2. Áreas húmedas costeras
2.2.4 Banano y plátano	4.2.1 Marismas costeras
2.2.5 Café	4.2.2 Salinas
2.2.6 Cacao	4.2.3 Zonas intermareales
2.2.7 Palma africana	<b>5. SUPERFICIES DE AGUA</b>
2.2.8 Frutales	5.1. Aguas continentales
2.2.9 Cultivos confinados	5.1.1 Ríos (50 m)
2.3 Pastos	5.1.2 Lagunas, lagos y ciénagas naturales
2.3.1 Pastos limpios	5.1.3 Canales
2.3.2 Pastos arbolados	5.1.4 Embalses y cuerpos de agua
2.3.3 Pastos enmalezados o enrastrados	5.2. Aguas marítimas
2.4 Áreas agrícolas heterogéneas	5.2.1 Lagunas costeras
2.4.1 Mosaico de cultivos	5.2.2 Estuarios
2.4.2 Mosaico de pastos y cultivos	5.2.3 Mares y océanos
2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	5.2.4 Estanques para acuicultura
2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales	

Cuadro 4. Estructura de la leyenda de Corine Land Cover para Colombia.



No Paramétricas, esta regla se utiliza cuando no se tiene un conocimiento a priori de la estructura estadística de las clases. Esta regla se basa en áreas definidas en el espacio de muestras. En caso de las aproximaciones no paramétricas podemos escoger:

Paralelepípedos, se fija un área de dominio para cada categoría, teniendo en cuenta sus valores de centralidad y dispersión. Un píxel se asigna a una clase si sus valores espectrales están dentro del área de dominio.

Espacio de muestras, esta regla de decisión determina si el píxel candidato se encuentra o no dentro de la muestra no paramétrica en la imagen del espacio de muestras.

Para muestras paramétricas, las opciones posibles son las siguientes: Mínima distancia, este algoritmo calcula la distancia espectral entre cada píxel de la imagen y cada uno de los píxeles candidatos dentro del conjunto de muestras. El píxel se asigna a la clase cuya distancia espectral sea mínima.

Distancia de Mahalanobis, es similar a la mínima distancia, con la salvedad de la incorporación de la matriz de covarianza.

Convenciones		Convenciones Tematicas	
	Limite		243, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
<b>Cobertura corine land cover</b>			244, Mosaico de pastos con espacios naturales
<b>CLC, COBERTURA</b>			311, Bosque Natural Denso
	111, Tejido urbano continuo		312, Bosque Natural Fragmentado
	112, Tejido urbano discontinuo		313, Bosque de galería y/o ripario
	121, Zonas industriales o comerciales		315, Bosque Plantado
	122, Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados		321, Pastos naturales y sabanas
	124, Aeropuertos		322, Arbustos y matorrales
	125, Obras hidráulicas		323, Vegetación esclerofila y/o espinosa
	131, Zonas de extracción minera		324, Vegetación de páramo y subpáramo
	211, Otros cultivos anuales o transitorios		325, Vegetación rupicola
	212, Algodón		331, Playas, arenales y dunas
	213, Arroz		332, Afloramientos rocosos
	221, Otros cultivos permanentes		333, Tierras desnudas o degradadas
	222, Caña de azúcar		334, Zonas quemadas
	223, Caña panelera		335, Zonas glaciares y nivales
	224, Banano y Plátano		411, Zonas Pantanosas
	225, Café		414, Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
	227, Palma africana		422, Salinas
	228, Frutales		511, Ríos
	231, Pastos limpios		512, Lagunas, lagos y ciénagas naturales
	232, Pastos arbolados		513, Canales
	233, Pastos enmalezados o enrastrados		514, Embalses y cuerpos de agua artificiales
	241, Mosaico de cultivos		524, Estanques para acuicultura
	242, Mosaico de pastos y cultivos		99, Nube

Cuadro 5. Leyenda del mapa de clasificación de cobertura vegetal.

Máxima probabilidad o regla de decisión de Bayes, se basa en la probabilidad de que un píxel pertenezca a una clase en particular.

Todas las alternativas son contempladas y evaluadas por el algoritmo propuesto, para finalmente obtener la combinación que presente la mejor clasificación.

Para la construcción de la cobertura vegetal y usos del suelo del área de influencia de CORPOCESAR se baso en la metodología CORINE LAND COVER ajustada para Colombia, se decidió por este tipo de metodología ya que en los últimos años se ha convertido en un estándar nacional

en la mayoría de las corporaciones ambientales del país, además de manejar gran cantidad de tipos de cobertura dentro de su leyenda de forma ordenada e intuitiva.

Una de las cosas que posibilita la aplicación de este estándar es que existe un documento de consulta desarrollado con un alto nivel de calidad por parte del IDEAM sobre la cuenca Magdalena - Cauca abarcando la totalidad del departamento del Cesar y entre ella el área de jurisdicción de la corporación

La clasificación se desarrollo por métodos semiautomáticos utilizando las iteraciones mencionadas en párrafos anteriores pero utilizando también el conocimiento adquirido por el personal en las salidas de campo realizadas sobre gran parte del territorio del departamento, el mapa de ubicación de las salidas de campo se encuentra en el SIG, a continuación se muestran la tabla y el mapa resultado del proceso de clasificación de forma general y detallada en los lugares que así lo requiere según los profesionales vinculados al proyecto de generación del mapa de riesgo por incendios forestales en el departamento del Cesar, uno de los elementos que se detecto en las salidas de campo necesarias para el proceso de generar el mapa de cobertura fue la cantidad de quemas que se ejecutan en el territorio, por lo tanto en el mapa de cobertura se tuvo en cuenta este tipo de información para detectar áreas con suelos sometidos a quemas frecuentes y recurrentes en el tiempo.

La imagen que se muestra en Ilustración 25 Leyenda del mapa de clasificación de cobertura vegetal es la leyenda final del mapa de clasificación de cobertura vegetal generado para el area de jurisdicción de CORPOCESAR en el marco del proyecto de generación del mapa de riesgo por incendios forestales en el departamento del Cesar

Tal como se puede ver se generan datos de 35 categorías de cobertura incluidas las nubes, estas categorías corresponden tal como se menciono antes a la metodología corine land cover arrancando en coberturas de protección como los bosques pasando por las tierras agrícolas y pecuarias con los cultivos y los pastos además de zonas mineras llegando a las tierras de paramos y las zonas degradadas y desnudas, como un anexo a este capítulo se entregara una copia de la definición de cada una de estas categorías tomada del documento de corine land cover desarrollado para la cuenca Magdalena Cauca que se ha tomado como estándar para Colombia.



CATEGORIA	AREA HA	PORCENTAJE
Aeropuertos	175.9225	0.01
Afloramientos rocosos	1220.4282	0.05
Algodón	1817.6156	0.08
Arbustos y matorrales	340516.7226	15.02
Arroz	6827.3885	0.30
Banano y Plátano	396.7158	0.02
Bosque Natural Denso	74424.5607	3.28
Bosque Natural Fragmentado	48789.6380	2.15
Bosque Plantado	3336.7226	0.15
Bosque de galería y/o ripario	42281.6800	1.87
Café	9639.6540	0.43
Canales	40.2370	0.00
Caña de azúcar	219.4972	0.01
Caña panelera	3356.1608	0.15
Embalses y cuerpos de agua artificiales	2615.9449	0.12
Estanques para acuicultura	131.7024	0.01
Frutales	294.1845	0.01
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	37572.8105	1.66
Mosaico de cultivos	8766.1210	0.39
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	134582.4599	5.94
Mosaico de pastos con espacios naturales	224957.5546	9.93
Mosaico de pastos y cultivos	167769.6501	7.40
Nube	35328.1123	1.56
Obras hidráulicas	49.5365	0.00
Otros cultivos anuales o transitorios	26654.3488	1.18
Otros cultivos permanentes	5058.0448	0.22
Palma africana	28438.7175	1.25
Pastos arbolados	63465.1748	2.80
Pastos enmalezados o enrastrados	192925.5145	8.51
Pastos limpios	579130.8257	25.55
Pastos naturales y sabanas	78672.2415	3.47
Playas, arenales y dunas	148.2790	0.01
Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados	231.9986	0.01
Ríos	5635.7686	0.25
Salinas	50.1861	0.00

Tejido urbano continuo	7332.5539	0.32
Tejido urbano discontinuo	1229.8690	0.05
Tierras desnudas o degradadas	29851.3817	1.32
Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	2447.2038	0.11
Vegetación de páramo y subpáramo	35587.0923	1.57
Vegetación esclerofila y/o espinosa	9506.2576	0.42
Vegetación rupícola	150.9324	0.01
Zonas Pantanosas	48757.1942	2.15
Zonas de extracción minera	4225.5537	0.19
Zonas glaciares y nivales	167.8179	0.01
Zonas industriales o comerciales	8.8454	0.00
Zonas quemadas	1579.3635	0.07
<b>AREA TOTAL</b>	<b>2266366.1855</b>	<b>100</b>

Cuadro 6. Superficies de cada cobertura vegetal.

En la Cuadro 6. Superficies de cada cobertura vegetal. se ve perfectamente que la gran mayoría del territorio está cubierto por pastos naturales y sabanas con un 25% siendo esta categoría la más inflamable de todas según la tabla de calificación de combustible entregada en los términos de referencia, lo cual plantea ciertas interrogantes que alimentan el análisis del paisaje en materia de amenaza y vulnerabilidad a incendios forestales, ya que teniendo un territorio que en su mayoría se encuentra cubierto por un combustible natural como son los pastos se hace necesario inmediatamente pasar a la siguiente revisión que es la de los factores externos o causas entre las cuales se encuentra el clima y los factores sociales que son abordados en los siguientes capítulos de este documento.

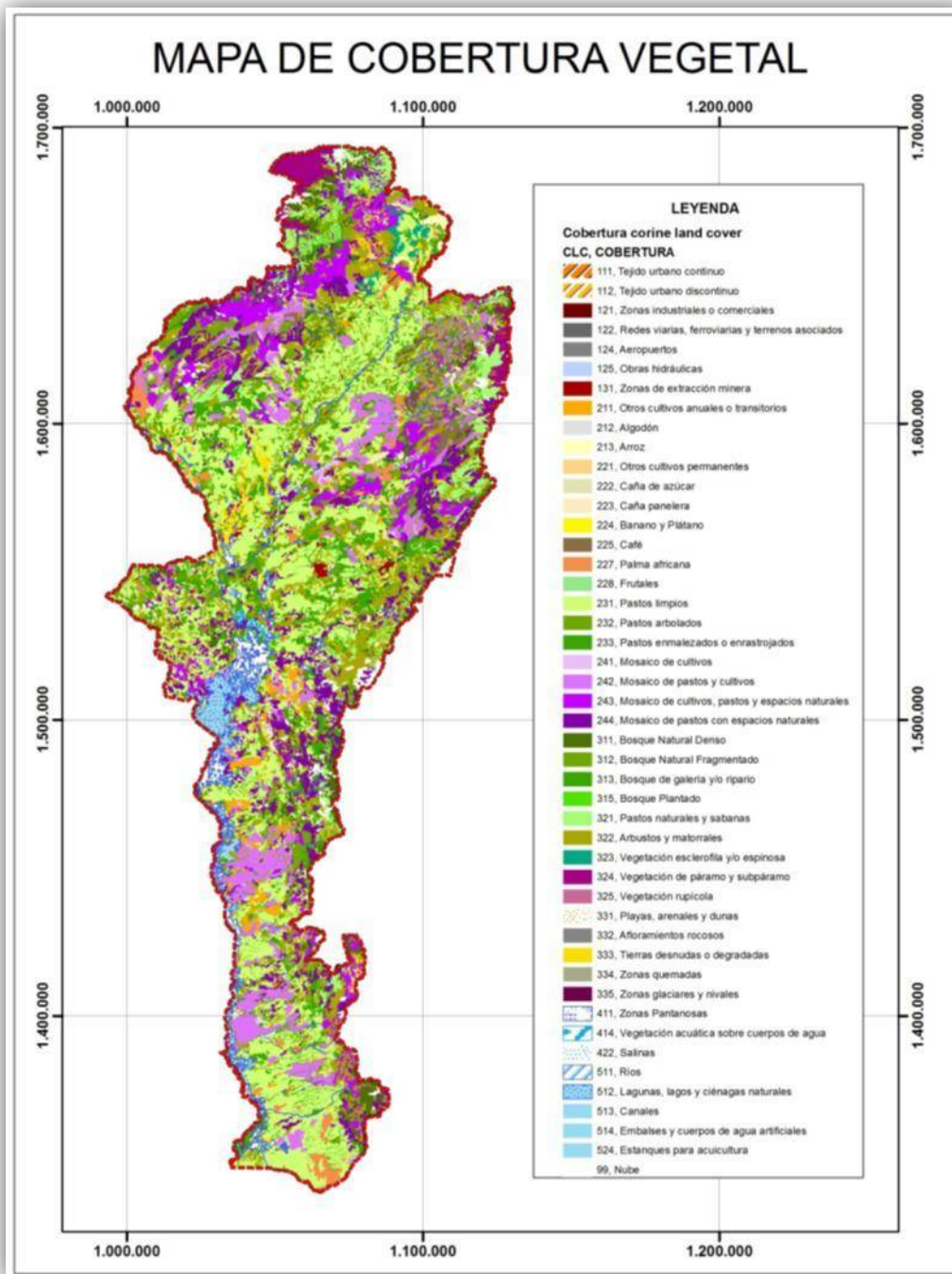


Figura 12. Mapa de Cobertura vegetal del departamento.



### 3.1.2 Tipos de combustible y carga total de combustible

Con el fin de corroborar en campo las diferentes coberturas y zonas de vida identificadas en el mapa de riesgos por incendios forestales del departamento del Cesar, se llevaron a cabo 25 visitas en diferentes municipios del departamento todos ellos con marcadas diferencias en cuanto a su composición florística y disponibilidad de recursos humanos y técnicos para afrontar una posible contingencia por incendio forestal. Los municipios visitados fueron Aguachica, Agustín Codazzi, Astrea, Badillo, Becerril, Chimichagua, Copey, Curumaní, Gamarra, Gonzales, La Gloria, La Jagua de Ibirico, La Paz, Manaure, Pailitas, Patillal, Pelaya, Río de Oro, San Alberto, San Diego, San Martín, Tamalameque, Tanques y Valledupar).

Durante las visitas se actualizó la información básica existente con respecto a la capacidad de los organismos de atención de desastres ante un posible incendio forestal. De igual forma se identificaron las principales especies vegetales presentes en las áreas incendiadas en los últimos meses y con la colaboración de los habitantes de la zona se establecieron aquellas que presentan mayor conflagración así como las causas que las ocasionaron. A continuación se presentan los resultados en cuanto a especies pirogénicas y la descripción de las causas de la conflagración en áreas con reciente actividad de quema o incendio forestal registrado. Los restantes municipios se incluyen en la base de datos con la actualización respectivas pero no cuentan con visita de campo al carecer de incendios recientes.

#### 3.1.2.1 Duración del tipo de combustible dominante

##### 3.1.2.1.1 Pruebas de Conflagración - Metodología

Las pruebas de conflagración se llevaron a cabo en los municipios de **Astrea**, **Pailitas** y **Manaure** todos ellos en jurisdicción del departamento del Cesar, se contó con la colaboración de personal de la región y propietarios de predios quienes suministraron el material vegetal (madera o leña) para las pruebas y estuvieron presentes durante las mismas. Desde el punto de vista florístico el municipio de Pailitas presenta relictos de vegetación de **bosque húmedo tropical** mientras que, en el municipio de Astrea domina el **bosque seco**; por otro lado el municipio de Manaure exhibe elementos tanto de zonas secas como de la formación montano bajo en un marcado gradiente altitudinal que va desde la cabecera municipal hasta la vereda pie del suelo, por la vía que conduce hacia las antenas de telefonía celular. La tabla 1 resume la información concerniente a los sitios donde se desarrollaron las pruebas de conflagración y las especies utilizadas.

MUNICIPIO	LUGAR	ZONA DE VIDA	ESPECIES CONFLAGRADAS	COLABORADOR LOCAL
<b>Astrea</b>	Finca	Bosque seco	<b>Carreto</b> ( <i>Aspidosperma polyneuron</i> ) <b>Puy</b> ( <i>Tabebuia billbergii</i> )	Jhon Jairo Paso cel. 3114359179
<b>Pailitas</b>	Vereda caño arena, finca caño arena	Bosque húmedo	<b>Pepa de burro</b> ( <i>Xilopia aromatica</i> ) <b>Cañafistulo</b> ( <i>Senna sp</i> )	Trino :
<b>Manaure</b>	Vereda pie del cielo, vía que conduce a las antenas de telefonía celular	Bosque montano bajo	<b>Peraleja</b> ( <i>Byrsonima crassifolia</i> ) <b>Mantequillo</b> ( <i>Myrsine sp</i> ) <b>Pasto Yaragua</b> ( <i>Melinis minutiflora</i> )	Douglas Ardila cel. 3106108275

**Cuadro 7. Especies conflagradas.**

En cada punto de prueba se procedió a pesar con una báscula romana portátil cierta cantidad de leña o pasto correspondiente a las especies mencionadas en la tabla anterior, y sugeridas por los lugareños como pirogénicas o muy utilizadas como combustible (dendroenergéticas) en los hogares.

Con cada especie se produjo una conflagración registrando con un termómetro digital las temperaturas alcanzadas así como el tiempo total que duro su incineración. Finalmente se procedió a pesar las cenizas y los fragmentos de carbón para calcular el rendimiento (biomasa final) de cada especie. De igual forma se tomaron muestras de madera para sus respectivos análisis de humedad y densidad en laboratorio. Todo el proceso antes mencionado fue filmado y se entrega como anexo al informe final.



Figura 13. Pesado inicial del material vegetal previo a la incineración (Municipio de Pailitas, Cesar)



Figura 14. Registro de la temperatura de ignición (inicio del fuego)



Figura 15. Incineración total del material vegetal (cenizas y carbón) restantes.



Figura 16. Pesado final de los restos del material vegetal (cenizas y carbón)

### 3.1.2.2 Resultados

Los resultados obtenidos durante las pruebas de conflagración de siete especies vegetales pertenecientes a tres zonas de vida en el departamento del Cesar, indican que la especie más pirogénica es el **“pasto yaragua”** (*Melinis minutiflora*) la cual alcanza temperaturas superiores a 150 C° en menos de cinco minutos con alturas de llama superiores a dos metros (obs pers); sumado a ello es notoria la abundancia de este pasto en los cerros que bordean el municipio de Manaure y las zonas bajas de Astrea siendo un poderoso combustible vegetal que facilita que las demás especies leñosas alcancen su temperatura de ignición la cual es normalmente del orden de los 200 C°, ahora bien, si esta vegetación ha estado expuesta al calor por largos periodos de tiempo, como es el caso del verano la temperatura de ignición puede ser mucho menor y aumenta la probabilidad de autoiniciar un incendio. Otras especies forestales como el **“Pepa de burro”** (*Xilopia aromatica*) y el **“cañafistulo”** (*Senna sp*) presentaron las mayores temperaturas una vez se inicia el fuego, hecho bien conocido por los lugareños quienes las utilizan como leña para brasas debido a la gran cantidad de energía (poder calorífico) que desprenden lo que las constituye en poderosas propagadoras de incendios. (ver tabla 1)

Cuadro 8. Resultado de las pruebas de conflagración de siete especies vegetales del departamento del Cesar

Especie	Peso inicial (Kg)	Peso final(Kg)	Tem de ignición promedio C°	Tiempo total de conflagración (minutos)
“Carreto” <i>Aspidosperma polyneuron</i>	10	2	135	160
“Puy” ( <i>Tabebuia billbergii</i> )	10	3	258	185
“Pepa de burro” ( <i>Xilopia aromatica</i> )	45	4	311	160
“Cañafistulo” ( <i>Senna sp</i> )	46	4	312	115
“Peraleja” ( <i>Byrsonima crassifolia</i> )	10	1	223	120
“Mantequillo” ( <i>Myrsine sp</i> )	6	1	172	130
“Pasto Yaragua” ( <i>Melinis minutiflora</i> )	2	0.25	170	5

### 3.1.3 Biomasa

Desde el punto de vista de la ecología la biomasa se define como el conjunto de recursos forestales plantas terrestres y acuáticas y de residuos y subproductos agrícolas cuya fuente de energía puede ser aprovechada para como combustible a través de su transformación. En el caso de los incendios forestales toda la energía almacenada en las moléculas de celulosa de la madera, follaje y ramaje es liberada) mediante la quema. Cada una de las partes de un árbol produce determinado porcentaje de biomasa y por ende de energía al ser conflagrado, de esta forma tenemos que el tocón y las raíces aportan un valor medio del 20%, el tronco el 60% y la copa el 20%.

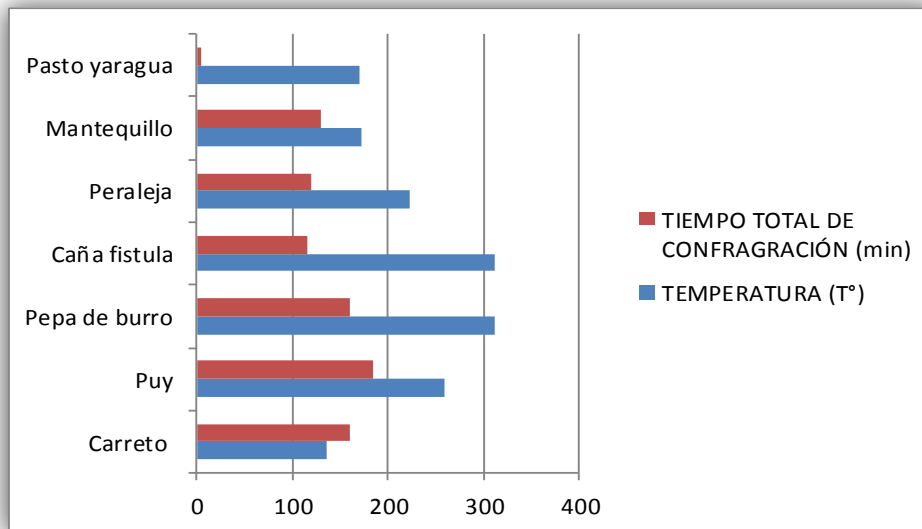


Figura 17. Grafica Tiempo de conflagración Vs Temperatura

En el caso de los incendios forestales dependiendo de la magnitud pueden ser afectadas todas o solo algunas partes de los arboles, en todo caso casi siempre el individuo perece o queda seriamente comprometido en sus procesos fisiológicos.

La disponibilidad de información de biomasa para las diferentes formaciones vegetales del Cesar, es bastante dispersa, y corresponde principalmente a levantamientos puntuales de vegetación donde se cuantifican datos estructurales a partir de los valores diamétricos y de alturas. A continuación se presentan algunos ejemplos de muestreos realizados en varias formaciones vegetales del departamento del Cesar, que pueden servir como aproximaciones de la cantidad de biomasa disponible en determinadas formaciones vegetales.

### 3.1.3.1.1 Biomasa en bosques húmedos riparios

Este tipo de formación corresponde a los árboles que crecen en las orillas de los cuerpos de agua cubriendo todos los lechos. Estos sectores normalmente concentran más biomasa que el resto de formaciones debido a que la presión por tala es menor con disponibilidad permanente de agua para las raíces y por ende los individuos pueden alcanzar notable desarrollo.

Cálculos aproximados del volumen de biomasa en parcelas de 0.1 ha ( 1000m<sup>2</sup> ) de este tipo formación vegetal en el municipio de Agustín Codazzi alcanzaron hasta **6.7 m<sup>3</sup>** para un total de 145 individuos  $\geq$  2.5 cm de DAP (diámetro a la altura del pecho).

Estos parches de bosque ripario húmedo albergan especies arbóreas de zonas bajas muy conocidas en gran parte del departamento del Cesar algunas de ellas amenazadas de extinción o valoradas como maderas y leña por su reconocido poder calorífico entre ellas tenemos el “**cedro cebollo**” (*Cedrela odorata*) o el “**resbala mono**” (*Bursera simaruba*), “**ceiba de leche**” (*Hura crepitans*), “**corazón fino**” (*Platymiscium pinnatum*), “**algarrobo**” (*Hymenaea courbaril*), “**quebracho**” (*Astronium graveolens*), **guasimo** (*Guazuma ulmifolia*), **varasanta** (*Triplaris americana*) y “**camajón**” (*Sterculia apetala*) entre otras.

Otros fragmentos de bosque húmedo ubicados al sur del departamento en el municipio de San Alberto donde el uso del suelo es mayormente destinado a la ganadería o la palma africana muestran datos de diversidad y biomasa mucho más bajos; tal es el caso de la vereda **los tendidos** donde se censaron 193 individuos segregados en 23 familias vegetales y 46 morfoespecies, 22 de ellas son dicotiledóneas y solo una monocotiledonea la “Palma vino” (*Attalea butyracea*) creciendo aislada en las sabanas inundables.

La estructura de la vegetación en éstos relictos boscosos se reduce a un solo estrato el dosel, que en todo caso siempre alcanza por lo menos 12 metros y estuvo conformado casi siempre por las especies *Cordia gerascanthus* y *Spondias mombin*. Entre los individuos emergentes con más de 20 metros de altura figuran *Luehea seemannii*, *Hura crepitans* y *Anacardium excelsum*. Los estratos inferiores se observan las especies *Heliconia* sp, Annonaceae sp, Flacourtiaceae sp y *Guarea* sp.

DIVERSIDAD FLORÍSTICA DEL MUNICIPIO DE SAN ALBERTO		
(Vereda Los Tendidos)		
TAXÓN	FAMILIA	MORFO - ESPECIE
Pteridophytos	0	0
Gimnospermas	0	0
Angiospermas	23	46
Dicotiledóneas	22	45
Monocotiledoneas	1	1
Total	23	46

Cuadro 9. Riqueza florística encontrada en el bosque de la vereda los Tendidos.

PARAMETROS ECOLÓGICOS	ESPECIES	VALOR
DENSIDAD RELATIVA (%)	Annonaceae sp	17.6
	<i>Cordia gerascanthus</i>	12.4
	<i>Spondias mombin</i>	11.3
	Sapindaceae sp	9.3
	<i>Luehea seemannii</i>	4.6
DOMINANCIA RELATIVA (%)	<i>Ficus</i> sp	10.7
	<i>Spondias mombin</i>	9.4
	Annonaceae sp	8.7
	<i>Cordia gerascanthus</i>	8.3
	<i>Anacardium excelsum</i>	7.3
INDICE DE VALOR DE IMPORTANCIA (IVI/300)	Annonaceae sp	33.6
	<i>Spondias mombin</i>	29.2
	<i>Cordia gerascanthus</i>	26.0
	Sapindaceae sp	17.8
	<i>Luehea seemannii</i>	15.8

Cuadro 10. Principales parámetros estructurales del bosque en la Vereda los Tendidos, Municipio de San Alberto, Cesar



Otros bosques estudiados al sur del departamento del Cesar en el municipio de Rio de Oro, muestran que la mayor cantidad de biomasa se encuentra repartida en los diámetros menores (arbustos o arboles juveniles). En la grafica se observa como la curva de crecimiento en J invertida se da para el bosque de la vereda Cocosolo del municipio de Rio de Oro, significa esto que este se encuentra en buen estado de conservación y no ha sido sometido a entresaque severo, ya que existen testigos de todas las estirpes diamétricas. En la grafica se observa como las clases **diamétricas** superiores a 40 cm disminuyen considerablemente y las mayores de 80 cm desaparecen por completo como consecuencia de un aprovechamiento forestal o entresaque ocurrido en el pasado.

### 3.1.3.2 *Análisis del estado de los bosques basado en los histogramas de clases diamétricas*

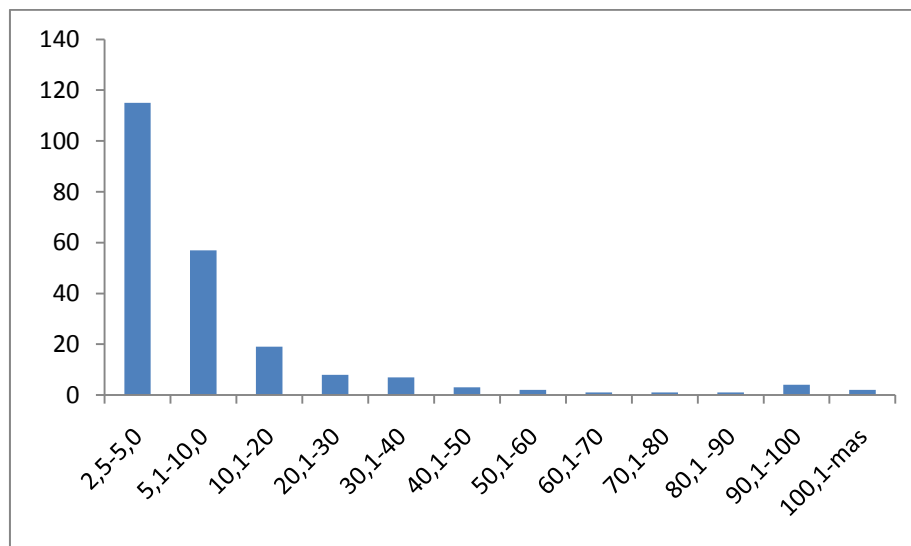


Figura 18. Histograma de frecuencias diamétricas en la vereda Cocosolo.

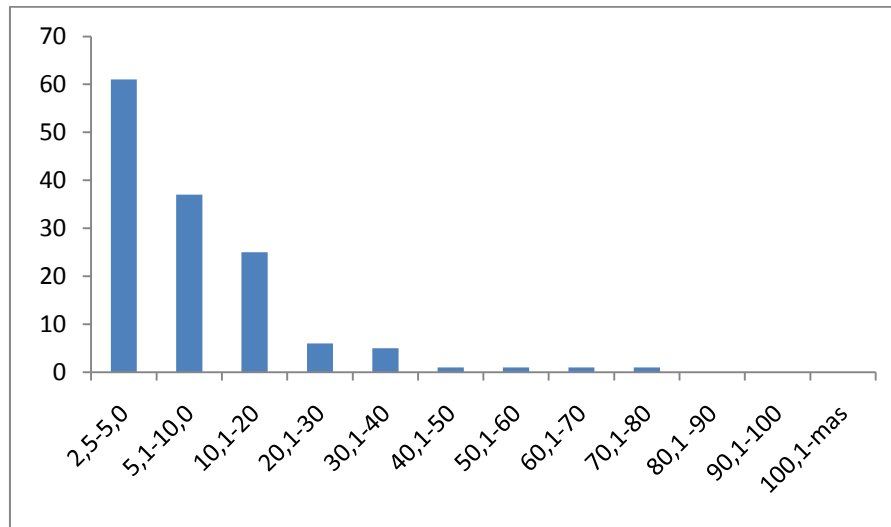


Figura 19. Histograma de clases diamétricas en la vereda Tunja del municipio de Rio de Oro.

En contraste, el resto del territorio ubicado a similares altitudes donde el uso del suelo ha sido transformado, y las especies arbóreas arrasadas la cantidad de biomasa (madera) disponible para arder durante un eventual incendio es mucho menor, siendo reemplazada por especies arbustivas y herbáceas de conflagración rápida y efímera, como son las coberturas denominadas **pajonales abiertos** donde pululan especies herbáceas altamente pirogénicas como el **pasto gordura** (*Melinis minutiflora*), *Hyparrhenia rufa* y **pasto rabo de zorro** (*Andropogon fastigiatus*) extendidas por todas las zonas bajas y cálidas del departamento al igual que otras herbáceas como *Chamaecrista* sp, *Desmanthus virgatus*, *Desmodium cajanifolium*, *Aeschynomene* sp, *Crotalaria* sp, *Gnaphalium lanuginosum*, *Dioclea sericea*, *Euphorbia* sp, y *Clidemia* sp, *Tephrosia caribaea* entre otras.

La cobertura conocida como **matorrales espinosos** contienen especies adaptadas a la extrema sequedad y varias de ellas son tolerantes al fuego, entre las más importantes tenemos **algodoncillo** (*Calotropis procera*), *Arrabidaea corallina*, **bejuco de agua** (*Cydista diversifolia*), **Pui** (*Tabebuia bilbergii*), **Jobito** (*Cordia dentata*), **piñuela** (*Aechmea magdalenae*), **maya** (*Bromelia pinguin*), **Guamacho** (*Pereskia guamacho*), **naranjuelo** (*Crataeva tapia*), *Capparis baducca*, **bejuco escalera** (*Bauhinia glabra*), **dividivi** (*Caesalpinia coriaria*), **trupillo** (*Prosopis juliflora*), **corioto** (*Pithecellobium subglobosum*), **Brasil** (*Haematoxylum brasiletto*), **cruceto** (*Randia armata*), *Palicourea rigida*, **huevo de gato** (*Stemmadenia grandiflora*) y **Guayacán amarillo** (*Bulnesia arborea*).

Los **pajonales arbolados** se caracterizan por la dominancia de unos pocos elementos arbustivos como son el **peralejo** (*Curatella americana*) y la **peraleja o chaparro** (*Byrsonima crassifolia*) llamados así por la asociación que forma en bastas regiones del Cesar, donde crecen juntas

constituyendo un apreciado recurso forestal y dendroenergetico para los lugareños. Igualmente son importantes otras especies como *Barnadesia* sp, **alcornoque** (*Bowdichia virgilioides*), **granadillo** (*Laphoensia puniceifolia*), *Miconia theaezans*, **cotorrero** (*Guapira* sp), *Securidaca diversifolia*, **Rabiacana** (*Alibertia edulis*), y *Roupala* sp.

### 3.1.4 Suceptibilidad de la cobertura y causalidad

Son varias las razones o causas que pueden causar un incendio forestal, sin embargo existen algunas prácticas culturales relacionadas con la preparación de la tierra o despeje de la misma para la siembra al igual que prácticas culturales de caza que no pocas veces han terminado en descomunales incendios en el departamento de Cesar.

Particularmente el municipio de **Astrea** presenta extensas quemadas algunas de ellas superiores a 600 ha para el establecimiento de cultivos de maíz, sorgo y patilla sustento de la región. La vegetación corresponde a la zona de vida **bosque seco tropical** con abundantes leguminosa y arbustos espinosos en extremo pirogénicos principalmente en temporada de verano entre estos sobresalen **“trupillo”** (*Prosopis juliflora*), **“aromo”** (*Acacia farnesiana*) y el **“pasto cucuyina”** (*Andropogon bicornis*). El método de cultivo consiste en la tala rasa de los individuos arbóreos y arbustivos los cuales se dejan a la intemperie durante el verano para que la madera se seque y posteriormente se queman, antes de la siembra al comienzo del invierno. Entre las especies más abundantes en el punto de corroboración de quema se encuentran **“quebracho”** (*Astronium graveolens*), **“guácimo”** (*Guazuma ulmifolia*), y **“dividivi”** (*Caesalpinia coriaria*), **“guayacán amarillo”** (*Bulnesia arborea*) y **“olivo”** (*Capparis odoratissima*)

En ese mismo sentido, el municipio de **Chimichagua** se halla ubicado a orillas de la ciénaga de Zapatosa, con su llamativa y abundante vegetación macrofita así como algunos elementos arbóreos presentes en la interface tierra agua. Específicamente los sitios conocidos como “Isla de la Yeguas” e “isla del amor” tienen un historial de incendios forestales ocasionados anualmente por una actividad cultural de la región como es la cacería de tortugas icoteas (*Trachemys scripta callirostris*).

Durante los meses de verano el nivel del agua disminuye dejando en la orilla enormes cantidades de una planta acuática denominada **“tarulla”** (*Eichhornia crassipes*); así mismo otra especie conocida como **“bejuco sapo”** (*Gonolobus* sp) queda anclada a las copas de los árboles con longitudes que pueden llegar hasta el suelo colgando y dando la apariencia de ranchos en medio de la ciénaga. Ahora bien, bajo los “colchones” de tarulla seca se encuentran las tortugas protegiéndose de las altas temperaturas de la zona, por lo cual los lugareños prenden fuego a la planta para obligarlas a salir, no pocas veces esta práctica se ha salido de control debido a la alta combustión que tiene la tarulla seca, la cual al hacer contacto con el bejuco sapo, permite el

ascenso del fuego sin control hasta la copa de los árboles propagándose más de 4 ha dentro de la ciénaga según vez cálculos de los pescadores. Otras especies reconocidas por los pescadores como altamente pirogénicas en verano, son el “**canutillo o gramalote**” (*Paspalum* sp), “**Zarza**” (*Mimosa pigra*), “**naranjuelo**” (*Crateva tapia*), “**fruto dorado**” (*Casearia corymbosa*) y “**palma lata**” (*Bactris guineensis*).

El municipio de **Manaure** presenta un gradiente altitudinal considerable, en los cerros que bordean el casco urbano (serranía del perijá) se puede distinguir distintos tipos de vegetación que van desde el bosque seco hasta el **montano bajo** en el sitio de las visitas de campo. A pesar de lo abrupto del terreno, las quemadas en este sector son constantes para la agricultura. Según los pobladores varias veces han ardido estos cerros cuando las quemadas se les salen de control, reconociendo a la especie “**yaragua**” (*Melinis minutiflora*) como una de las más pirogénicas y propagadoras, de igual forma vastos sectores se encuentran cubiertos de helecho marranero (*Pteridium aquilinum*) el cual se asocia con episodios pasados de quema. Los arbustos más frecuentes y utilizados como leña corresponden a especies adaptadas a terrenos áridos creciendo en laderas como la “**peraleja**” (*Byrsonima crassifolia*), “**mantequillo**” (*Myrsine* sp) y **arrayán** (*Calycolpus moritzianum*) igualmente se encontró en un incendio reciente individuos de *Roupala* sp totalmente quemados en su tronco pero con follaje nuevo signo de tolerancia al fuego, hecho por el cual debería ser tenida en cuenta en los planes de restauración o reforestación protectora de este municipio.

La formación **bosque seco tropical** y **matorral espinoso** se ve muy bien representada en cuanto a composición florística en el municipio de **San Diego**, la diversidad de especies observadas es considerable principalmente leguminosas arbustivas. Las quemadas en este municipio tienen dos fines, la producción de carbón vegetal y la agricultura (yuca y patilla) principalmente. Según los pobladores especies como el “**dividivi**” (*Caesalpinia coriaria*), “**gusanero**” (*Astronium graveolens*) son ideales para hacer carbón. Mientras que árboles como el “**guamacho**” (*Pereskia guamacho*) toleran muy bien el fuego. Durante las visitas de campo en el predio el salado, se pudo constatar la tumba y posterior quema de vegetación para la siembra. Entre los elementos más frecuentes en la zona se encuentran “**trupillo**” (*Prosopis juliflora*), “**pijiño**” (*Simira cordifolia*), “**huevos de gato**” (*Stemmadenia grandiflora*), “**Guasimo**” (*Guazuma ulmifolia*), “**alcornoque**” (*Bowdichia virgiliodes*) “**Camajón**” (*Sterculia apetala*), “**campano**” (*Samanea saman*), “**ceiba de leche**” (*Hura crepitans*) y “**caracoli**” (*Anacardium excelsum*).

### 3.1.5 Capacidad pirogénica de la vegetación del departamento.

Después de generado y revisado el mapa de cobertura vegetal del área de trabajo se genera el mapa de capacidad pirogénica, en el cual se evalúa la disposición de cada una de las coberturas vegetales presentes para avivar un fuego y de esta forma servir como combustibles en un incendio forestal, esta evaluación se da por medio de la asignación de un valor a cada una de las coberturas dependiendo del Cuadro 11. Calificación de cada tipo de combustible.

TIPO DE COMBUSTIBLE	VALOR
Árboles	2
Árboles y arbustos	3
Arbustos	4
Hierbas	4
Pastos / hierbas	5
Pastos	5
No combustibles	1
Áreas urbanas	1

Cuadro 11. Calificación de cada tipo de combustible

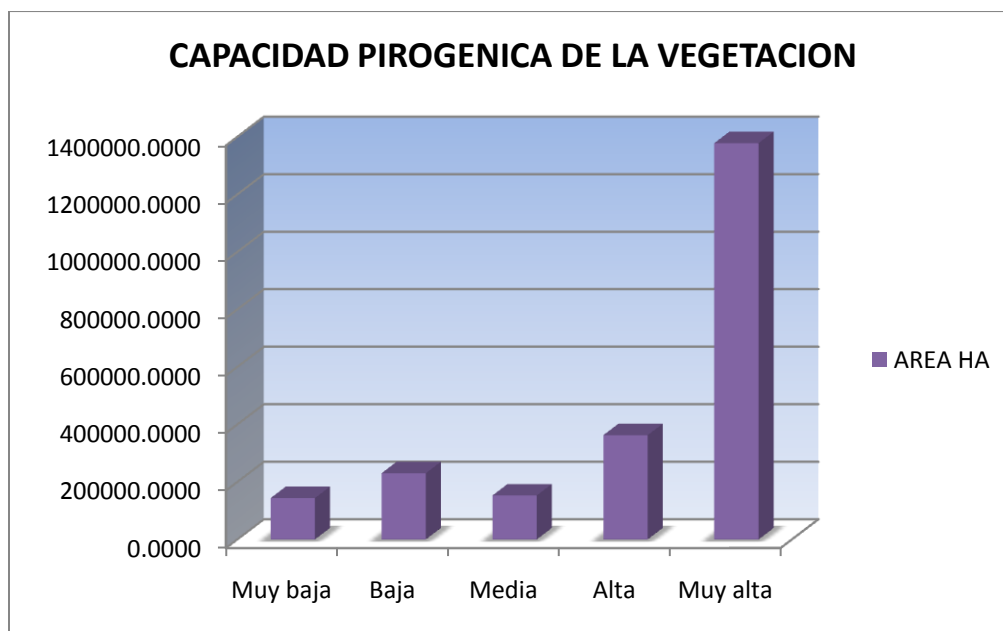


Figura 20. Calificación de las coberturas vegetales según capacidad pirogénica

Tal como se puede ver en la grafica la transformación de la cobertura que ha llevado a la mayoría del territorio a convertirse en pastos para ganadería ha provocado un aumento considerable en la susceptibilidad del territorio a los incendios forestales, ya que los pastos son la cobertura mas inflamable y en este momento y tal como se ve en Figura 20. Calificación de las coberturas vegetales según capacidad pirogénica la mayor parte del territorio se encuentra en este rango, situación preocupante por demás.

### 3.2 Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada NDVI

Para determinar la densidad de color verde en un territorio determinado; para este caso el departamento del Cesar, se procesan las imágenes disponibles banda a banda (longitudes de onda) de luz visible e infrarroja cercana reflejada por las plantas. Ciertas longitudes de onda del espectro son absorbidas y otras longitudes de onda reflejadas. El pigmento en las hojas, la clorofila, absorbe fuertemente la luz visible (0,4 a 0,7 micras) para su uso en la fotosíntesis. La estructura celular de las hojas, por el contrario, refleja claramente el infrarrojo cercano (0,7 a 1,1 micras). El mayor número de hojas de una planta tiene, más las longitudes de onda de la luz se ven afectados, respectivamente.

La actividad clorofílica de la vegetación evaluada a través de la comparación de los índices como el NDVI, que se calcula a partir de la luz visible e infrarroja cercana reflejada por la vegetación. La siguiente ilustración muestra vegetación sana (izquierda) absorbe la mayor parte de la luz visible que le llega, y refleja una gran parte de la luz en el infrarrojo cercano. Vegetación escasa o insalubres (derecha) refleja la luz más visible y menos luz en el infrarrojo cercano. Los números de la figura de arriba son representativos de los valores reales, pero la vegetación real es mucho más variada.

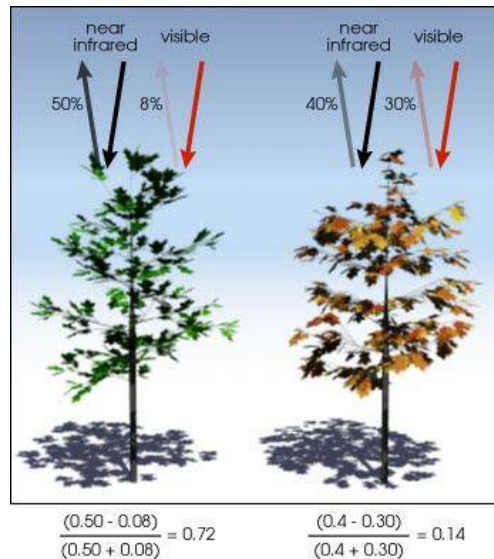


Figura 21. Esquema de funcionamiento del índice NDVI

Fuente: [http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring\\_vegetation\\_2.php](http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php)

(Ilustración de Robert Simmon).

Casi todos los índices de vegetación por satélite emplean esta fórmula para cuantificar la densidad de crecimiento de las plantas en la Tierra - cerca de la radiación infrarroja menos radiación visible, dividido por cerca de la radiación infrarroja y radiación visible. El resultado de esta fórmula se llama el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI). Escrito matemáticamente, la fórmula es:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{VIS}) / (\text{NIR} + \text{VIS})$$

Los cálculos de NDVI para un píxel dado, siempre se traduce en un número que oscila entre menos uno (-1) para más uno (+1), sin embargo, no hay hojas verdes le da un valor cercano a cero. Un cero significa que no hay vegetación y cerca de 1 (0,8 - 0,9) indica que la mayor densidad posible de hojas verdes.

Este análisis sirve para establecer las áreas donde la actividad clorofílica es mayor, por tanto la biomasa y su volumen consecuentemente serán mayores.

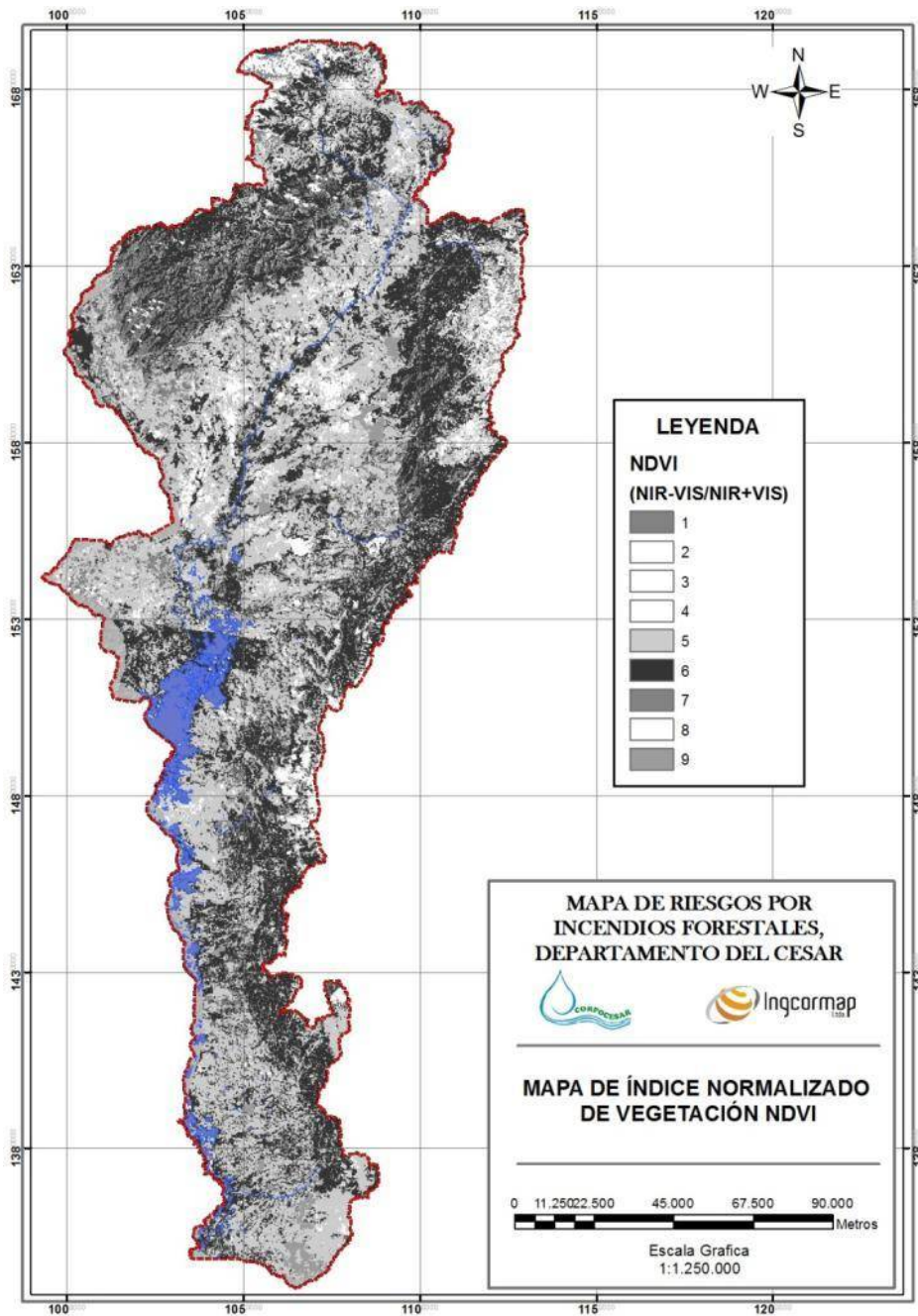


Figura 22. Mapa de NDVI



Este calculo es útil para saber si la estructura y el funcionamiento de los sistemas que albergan se mantienen a lo largo del tiempo y poder cuantificar los eventuales cambios especialmente en la intervención de áreas boscosas. Como resultado, estas evaluaciones deberían poder identificar qué áreas, ecosistemas, biomas e, incluso, municipios están sufriendo los mayores cambios, y qué relación tienen las áreas con mayor biomasa en los análisis de incendios.

El resultado expresado espacialmente en la anterior figura muestra la clara correlación entre las áreas con mayor actividad clorofílica con la frecuencia de los puntos de calor, salvo el sector de las sabanas de Ariguani: Astrea, Chimichagua, y parte de Tamalameque.

### 3.3 Mapa de duración de la combustión

La cantidad de tiempo que puede durar una conflagración depende de muchos factores como por ejemplo los vientos, la cantidad de humedad presente en el material combustible, etc. pero el más importante es el tipo de cobertura o dicho de otro modo el tipo de combustible, por lo tanto se puede realizar una mapa de duración de la combustión basándose para ello en el mapa de cobertura vegetal caracterizando cada una de las coberturas por medio de la siguiente tabla, clasificando cada cobertura por el tiempo aproximado de duración de una conflagración cuando esta es utilizada como combustible de la misma.

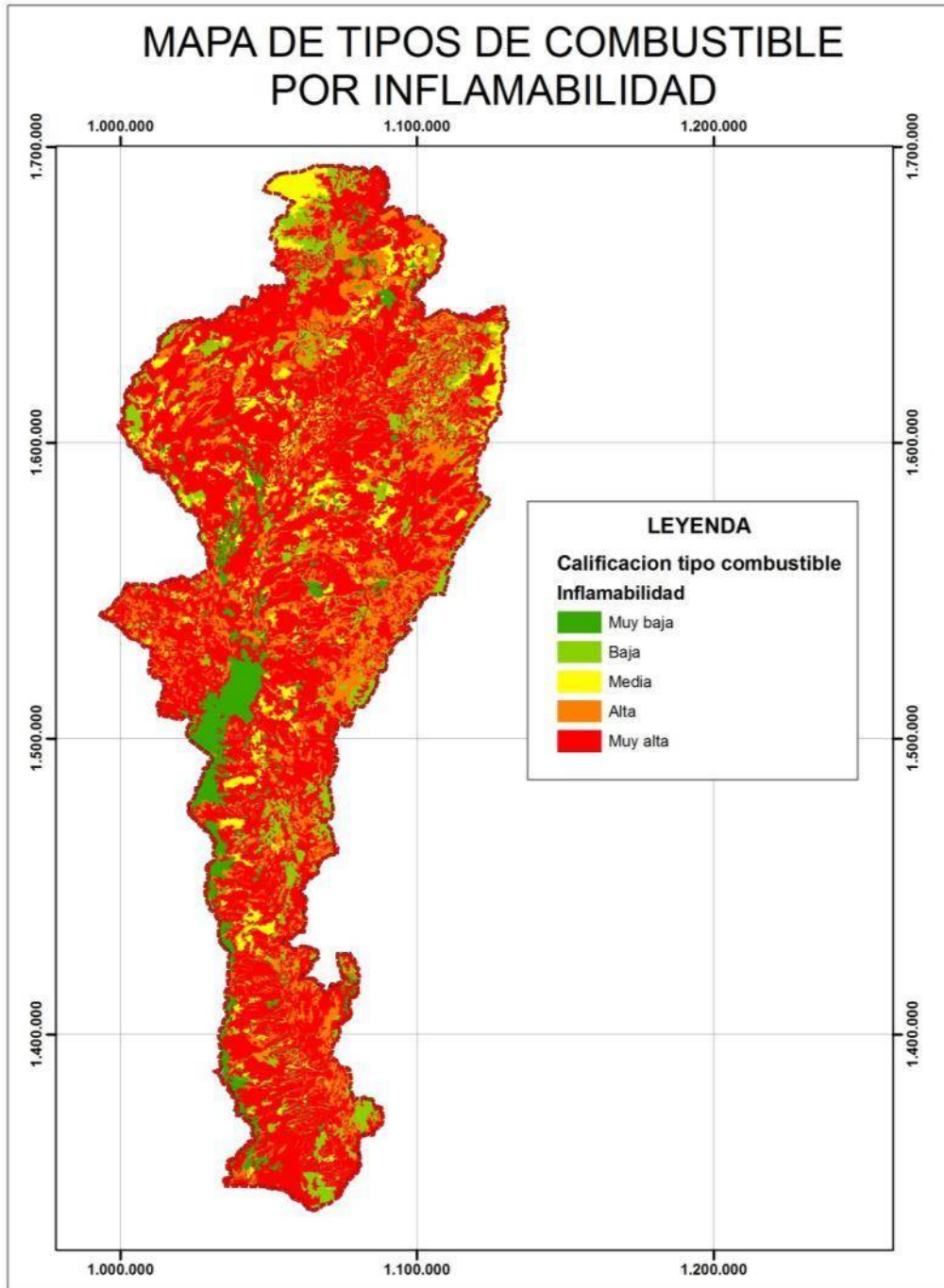


Figura 23. Mapa de capacidad Pirogénica

DURACION	CATEGORIA	AREA HA	PORCENTAGE
1	No combustible	143472.5975	6.330512624
2	100 Horas de combustión (Predominio de arboles)	597124.6802	26.34722862
3	10 Horas de combustión (Predominio de arbustos y hierbas)	675040.3263	29.78513934
4	1 Hora de combustión (predominio de pastos)	850728.5817	37.53711942
<b>AREA TOTAL</b>		<b>2266366.1857</b>	<b>100</b>

**Cuadro 12. Duración de la conflagración por tipo de cobertura.**

Tal como se puede ver en el Cuadro 12. Duración de la conflagración por tipo de cobertura. y se corrobora en el mapa de cobertura vegetal el tipo de combustible mas inflamable son los pastos que contienen un 37% del territorio por lo tanto la mayoría de los incendios forestales en este territorio son de conflagración rápida, situación que a primera vista podría ser vista como una ventaja pero que cuando se analizan las demás variables como por ejemplo la topografía de los sectores en los cuales hay pastos se convierte en una desventaja primaria ya que estos territorios son normalmente planos ayudando con esto a la propagación del fuego sin ninguna barrera natural que lo impida, sobre todo al centro-norte del departamento en los municipios de Valledupar y Astrea, El paso y Bosconia, tal como se puede ver en **¡Error! No se encuentra el rigen de la referencia.** y en el sur en los territorios de San Alberto, San Martin y Aguachica tal como se puede ver en **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

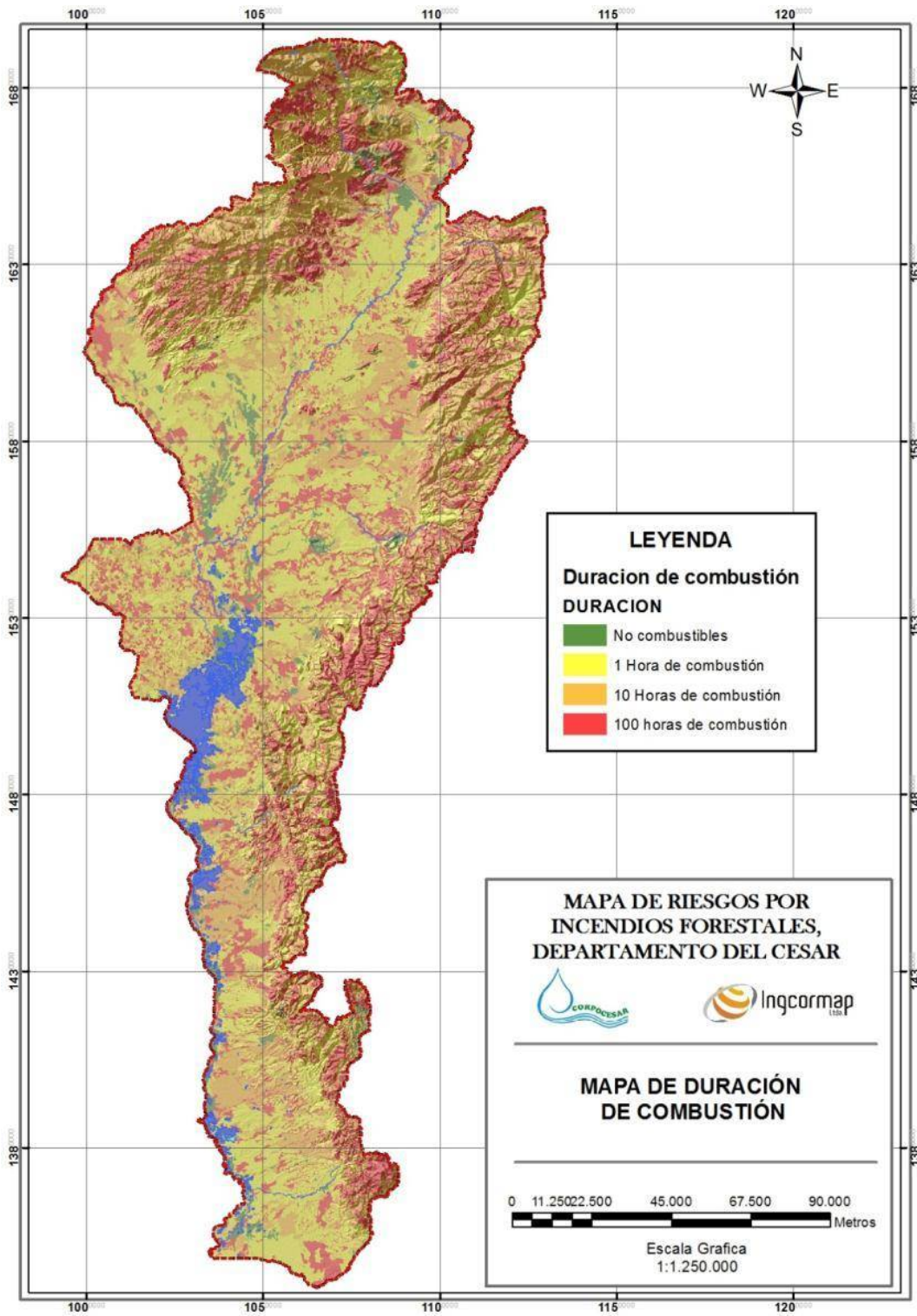


Figura 24. Mapa de duración de combustión.

### 3.3.1.1 BIOMASA

La información de biomasa terrestre es importante para varios tipos de estudios, entre ellos cabe destacar los inventarios de sumideros de CO<sub>2</sub>, la productividad primaria neta de la vegetación fotosintética y el efecto de los incendios en el balance de Carbono.

Este último punto ha sido de particular importancia en la implementación del protocolo de Kyoto dentro del contexto de la Convención del Cambio Climático de las Naciones Unidas. En el último informe del Panel Intergubernamental en Cambio Climático de Naciones Unidas (IPCC, 2007), se insiste en la importancia de determinar una línea base de carbono orgánico. Este protocolo ha convertido al carbono en una materia prima y la capacidad de la vegetación de absorberlo en un recurso con futuros beneficios económicos (Cihlar, 2007). Ello requiere desarrollar métodos científicos (modelos contables e inventarios) que permitan la cuantificación confiable de las pérdidas y ganancias del CO<sub>2</sub> atmosférico.

Los estudios regionales en estimación de biomasa y productividad pueden clasificarse en tres grandes grupos según el tipo de vegetación: bosques primarios, bosques secundarios y sabanas; esto debido a que existe una fuerte relación entre la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas (Keeling y Phillips, 2007).

#### 3.3.1.1.1 Medición de biomasa en bosques tropicales

Las mediciones de biomasa son indispensables para estimar la reserva de Carbono en las plantas, pero solo puede ser obtenida directamente utilizando métodos destructivos siendo mucho más compleja su adquisición en bosques que en pastizales. En el caso de los bosques se requiere cortar los árboles, palmas y lianas, secar grandes volúmenes de madera y posteriormente pesar varias toneladas del material vegetal fraccionado. Con el fin de disminuir la dificultad de estos procesos se generan ecuaciones alométricas a partir de las mediciones directas, siendo la biomasa la variable dependiente y la altura, el diámetro a la altura de pecho y la densidad de la madera las variables independientes. La altura y el diámetro pueden medirse con mayor facilidad en campo, mientras que la densidad se obtiene a partir de muestras de madera a las que se les mide su volumen y peso seco en el laboratorio.

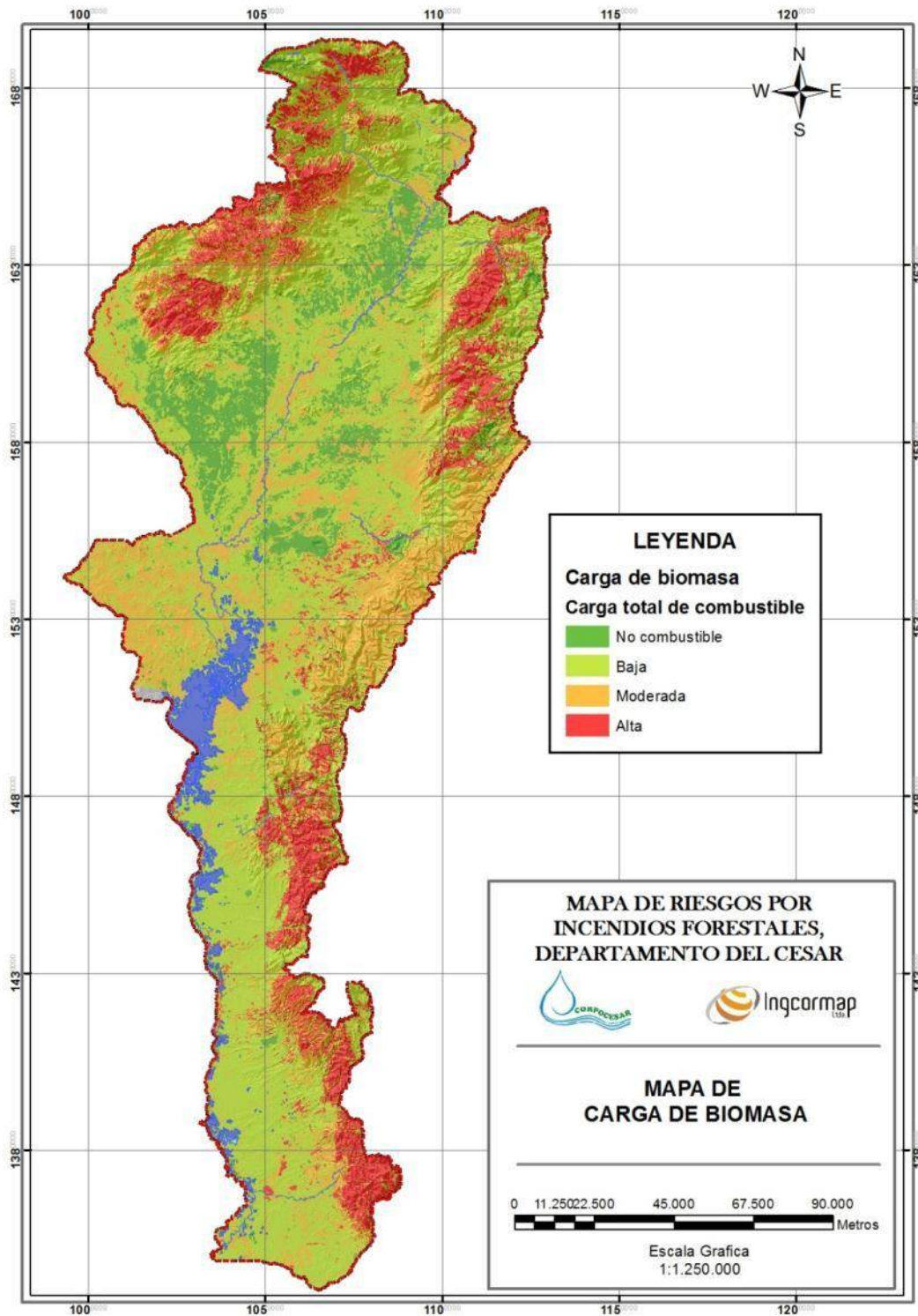


Figura 25. Mapa de carga de Biomasa.

### 3.3.2 MEDICIÓN DE BIOMASA EN SABANAS

Otra formación vegetal de gran relevancia en la zona de estudio son las Sabanas Tropicales, no tanto por la magnitud en sus valores de biomasa sino por la gran extensión que cubren y su dinámica intraanual, ya que sus cambios son pronunciados y suceden en periodos de tiempo muy cortos, por lo tanto la Biomasa cambia de forma constante en estos sectores.

CARGA TOTAL DE COMBUSTIBLES	CALIFICACIÓN
No combustibles	1
Áreas urbanas (menos de 1 Ton/Ha)	1
Baja (1-50 Ton/Ha)	2
Moderada (50 a 100 Ton/Ha)	3
Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)	4

Cuadro 13. Calificación de la carga Total de combustibles

### 3.4 Generación del mapa de susceptibilidad de la vegetación a incendios

Una vez asignadas las respectivas calificaciones y generados los mapas de tipo, duración y carga de combustibles, se procede a la realización del producto entre cada uno de ellos (álgebra de mapas); el resultado obtenido se agrupa posteriormente en 5 categorías mediante una distribución de frecuencias y a cada grupo se le asigna una calificación que varía entre susceptibilidad muy baja (rango menor) a susceptibilidad muy alta (rango mayor), mediante la siguiente ecuación:

$$\text{SUSC} = \text{CAL}(\text{tc}) * \text{CAL}(\text{dc}) * \text{CAL}(\text{ct})$$

Donde:

SUSC: Susceptibilidad de la vegetación (susceptibilidad bruta)

CAL(tc): Calificación por tipo de combustible

CAL(dc): Calificación de la duración de los combustibles

CAL(ct): Calificación de la carga total de combustibles

El mapa que se muestra en la siguiente figura, muestra básicamente tres zonas altamente susceptibles al desarrollo de incendios forestales: la Sierra necada de Santa Marta; la Serranía del Perijá y las sabanas del Ariguaní (Astrea, Chimihagua

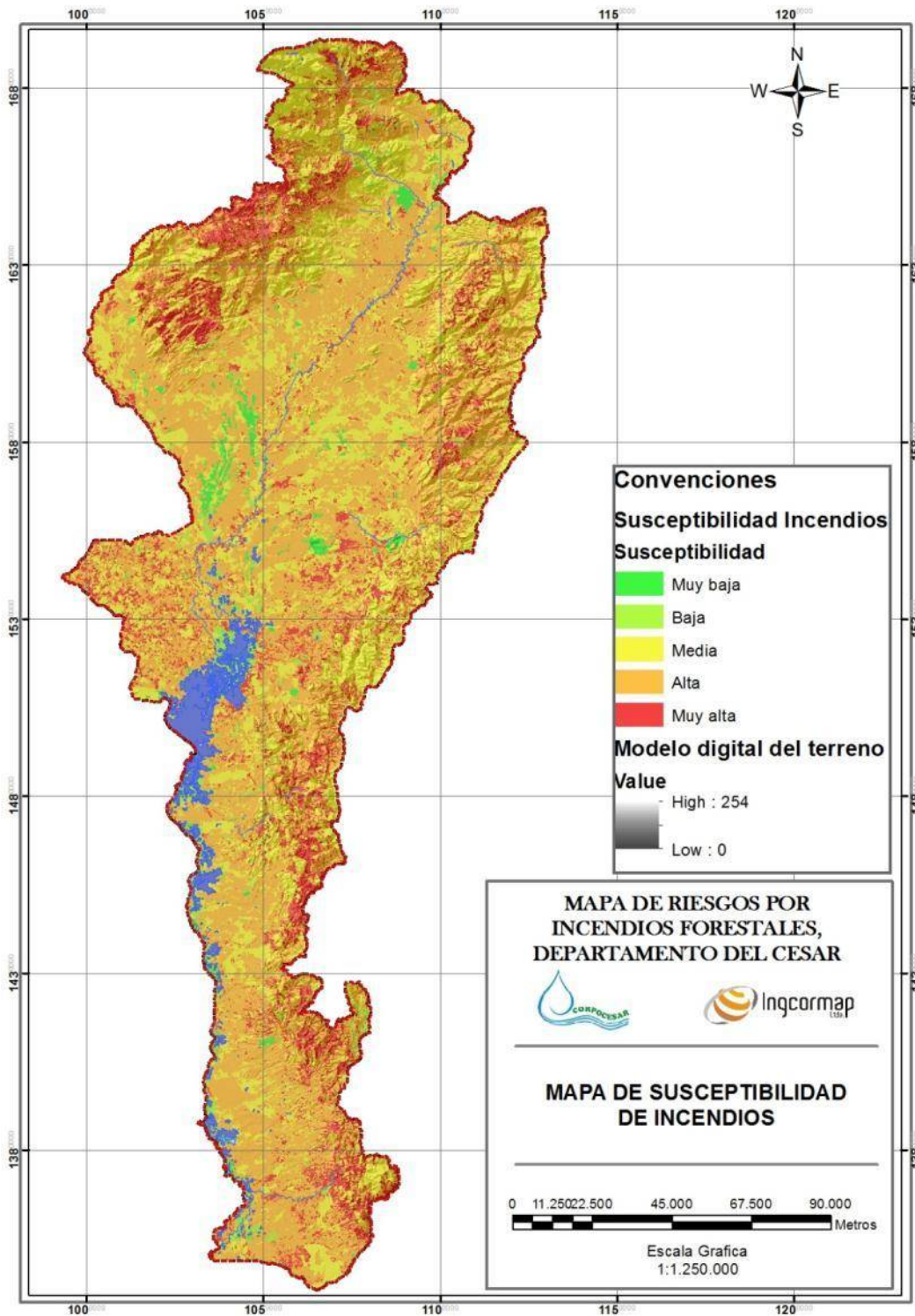


Figura 26. Mapa de susceptibilidad bruta de la vegetación a incendios forestales



### 3.4.1 Evaluación de la Fragmentación

El uso de los sistemas de información geográfica (SIG) como una herramienta para tomar decisiones en el ámbito ambiental (e.g. prevención y control de desastres naturales, modelos de cambio climático, procesos de contaminación, diversidad de fauna y flora asociada, efectos asociados a la producción agrícola, minera y desarrollo urbano) ha sido de gran utilidad en la toma de decisiones en grandes extensiones de terreno y teniendo en cuenta diversas variables. En este contexto, los procesos de fragmentación se asocian con los efectos negativos derivados de las acciones antrópicas que conllevan a una modificación intensa del territorio y que se traduce en una pérdida importante de hábitats naturales, dejando la vegetación original de un área determinada reducida a pequeños fragmentos aislados unos de otros, inmersos en una matriz más o menos alterada, con la consecuente disminución e incluso extinción de especies que esto involucra, tanto por la pérdida de superficie neta, como por la ruptura en el funcionamiento del territorio en conjunto Armenteras *et al.*, 2009.

La fragmentación es un proceso continuo y dinámico, en el cual un paisaje compuesto por muchos espacios (i.e. parches) pequeños con respecto al área total (i.e. matriz), aislados y sin continuidad espacial tendrá una fragmentación elevada; por el contrario, uno poco fragmentado consistirá en un número pequeño de grandes espacios conectados entre sí, de modo que no constituyan fragmentos aislados Mugica *et al.*, 2002 y Alvarez, 2000. La heterogeneidad del paisaje, en especial en lo referente a la variedad de usos extensivos en coexistencia con fragmentos de vegetación inalterada, permite unos altos valores de diversidad de especies y una mejor funcionalidad de los procesos ecológicos. Paisajes heterogéneos tienen en principio una mayor aptitud para funcionar como áreas de amortiguación o de corredores entre zonas de hábitats extensos bien conservados. Las medidas básicas para cuantificar y cualificar la fragmentación son el número de fragmentos, su forma, su tamaño y la distancia entre ellos, indicando el grado de fragmentación y su influencia en los demás fragmentos Mugica *et al.*, 2002.

Dentro de los factores que producen fragmentación de los hábitats se encuentran los incendios forestales, los cuales se han venido incrementando como resultado del cambio climático produciendo grandes pérdidas económicas y ambientales. La cobertura vegetal es uno de los principales factores que determinan la probabilidad de ignición y el comportamiento de los incendios, donde las zonas más afectadas por los incendios corresponden principalmente a las áreas con actividad ganadera, debido a los combustibles herbáceos secos o casi secos que recubren la superficie del suelo, en los cuales se presentan incendios con mayor intensidad y de más rápida propagación, comúnmente presentado en sabanas y zonas pantanosas con clima templado cálido (Armenteras *et al.*, 2009).

Según Álvarez (2000), el inicio y propagación de los incendios forestales convergen en una serie de factores atmosféricos, topográficos, biológicos y humanos. Según el *U.S. Forest Service*, se puede catalogar y simular el comportamiento de los incendios ocasionados en la superficie del terreno, teniendo en cuenta las variables ambientales como viento y el tipo de combustible presente, el cual varía según el tipo de vegetación presente como pastizales, matorrales, bosques y desechos. Según Rothermel (1983) en Álvarez (2000), el comportamiento de los incendios forestales se encuentra fuertemente influenciado por la cobertura vegetal, de los cuales los pastizales y plantas herbáceas son más propensas a incendios ocasionados naturalmente, son de fácil propagación y depende de su área y su conectividad el riesgo probable y peligrosidad del mismo (Tabla 1). Adicionalmente uno de los modelos de combustible con mayor intensidad y que mas rápido se propagan, son los causados por pastos, matorrales y arbustos con un promedio de 1m de altura, los cuales son catalogados con una peligrosidad de 10 según la escala (Tabla 1), tomado de Álvarez (2000), estos incendios son ocasionados frecuentemente por negligencia de los cultivadores en la erradicación de malezas o por las actividades incendiarias no muy intensas, como quemas controladas en los cultivos.

Los incendios forestales pueden manifestarse en varios tipos; los incendios de superficie y los incendios de copas. Los de superficie avanzan por el suelo y son fácilmente afectados por combustibles inflamables como restos vegetales muertos, hojarasca y matorrales, en Alvares, (2009). Como causas de inicio de incendios de superficie no naturales, se destacan los relacionados con actividades agroforestales y recreativas. El uso de herramientas basadas en SIG para identificar las áreas más propensas a incendios forestales ha tomado gran auge, permitiendo discriminar los factores de riesgo naturales (e.g. humedad, temperatura y topografía), antrópicos (e.g. accesos viales, actividades agrícolas, recreativas y turísticas) son los principales agentes que aumentan el riesgo de incendios forestales.

<b>MODELO DE COMBUSTIBLES</b>	<b>PELIGROSIDAD</b> <b>(Escala de 1 – 10)</b>
<b>Pastizales</b>	10
<b>Matorrales</b>	10
<b>Arbolados</b>	5
<b>Restos</b>	1

Cuadro 14. Coeficiente de peligrosidad de los modelos de combustible (En Álvarez, 2000)

### **3.4.1.1 Análisis descriptivo preliminar**

Para establecer la relación inicial entre las coberturas vegetales y la ocurrencia de parches y puntos de calor y fuego, se realizaron gráficos de distribución e índices de correlación de Spearman ( $\rho$ ) entre: 1) las áreas totales de cada cobertura presente en el departamento y el número de eventos de fuego y calor registrados, 2) la cantidad de parches para cada tipo de cobertura y el número de eventos de calor y fuego, clasificándolos con la calificación del tipo de combustible de acuerdo a su nivel de flamabilidad.

### **3.4.1.2 Análisis Espacial de Fragmentación del paisaje**

El análisis del grado de fragmentación del área se realizó en el software ArcGis 9.3, utilizando la herramienta gratuita para el análisis espacial en fragmentación del paisaje *Patch analyst*, con esta utilidad se puede realizar análisis espacial completo del paisaje, para establecer la heterogeneidad, forma, perímetros, tamaños, número y variación. Se realizó un análisis espacial de fragmentación en forma individual para cada clase de parche, determinando la relación y diferencia entre las clases de vegetación. Se identificaron las clases con mayor número de parches y se analizaron los índices más significativos, estableciendo las clases con mayor tamaño, número de parches, mayor índice de forma y dimensión fractal.

Se realizó un análisis espacial general de fragmentación de la totalidad del paisaje, para establecer los índices de diversidad de Shannon SDI Y SEI, para determinar la distribución y abundancia de los diferentes tipos de vegetación del paisaje en general; medidas de forma, tamaño e irregularidad y área promedio de cada parche, indican el grado de fragmentación e irregularidad de los mismos. Para analizar los resultados presentes en las diferentes tablas de fragmentación, se tuvo en cuenta el listado de índices resultado del análisis de *Patch analyst* (Tabla 15).

### **3.4.1.3 Relación entre la distribución de la cobertura vegetal y los puntos de fuegos**

Se creó el mapa de distribución de la cobertura vegetal y puntos de fuego y se comparo con el mapa de temperatura máxima para la región, determinando las zonas con mayor influencia de incendios. Se comparó con el mapa de temperaturas máximas determinando la relación entre los puntos de fuego, su distribución en el terreno y la correlación entre la temperatura y las zonas con mayor incidencia.

ANÁLISIS	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
<b>NumP</b>	Número de Parches	Número de Parches para cada clase
<b>SDI</b>	Índice de diversidad de Shannon	Medida de la diversidad relativa de los parches. El índice será igual a cero cuando sólo hay un parche en el paisaje y aumenta a medida que el número de tipos de parches aumenta
<b>SEI</b>	Índice de igualdad de Shannon	Medida de la distribución y abundancia de los parches. Es igual a cero cuando la distribución del número de parches es baja y cercana a uno cuando su distribución aumenta
<b>AWMSI</b>	Índice de forma del área media ponderada	Es igual a 1 cuando todos los parches son circulares e incrementa conforme la forma de los parches se hace irregular
<b>MSI</b>	Índice de la media de la forma	La complejidad de la forma. Es igual a 1 cuando todos los parches son circulares e incrementa conforme la forma de los parches se hace irregular
<b>MPAR</b>	Media del radio de Perímetro-área	Suma del perímetro-área, dividida por el número de parches
<b>MPFD</b>	Media de la dimensión fractal del parche	Se aproxima a 1 con formas simples y a 2 cuando las formas son más complejas
<b>AWMPFD</b>	Dimensión fractal del parche en la media del área ponderada	Complejidad de la forma, ajustada al tamaño
<b>TE</b>	Borde total	Suma del perímetro de todos los parches
<b>MPE</b>	Media del borde del parche	Medida relativa de la diversidad de los parches
<b>MPS</b>	Media del tamaño del parche	Promedio del tamaño del parche
<b>MedPS</b>	Mediana del tamaño del parche	Mediana del tamaño del parche
<b>PSCoV</b>	Coficiente de varianza del tamaño del parche	Varianza del tamaño del parche
<b>PSSD</b>	Desviación estándar del tamaño del parche	Desviación estándar del tamaño del parche
<b>TLA</b>	Área del terreno	Suma de las áreas de todos los parches en el paisaje
<b>CA</b>	Área de la clase	Suma de las áreas de todos los parches que pertenecen a una clase determinada

Cuadro 15. Listado de los índices resultado del análisis de Patch analyst.

### 3.4.1.4 Resultados y análisis

#### 3.4.1.4.1 Análisis descriptivo preliminar

Las distribuciones de relación entre el área total de cada tipo de cobertura y el número de eventos de calor y fuego reflejan una correspondencia numérica entre el tamaño y el número de eventos de fuego, con un  $\rho = 0.85$  (Fig. 27), siendo las coberturas con pastos limpios, arbustos y matorrales, mosaicos de pastos y cultivos los más susceptibles a la ocurrencia de incendios. Sin embargo, es notorio que coberturas con áreas mixtas con presencia de pastos (e.g. Mosaicos de pastos con espacios naturales), a pesar de su gran extensión reflejan una disminución en la tendencia de eventos de fuego, sin duda debido al efecto hidrófilo de la capa superior del suelo, y la disposición a generar zonas de carga hídrica que ejercen los espacios naturales (e.g. páramos, bosques, pantanos, lagunas) regulando así la temperatura y el efecto de la misma sobre zonas con temperaturas máximas extremas, o efectos antrópicos desencadenantes, como se refleja en coberturas de lagunas, lagos y ciénagas y, vegetación de paramo y subpáramo, donde la disminución de eventos de fuego es notoria (ver Fig. 38).

La relación entre número de parches y eventos de fuego, corrobora la tendencia anterior a la ocurrencia de mayor número de eventos de fuego en zonas con aparente mayor grado de fragmentación (Fig. 39). Con un coeficiente de correlación  $\rho = 0.87$  las zonas con mayor número de parches presentan el mayor registro de incendios forestales. En este punto, la relación cíclica *incendio-fragmentación* pareciera difícil de direccionar, puesto que la causa de los parches pueden ser los incendios y de los incendios la presencia de parches, dado que zonas desprovistas de cobertura vegetal pueden ser más susceptibles al efecto de la insolación y radiación solar, más si existen factores antrópicos influyentes en la ocurrencia del fuego. Sin embargo, en este dilema juega un papel primordial el tipo de cobertura vegetal, puesto que zonas con también alto grado de fragmentación como pastos arbolados, bosques riparios, bosques naturales densos y fragmentados presentan una tendencia de baja ocurrencia de incendios forestales, constituyéndose el nivel de flamabilidad el aparente factor principal de incidencia en la ocurrencia de estos eventos (Álvarez, 2000).

El índice de correlación de *Spearman*  $\rho = 0.85$ , indica una dependencia numérica donde zonas con mayores áreas presentan el mayor número de eventos de fuego. Sin embargo, áreas con presencia de espacios naturales son excepciones.

Relación de las áreas totales de cobertura vegetal con la ocurrencia de puntos de calor y fuego para el Departamento del Cesar

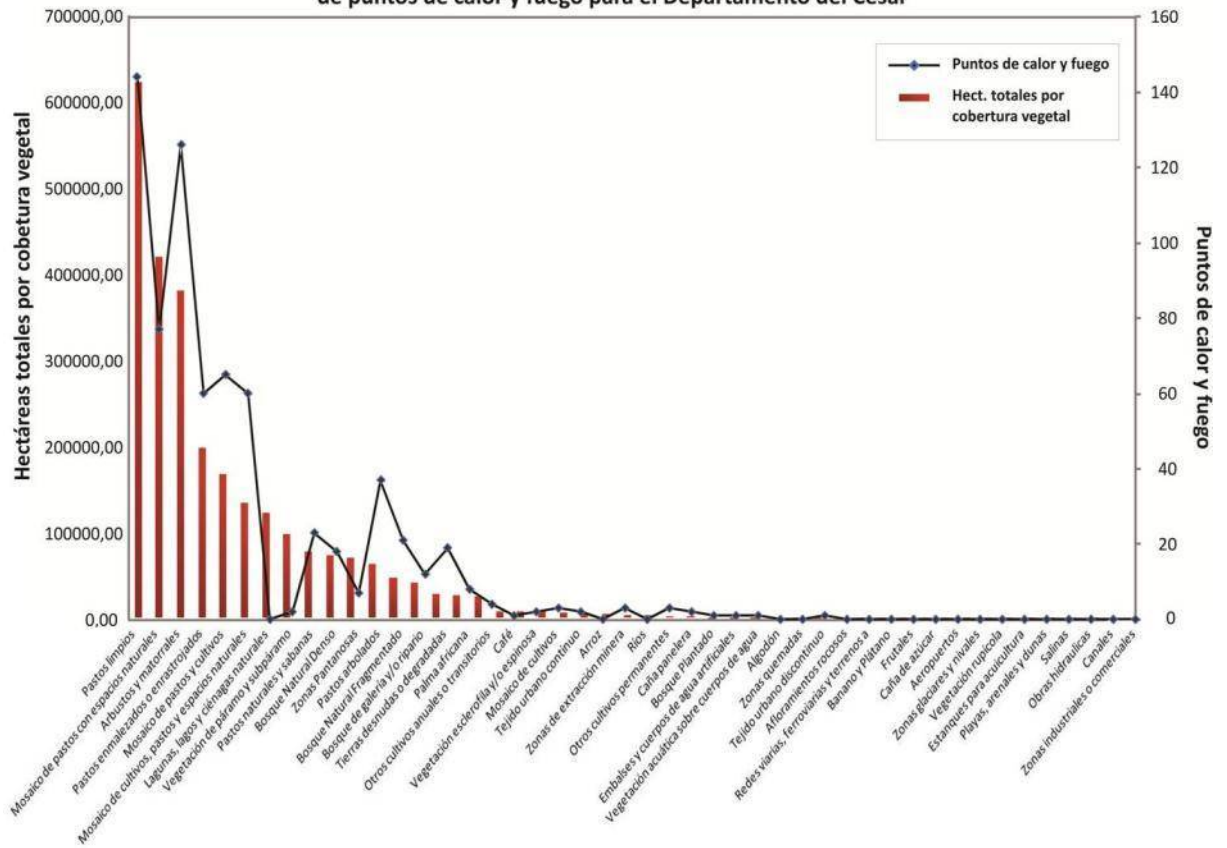


Figura 27. Relación entre las áreas totales para cada tipo de cobertura y la ocurrencia de eventos de calor y fuego

### Distribución de la cantidad de parches en relación con la cobertura y el tipo de combustible

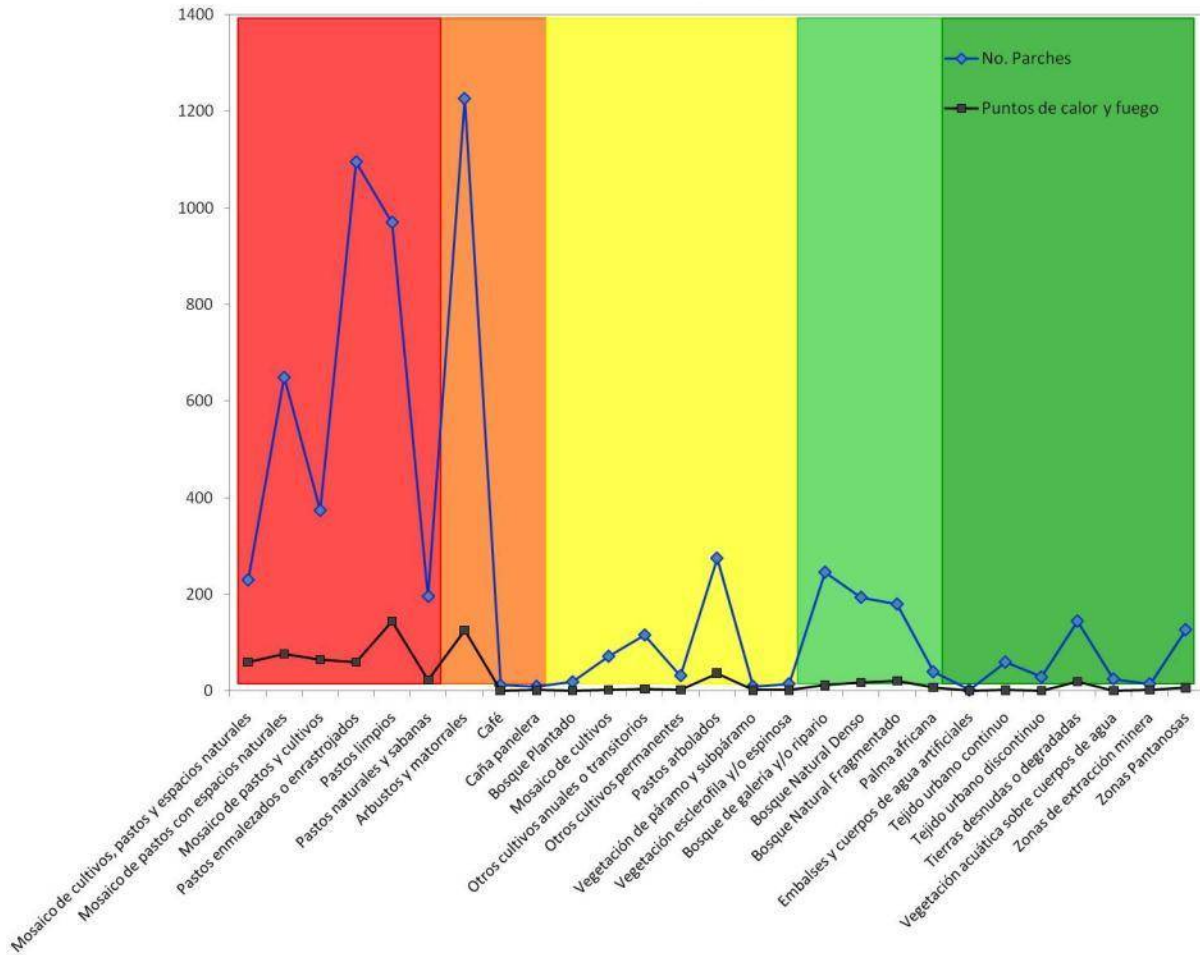


Figura 28. Distribución de la cantidad de parches y la cantidad de puntos de calor y fuego para las coberturas vegetales con registros de calor y fuego en el Departamento del Cesar.

Estas variables presentan una correlación de  $\rho = 0.87$ . Los colores indican la calificación del tipo de combustible (rojo = 5, naranja = 4, amarillo = 3, verde claro = 2; verde osc. = 1), siendo el nivel 5 el de mayor inflamabilidad. Nótese la mayor ocurrencia de parches correspondiente con al mayor ocurrencia de puntos de calor y fuego.

### 3.4.1.5 Análisis espacial de fragmentación del paisaje

Se realizó el análisis espacial de fragmentación del paisaje utilizando la herramienta *Patch Analyst* en ArcGis 9.3 (cuadro 16) para un análisis del territorio, sin discriminar las clases. El análisis muestra como el área se encuentra enormemente fragmentada con un total de 6746 parches representados en su gran mayoría por pastizales, arbustos y matorrales; los índices de diversidad de Shannon SDI=2,575 y SEI=0,669, superior a cero y cercano a cero respectivamente, representan la heterogeneidad de los todos los parches sin discriminar el tipo de cobertura, lo que muestra que existen una gran variedad de clases de parches de cobertura vegetal pero su distribución y abundancia es baja. Los diferentes tipos de vegetación están representados en su gran mayoría como vegetación arbustiva y diferentes tipos de pastizales como lo muestra el mapa de cobertura vegetal, estos parches se encuentran localizados en su gran mayoría en las regiones centralizadas del valle, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la ladera oriental de la cordillera occidental. Los índices MSI=2,563 Y AWMSI=5,442 con valores superiores a 1, indican una marcada irregularidad en la forma de los parches, lo cual es característico de la gran influencia antrópica en la región, ocasionada por la influencia socioeconómica, obligando a la transformación del paisaje en pequeños parches de pastizales o cultivos variados de forma irregular, como lo muestra el índice AWMPFD=1,327, con un valor cercano a 1. El índice MPS=3359570,391, representa el promedio del área total del paisaje, con un aproximado de 336 ha por parche, utilizados para la ganadería, agricultura, agroindustria y explotación de los recursos naturales, encontrando en una región con gran influencia hídrica el lugar adecuado en la cría y mantenimiento de ganado.

Nombre	NumP	SDI	SEI	MSI	AWMSI	AWMPFD	MPS
<b>Análisis de cobertura vegetal</b>	6746	2,575	0,669	2,563	5,442	1,327	3359570,391

Cuadro 16. Índices de Diversidad, Área y forma de los fragmentos de la cobertura vegetal.





#### **3.4.1.6 Relación entre los diferentes biomas y ecosistemas con los puntos de fuegos**

Se diseñaron los mapas de cobertura vegetal y puntos de fuego, según el registro de incendios proporcionado por *Fire Information For Resource Management Sistem (FIRMS)* y el mapa de cobertura generado a través de la clasificación de imágenes de satélite. El mapa de cobertura vegetal y puntos de fuego para el departamento del Cesar, mostró la relación entre los diferentes tipos de parches y puntos de fuego reportados, evidenciando el domino marcado por una diversidad de pastizales, arbustos y matorrales, los cuales se encuentran distribuidos por toda la región. Puntos de fuego se distribuyen de manera homogénea por el valle y la ladera de la serranía de Perijá. Se comparó con el mapa de la temperatura máxima de la región, en la cual las temperatura máximas, el cual se encuentran en la ladera de la Sierra Nevada de Santa Marta hasta la parte norte de la ciénaga con un promedio de 35 a 38°C. Aunque los fuegos se encuentran dispersos en gran parte de la región existe una pequeña concentración en la parte norte de la serranía de Perijá, conformada principalmente por pastos, matorrales y rastrojos, pero existe un pequeño relicto boscoso natural, lo que ocasionaría el aumento en los puntos de fuegos, debido a su biomasa.

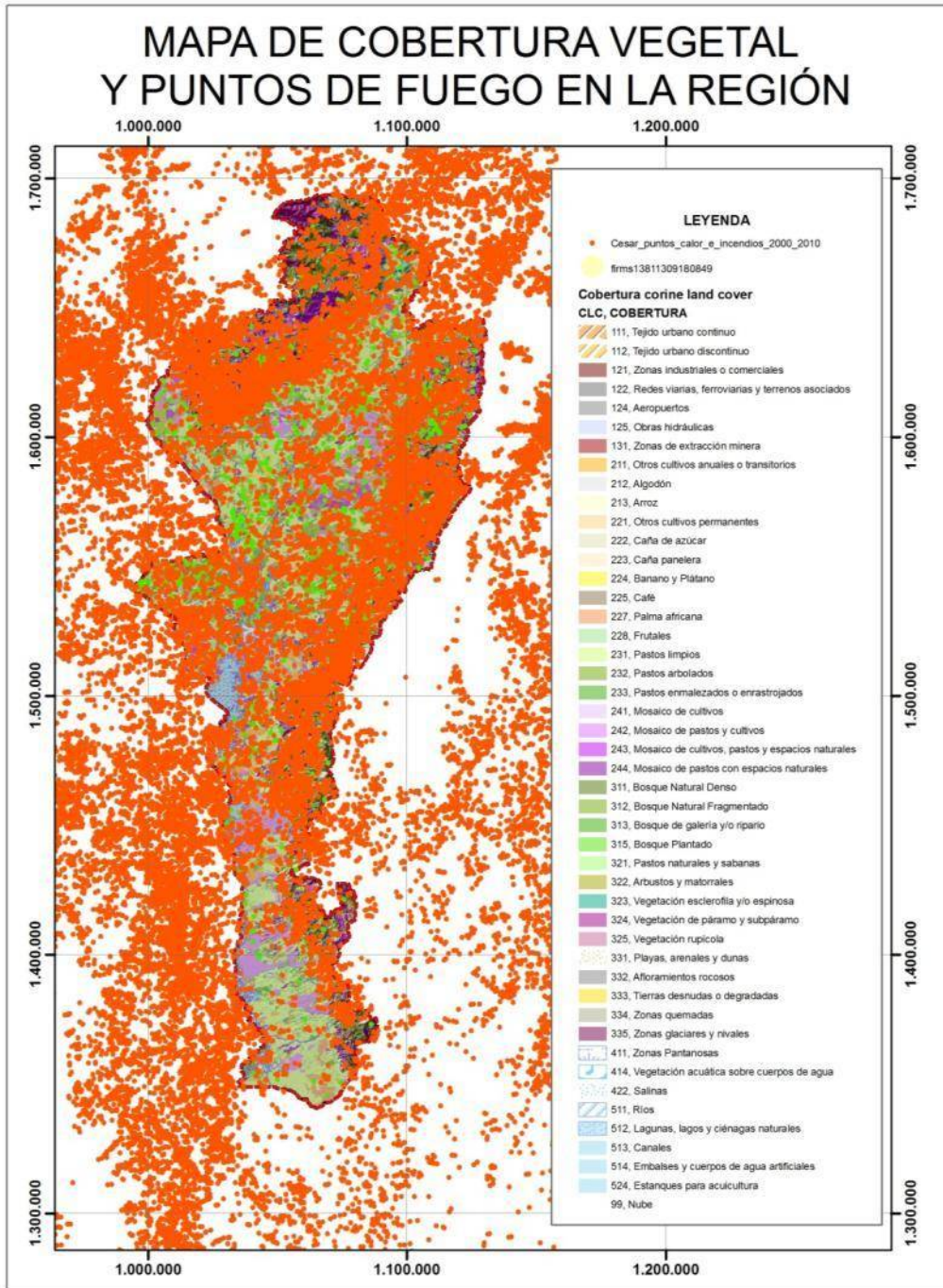


Figura 29. Mapa de cobertura vegetal y puntos de fuego de la región.

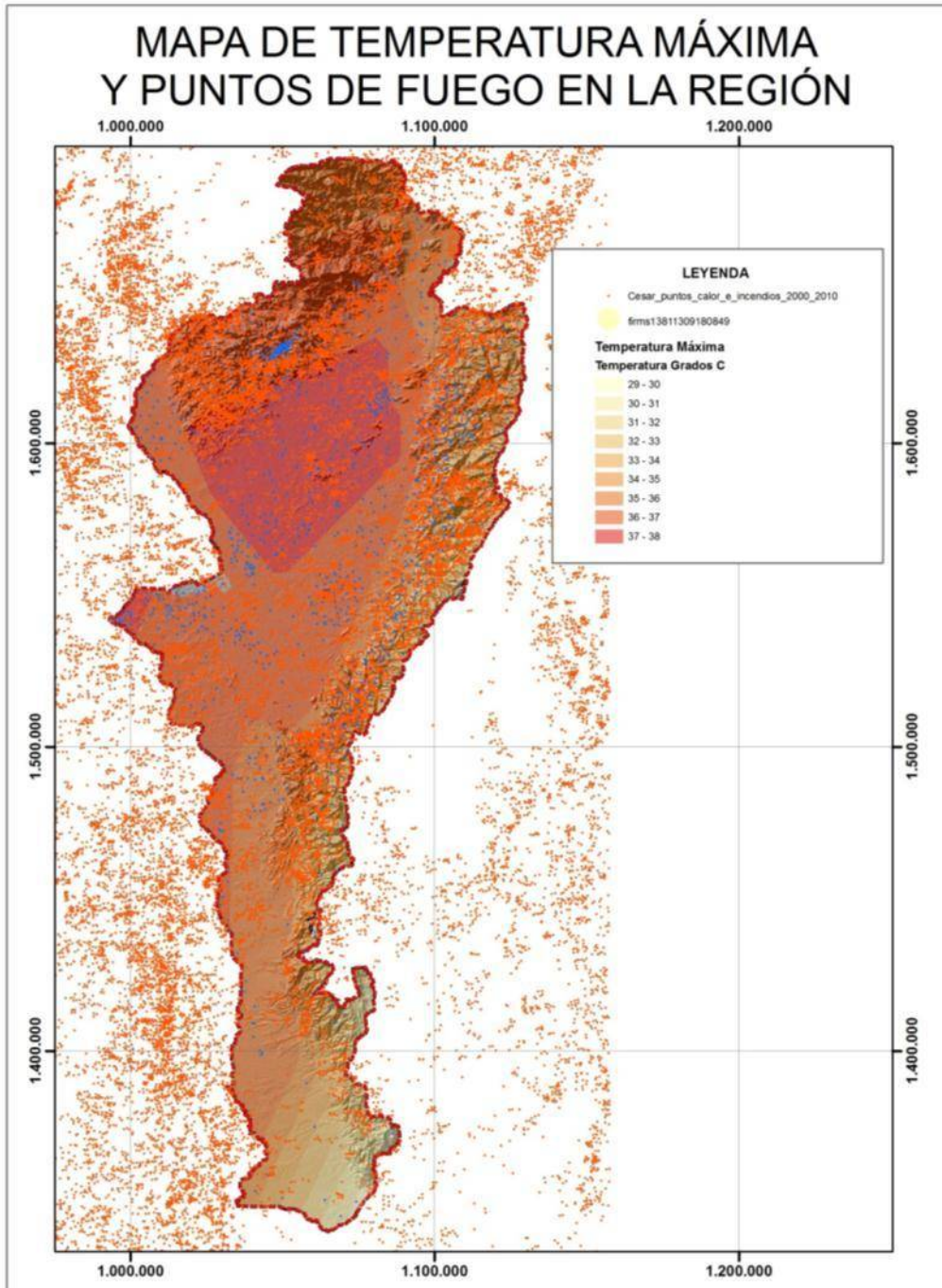


Figura 30. Mapa de temperatura maxima y puntos de fuego de la región.

Según los registros de distribución del número de focos de calor por cobertura vegetal desde el 2001 al 2009, tomado de Armenteras et al. 2009, proporcionados por las corporaciones (Tabla 4); el departamento del Cesar presentó una diferencia marcada entre los focos de calor presentados en pastos y vegetación secundaria, de los otros tipos reportados, lo cual indica la influencia espacio - temporal en el cambio de la cobertura vegetal a través del tiempo, en el proceso de fragmentación de las áreas naturales y el crecimiento de los focos de calor. Como lo muestra el gráfico de barras de las áreas de la cobertura vegetal en el departamento del Cesar, existe un dominio marcado por los pastizales, arbustos y matorrales, seguido por la gran influencia hídrica de la región como lagunas, lagos y estanques naturales y artificiales. Se creó el mapa de cobertura vegetal y puntos de fuego.

**Cuadro 17. Distribución del número de focos de calor por cobertura vegetal del departamento de cesar – Colombia entre diciembre 2000 y febrero 2009. (Tomado de Armenteras et al. 2009).**

Cobertura	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Focos acumulados por cobertura
<b>Bosques naturales</b>	9		13	9	3	4	13	3	1	55
<b>Herbazales</b>	2		2	3		1	2			10
<b>Pastos</b>	45	46	168	201	44	73	147	23	21	768
<b>Vegetación secundaria</b>	36	47	172	201	49	78	174	40	32	829
<b>Otros</b>	1		11	12	5	4	1	4		38
<b>Áreas agrícolas heterogéneas y cultivos</b>			1	1			1			3

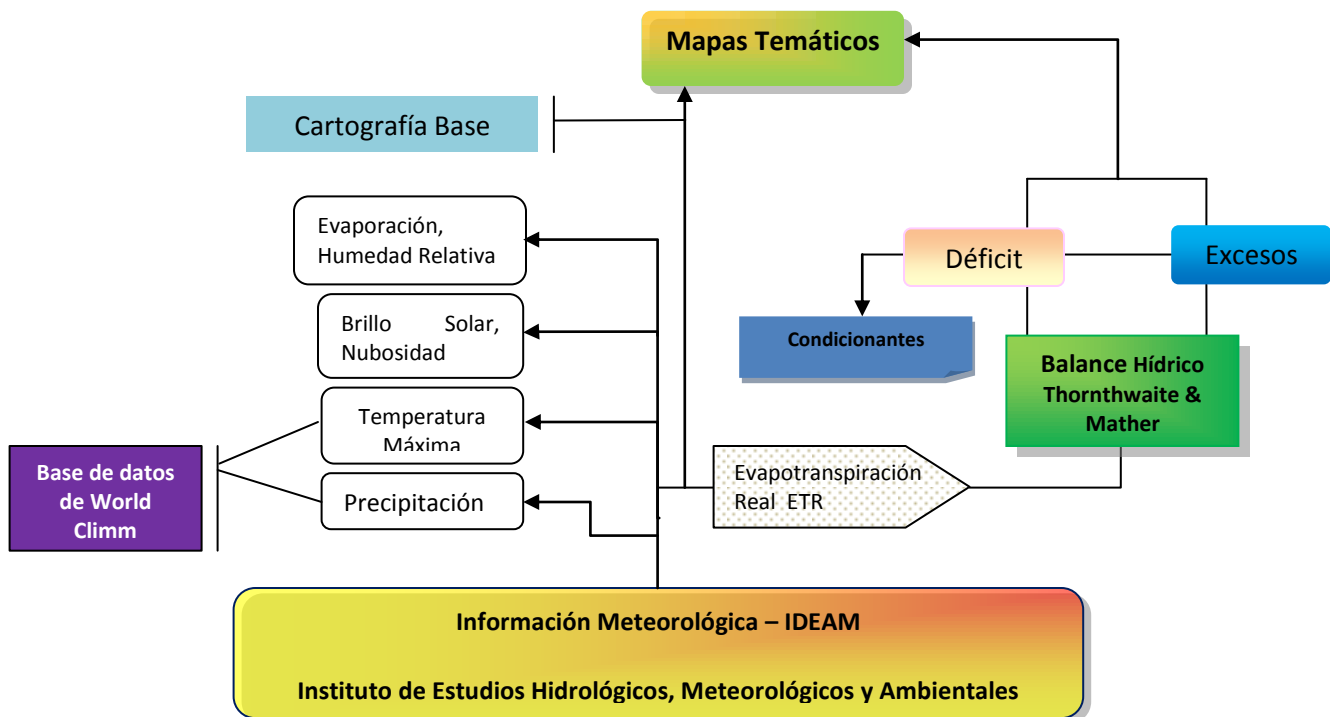
Se creó el mapa de los registros de las temperaturas máximas predominantes y los puntos de fuego para el departamento y el registro de incendios proporcionado por Fire Información For Resource Management Sistem (FIRMS). Las temperaturas máximas muestran el mayor nivel en la parte centro - norte de la región, con temperaturas entre los 35 – 38°C localizadas en la extensión del valle. Los puntos de fuego se encuentran repartidos de forma homogénea por todo el departamento, presentando una acumulación en los relictos de bosque en la ladera norte de la cordillera occidental, limitando con Venezuela.

### 3.5 Clima

El objetivo de la caracterización climática, es el de conocer y establecer los comportamientos de las principales variables climatológicas (Precipitación, temperatura, humedad relativa, brillo solar, nubosidad y algunas variables referidas al balance hídrico) en el departamento de Cesar, con el fin de obtener algunos parámetros esenciales para el establecimiento de riesgo de incendio; como lo son: temperaturas máximas, brillo solar, tipos climáticos y áreas sensibles con déficit hídrico.

El análisis climatológico del departamento del Cesar abarca primordialmente la distribución espacial de la precipitación, temperatura, brillo solar, nubosidad, humedad relativa y algunos aspectos generales relacionados con factores de humedad y de aridez que condicionan el desarrollo óptimo de los sistemas naturales.

En el siguiente esquema, se describe la metodología utilizada para la obtención de la distribución de las diversas variables.



El esquema metodológico presenta las etapas a seguir en la obtención de los factores hidrológicos condicionantes para la ocurrencia de fenómenos de incendios, como lo es la temporalidad de disminución de la precipitación, temperaturas máximas, brillo solar, y factores de humedad. La

base fundamental del análisis consiste en la adquisición y procesamiento de la información registrada por el IDEAM en las estaciones (Climatológicas Ordinarias, Climatológicas Principales y Pluviométricas) localizadas en el departamento del Cesar y estaciones cercanas. Ver Anexo 1. Datos climatológicos - IDEAM

Para la obtención de una distribución general, para la extrapolación de algunos datos anuales de los parámetros principales se utiliza la extrapolación a partir de regresiones, y para los factores de humedad y déficit se cuantifica evapotranspiración potencial y real, a través del método de Thornthwaite & Mather. Teniendo como base fundamental las isolíneas de precipitación y temperatura, generadas a partir de información obtenida de treinta y dos (32) estaciones (PM, CO y CP) y la base de datos climáticos de World Clim<sup>1</sup> (a través de una grilla espaciada cada 18 Km).

Estación	Departamento	Municipio	Norte	Este	Altura	Tipo	Código
Aguas Claras	Cesar	Aguachica	8°13'	73°36'	208	CO	23215030
La Cruz	Bolívar	Morales	8°17'	73°52'	110	CO	23205040
Col. Cooperativo	Bolívar	San Pablo	7°28'	73°55'	165	CO	23205020
Teorama	Norte de Santander	Teorama	8°26'	73°17'	1160	CO	16055020
Esc. Agraria de Cachirá	Norte de Santander	Cachirá	7°44'	73°03'	1882	CO	23195180
Termogujira	La Guajira	Dibulla	11°15'	73°24'	5	CO	15035020
El Rincón	Cesar	San Diego	10°16'	73°07'	350	CO	28025020
Colegio Agropailitas	Cesar	Pailitas	8°57'	73°38'	50	CP	25025330
Motilonia Codazzi	Cesar	Agustín Codazzi	10°00'	73°15'	180	AM	28025070
Guaymaral	Cesar	Valledupar	9°54'	73°38'	50	CO	28035040
El Seis	Magdalena	San Sebastián	9°22'	74°11'	50	CO	25025300
Hda. centenario	Cesar	Agustín Codazzi	9°51'	73°52'	100	CO	28025090
Villa rosa	Cesar	Valledupar	10°11'	73°32'	70	CO	28035010
El Callao	Cesar	Valledupar	10°21'	73°19'	110	CO	28035020
Algarrobo	Cesar	El Copey	10°09'	74°04'	60	CO	28045020
Cicolac	Cesar	Valledupar	10°29'	73°16'	180	CP	2801503
Chiriguana	Cesar	Chiriguana	921	7335	40	CO	2502525
La Llana	Cesar	San Alberto	744	7332	120	CO	2319514
Socomba	Cesar	Becerril	941	7314	170	CP	2802508
Barranca Lebrija	Cesar	Aguachica	801	7343	50	PM	2319071

<sup>1</sup> WorldClim es un conjunto de capas climático mundial (redes climático) con una resolución espacial de un kilómetro cuadrado. La base de datos está documentado en este artículo: Hijmans, RJ, SE Cameron, J. L. Parra, P.G. Jones y Jarvis A., 2005. Alta resolución interpolada de superficies climáticas para las zonas de la tierra global. Revista Internacional de Climatología 25: 1965-1978.



El Caobo	Cesar	La Esperanza	735	7319	300	PM	2319051
El Paso	Cesar	El Paso	939	7344	36	PM	2804035
La Jagua	Cesar	La Jagua de Ibirico	933	7320	170	PM	2502023
La Loma	Cesar	El Paso	936	7336	30	PM	2502028
Los Llanos	Cesar	Becerril	944	7318	100	PM	2802023
Los Planes	Cesar	San Alberto	748	7319	650	PM	2319081
Patillal	Cesar	Valledupar	1043	7313	450	PM	2801009
Poponte	Cesar	Curumaní	925	7324	500	PM	2502069
Rincón Hondo	Cesar	Chiriguana	923	7329	100	PM	2502026
San Alberto	Cesar	San Alberto	745	7323	134	PM	2319050
San Sebastián	Cesar	Pueblo Bello	1034	7336	2000	PM	2906009
Sarachui	Cesar	Valledupar	1047	7324	1560	PM	2801013

Ver siguiente ilustración.

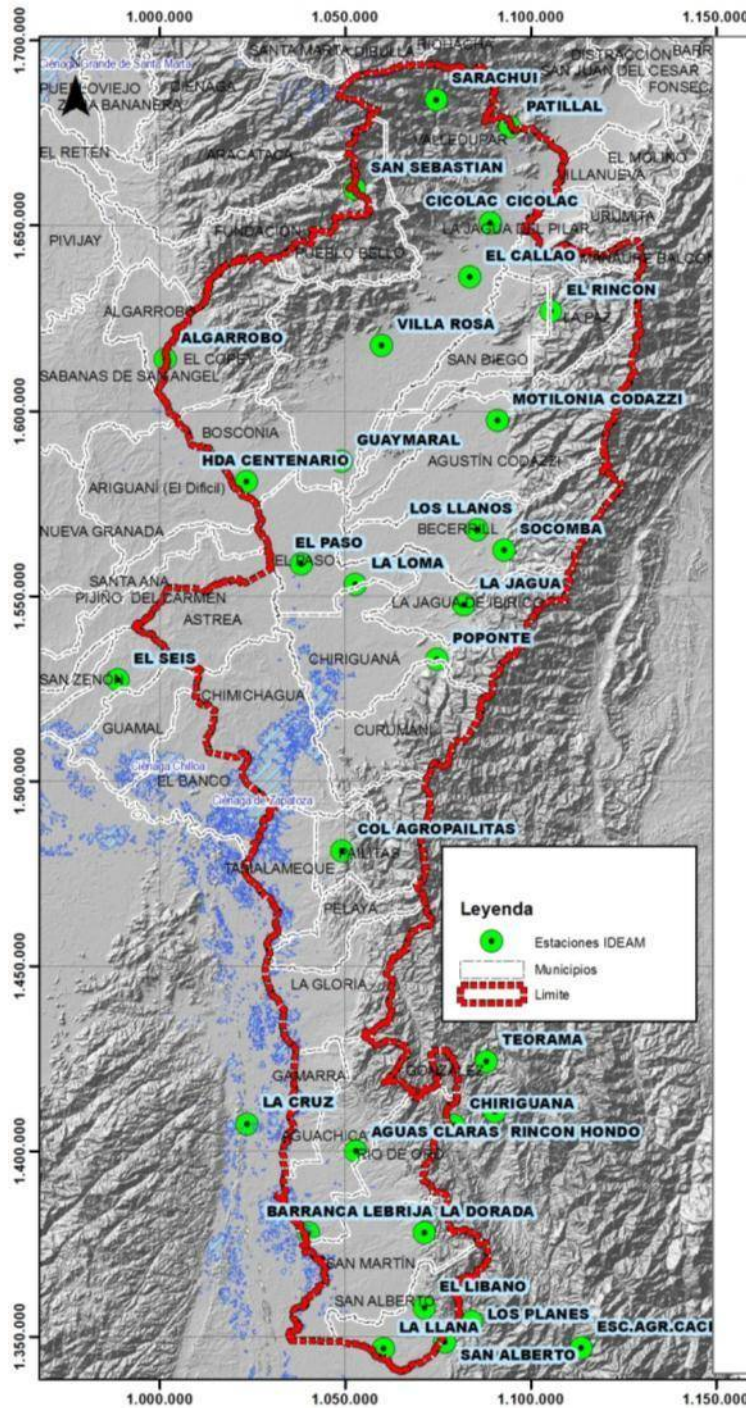


Figura 31. Localización de estaciones meteorológicas





- La evapotranspiración potencial- **ETP**, obedece a las siguientes fórmulas:

*Evapotranspiración Potencial sin corrección*

—

*Evapotranspiración Potencial corregida*

—

—

Donde:

t= temperatura media mensual, °C

I= índice de calor anual

$$a = 675 * 10^{-9} I^3 - 771 * 10^{-7} I^2 + 1792 * 10^{-5} I + 0,49239$$

N= número máximo de horas de sol, dependiendo del mes y de la latitud

d= número de días del mes

- Evapotranspiración Real – **ETR**:

$$ET = P + Pa$$

Donde:

P= Precipitación

Pa= Pérdida por almacenamiento

- Déficit **D**:

$$Df = ETP - ETR$$

Donde:

ETP=Evapotranspiración

ETR= Evapotranspiración Real

- Excesos E:

$$Ex = Aa + P - ETP - At$$

Existe si la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial y hay un sobrante de agua una vez completado el almacenamiento en el suelo.

### 3.6 Clasificación Climática Caldas – Lang

La metodología aplicada para la clasificación de las Unidades Climatológicas está basada en el sistema de Caldas – Lang. En este sistema se analizan los siguientes modelos:

- 1) Modelo Climático de Caldas: Relaciona el gradiente de temperatura con la altitud

Tabla 1. Resumen Modelo Climático de Caldas

Piso Térmico	Rangos de Altura m	Temperatura °C	Variación de la altitud por condiciones locales
Cálido	0 a 1000		Límite superior 400
Templado	1001 a 2000		Lím. Sup. 500
			Lím. Inf. 500
Frío	2001 a 3000		Lím. Sup. 400
			Lím. Inf. 400
Páramo	3200 a 3700		
			Bajo
Alto	3701 a 4200		

- 1) Modelo Climático de Lang: Relación obtenida al dividir la precipitación anual por la temperatura media anual, este cociente se denomina índice de efectividad de la precipitación ó Factor de lluvia.

Tabla 2. Clases de Clima según Lang

Relación P/T	Clase de Clima
0 a 20.0	Desértico
20.1 a 40.0	Árido
40.1 a 60.0	Semiárido
60.1 a 100.0	Semi húmedo
100.1 a 160.0	Húmedo
Mayor a 160.0	Super húmedo

- 1) Modelo Climático Caldas - Lang: Combinación de los modelos Caldas y Lang, por el cual se obtuvo 25 tipos climáticos, en los cuales se tiene en cuenta el valor de la temperatura media anual (piso térmico) y el valor de precipitación media anual se le da la denominación según el gradiente de humedad.

Tabla 3. Tipos Climáticos Sistema Caldas – Lang

Tipo Climático	Clave	Tipo Climático	Clave
Cálido Superhúmedo	CSH	Frío Superhúmedo	FSH
Cálido Húmedo	CH	Frío Húmedo	FH
Cálido Semihúmedo	Csh	Frío Semihúmedo	Fsh
Cálido Semiárido	Csa	Frío Semiárido	Fsa
Cálido Árido	CA	Frío Árido	FA
Cálido Desértico	CD	Frío Desértico	FD
Templado Superhúmedo	TSH	Páramo Bajo Superhúmedo	PBSH
Templado Húmedo	TH	Páramo Bajo Húmedo	PBH
Templado Semihúmedo	Tsh	Páramo Bajo Semihúmedo	PBsh
Templado Semiárido	Tsa	Páramo Bajo Semiárido	PBsa
Templado Árido	TA	Páramo Alto Superhúmedo	PASH
Templado Desértico	TD	Páramo Alto Húmedo	PAH
		Nieves Perpetuas	NP

## 4 Climatología

### 4.1 Precipitación

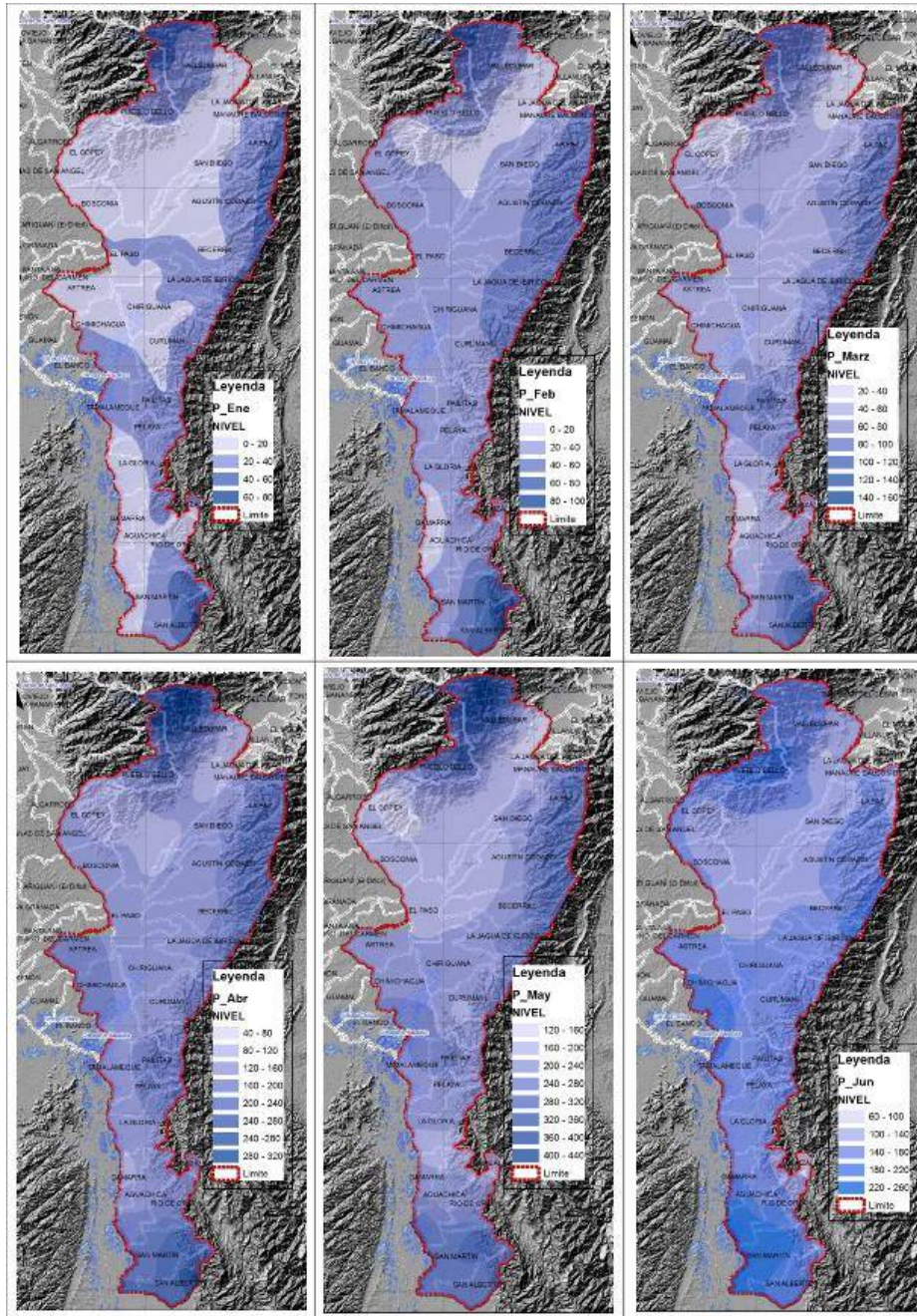


Figura 32. Distribución media mensual de la precipitación en el departamento del Cesar (Ene – Jun)

De acuerdo a los Histogramas de Precipitación de las estaciones utilizadas (Ver anexo 2. Histogramas de Precipitación), el comportamiento generalizado es bimodal con dos períodos de lluvias i) Marzo – Mayo y ii) Octubre – Noviembre y dos períodos de escasas lluvias en: i) julio, ii) diciembre, enero y febrero, el segundo más intenso que el primero.

Para el primer período, en el mes de Mayo el rango de variación de la precipitación es uno de los más altos desde 120 hasta 240 mm. Los nodos de mayor pluviosidad se presentan: Al noroeste del departamento en la parte alta de los municipios de Pueblo Bello y Valledupar con variaciones de 200 a 440 mm; al este en la parte alta de Manaure Balcón del Cesar, La Paz, Agustín Codazzi, La Jagua y Becerril, valores hasta 280 mm; al sur en San Martín y San Alberto se registran hasta 360 mm.

En el segundo período, el mes de Octubre se presentan niveles de pluviosidad entre 160 hasta 480 mm, en los mismos nodos del período anterior y al suroeste en los municipios de Tamalemeque, Chimichagua, Pailitas, Pelaya y La Gloria, rangos desde 400 a 280 mm.

Los períodos de menor precipitación se presentan en los meses: i) Dic – Marzo, y ii) Junio y Julio, este segundo menos intenso que el primero. En el mes de Enero, las áreas con mayor afectación son: Al Norte los municipios de Valledupar (Parte baja), El Copey, Bosconia, San Diego, Agustín Codazzi, La Paz, Becerril y El Paso, con variaciones de 0 – 20 mm. En el centro, al oeste Astrea, Chiriguaná, Chimichagua, y Curumaní con pluviosidad de 0 a 20 mm. Al sur del departamento, en La Gloria, Gamarra, Aguachica, y parte de San Martín.

La variabilidad pluviométrica anual en el departamento de Santander oscila entre 800 mm a 2400 mm y la precipitación media anual es de 1699 mm, pueden presentarse valores un poco más altos hacia la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá. Los valores más altos se muestra: i) Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá ii) En el centro en Astrea, Chiriguaná, Chimichagua, Pailitas, Talameleque y Pelaya, iii) Al sur, San Martín, San Alberto y La Dorada.

Uno de los sectores de menor pluviosidad y mayor afección por su clima seco, son los municipios: El Copey, Valledupar (parte baja), Bosconia, El Paso, Agustín Codazzi- Becerril (parte baja), Gamarra, González y La Gloria.

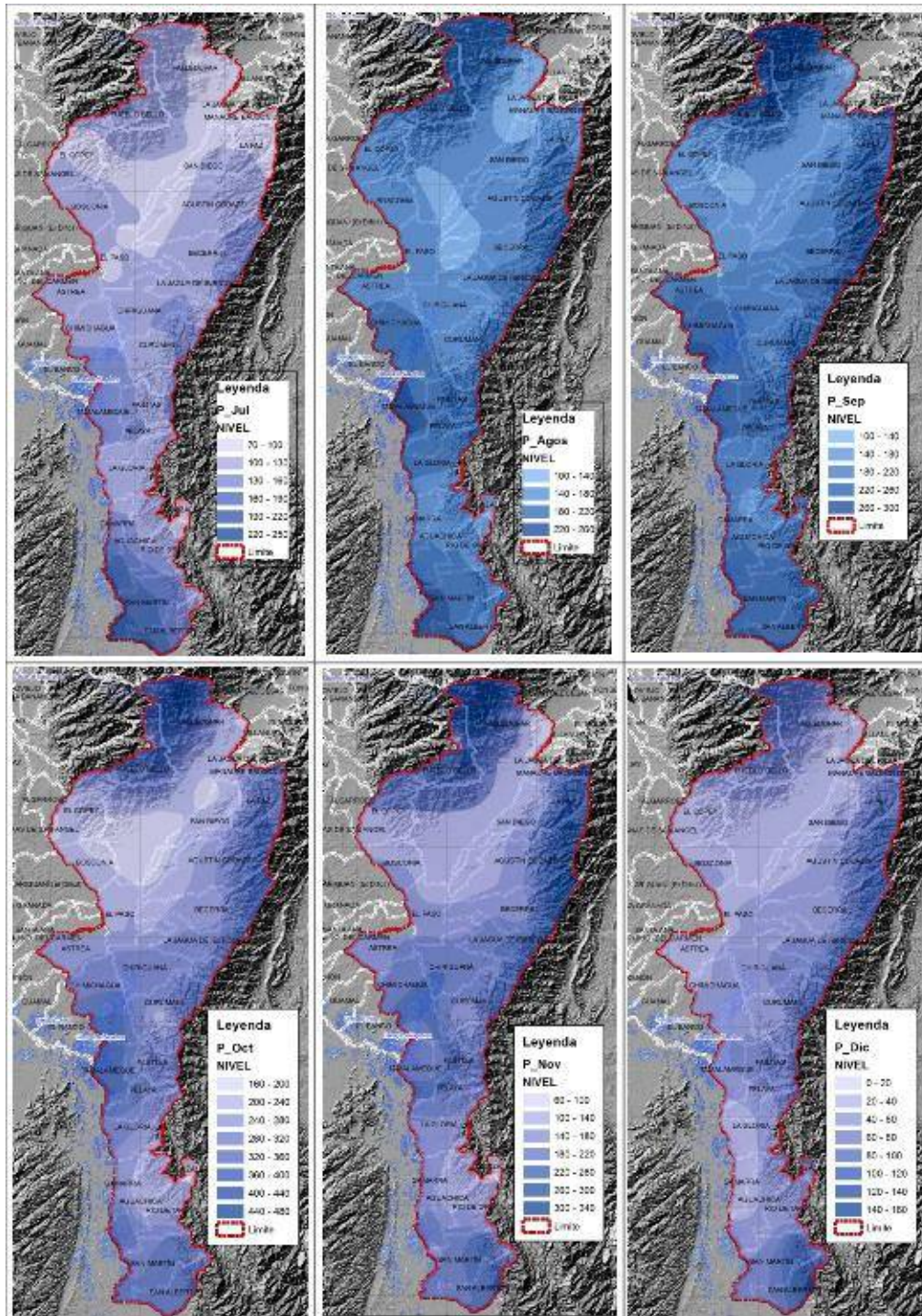


Figura 33. Distribución media de la precipitación en el departamento del Cesar (Julio - Diciembre)

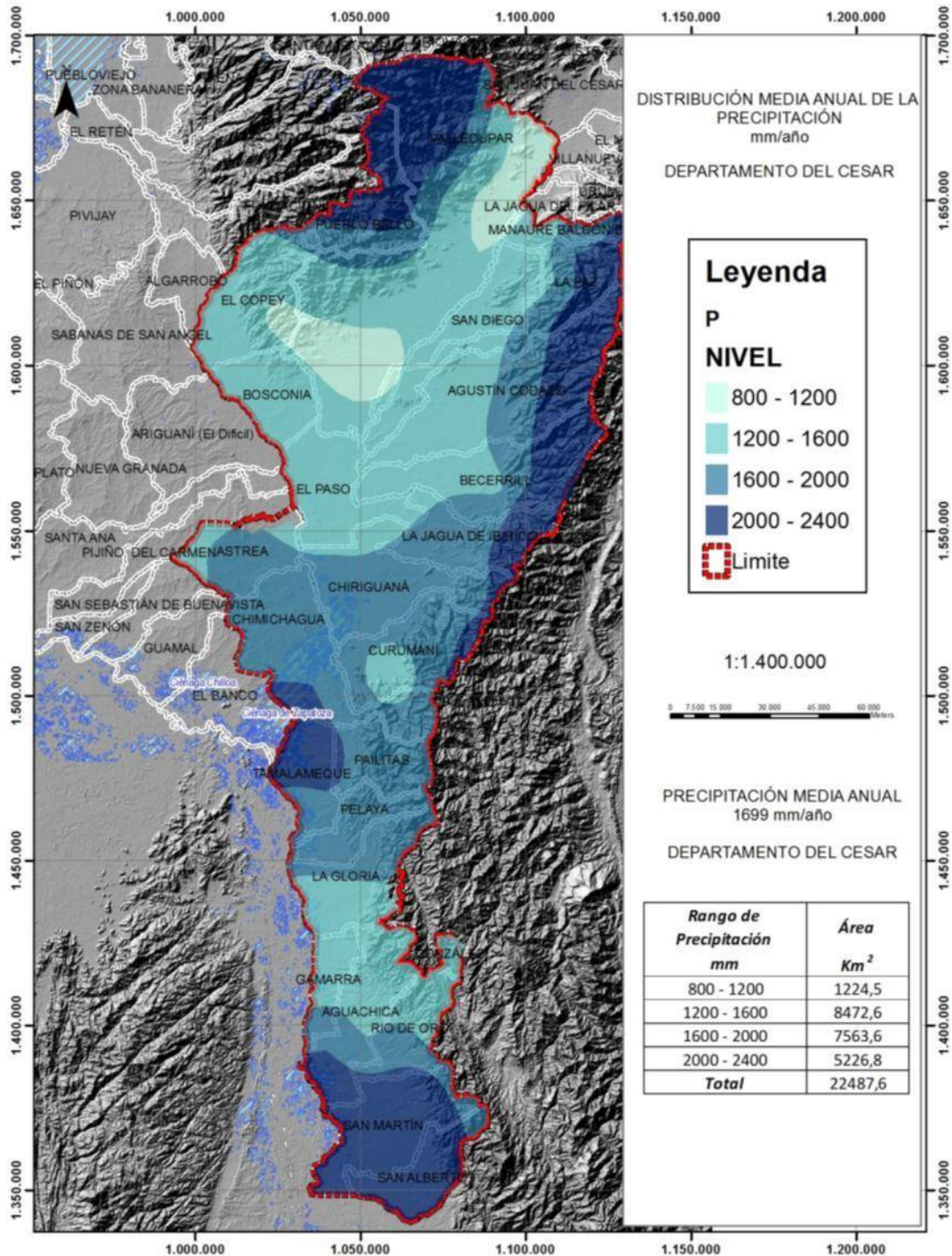


Figura 34. Distribución Anual de la precipitación media en el departamento del Cesar

## 4.2 Temperatura

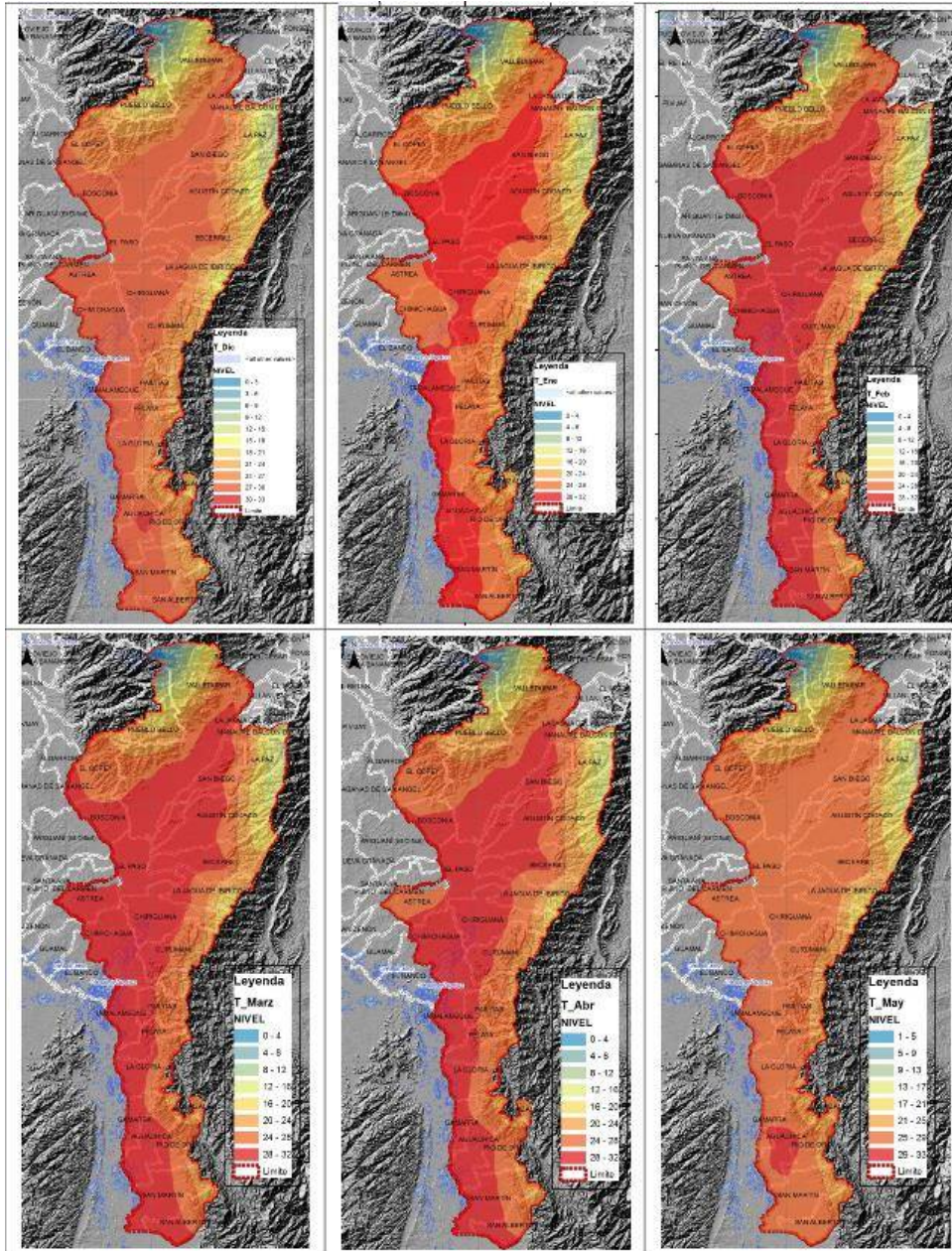


Figura 35. Distribución espacial de la temperatura media mensual en el departamento del Cesar, (Dic – Mayo)





La variación de la temperatura obedece a  $\pm 1$  ó  $2$  °C a nivel mensual. En el mes de Diciembre se registran temperaturas variables de acuerdo a la zona geográfica, al norte del departamento en la Sierra Nevada de Santa Marta se presentan temperaturas desde 0 hasta 27 °C, en la Serranía del Perijá una variabilidad de 9 – 24 °C. En el municipio de Aguachica se registra una máxima temperatura en un rango de 30 – 33°C, el resto del departamento tiene una temperatura promedio de 27 a 30 °C.

Para los meses de Julio a Diciembre, la variación no es muy notable. Sin embargo en el mes de Octubre la media máxima es de 31 °C. En las ilustraciones puede observarse que las áreas con mayor temperatura corresponden al valle del río Cesar, en los municipios de: San Alberto, San Martín, Aguachica, Gamarra, La Gloria, Tamalemeque, Pelaya, Chimichagua, Chiriguaná, Curumaní, Astrea, El Paso, La Jagua, Becerril, Bosconia, El Copey, Agustín Codazzi, La Paz, San Diego y Valledupar.

De acuerdo a los climogramas, generalmente se presentan algunos períodos de aridez en los meses de diciembre, enero y febrero, para algunos municipios del departamento. Entre ellos: El Copey, Parte baja: San Diego, La Paz, Bosconia, Codazzi, Astrea, Chimichagua, Aguachica, San Martín y San Alberto. Ver Anexo 4. Climogramas

Las áreas con menor temperatura corresponden a zonas de mayor elevación, Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá.

A nivel anual la distribución de la temperatura es de 4 a 32 °C, y la temperatura media es del departamento es de 25,6 °C. En el 64% del área la temperatura oscila entre 26 y 30 °C.

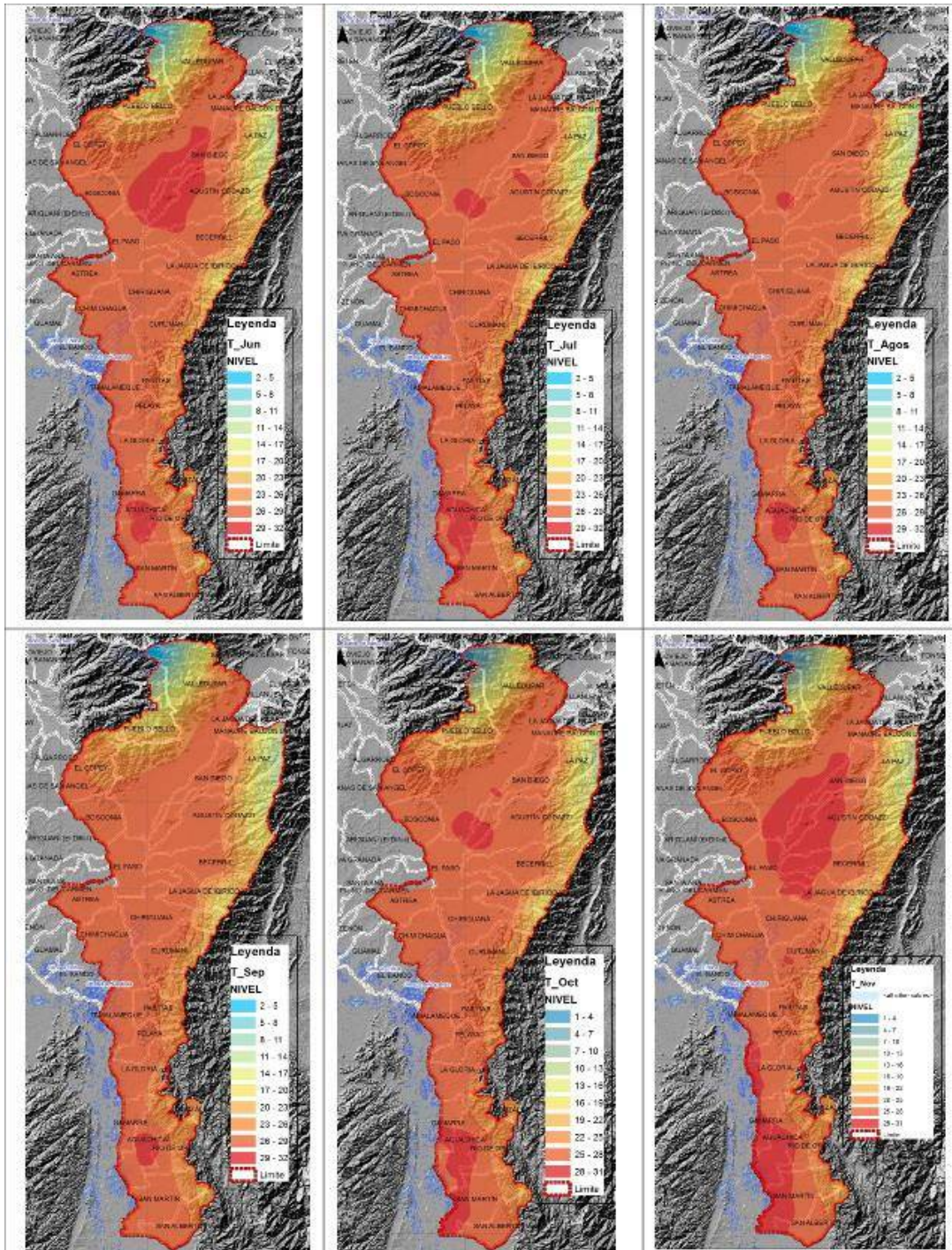


Figura 36. Distribución espacial de la temperatura media mensual en el departamento del Cesar, Jun - Nov

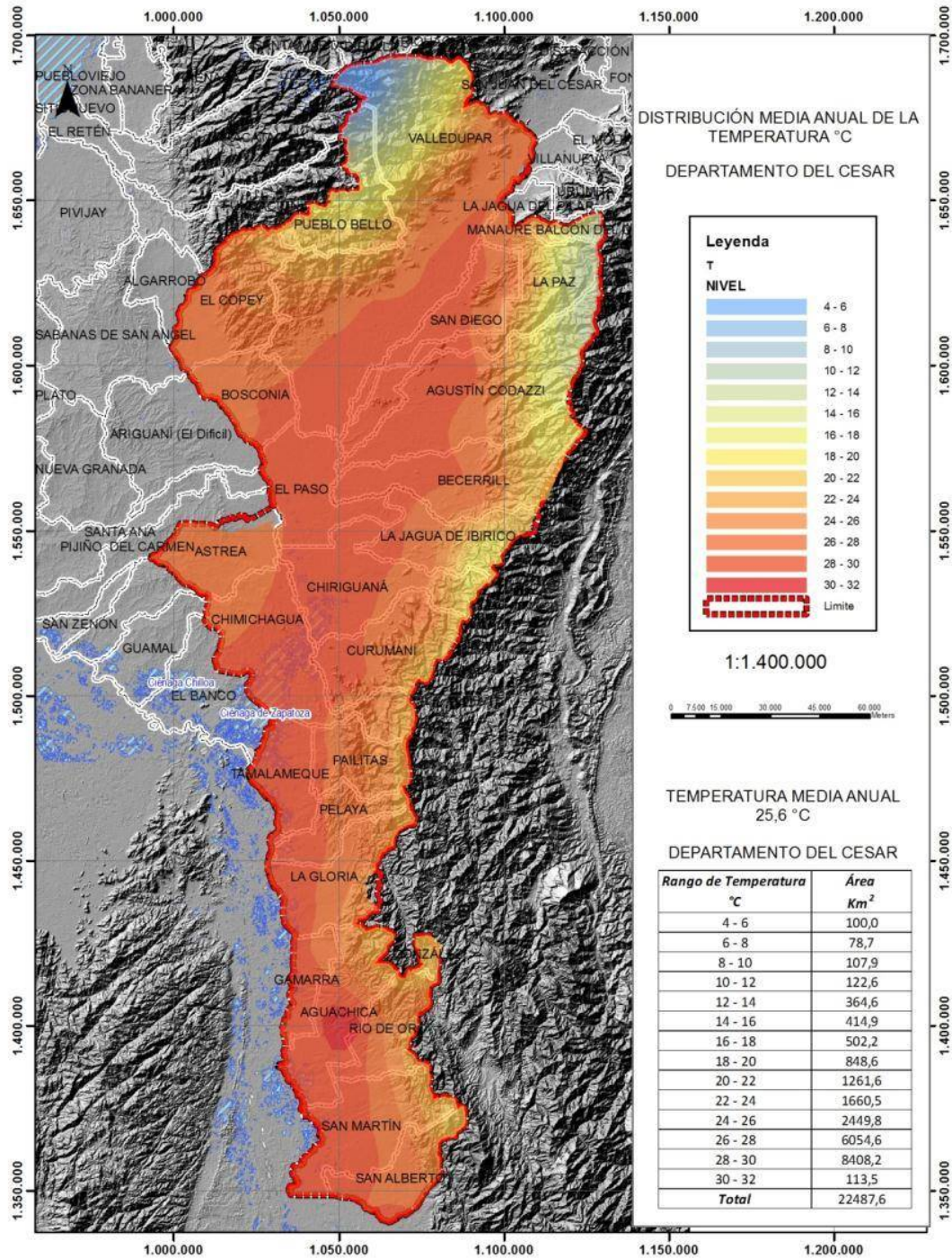


Figura 37. Distribución espacial de la Temperatura media anual en el departamento del Cesar



Las temperaturas máximas se presentan al norte del departamento, con temperaturas entre 36 – 38 °C cubriendo el 50 % del departamento. Ver Anexo 5. Diagramas de Temperaturas Máximas.

De acuerdo a la información del IDEAM, generalmente en las estaciones localizadas dentro del área del departamento del Cesar se registran temperaturas máximas que se aproximan o alcanzan los 42°C en los meses de febrero, marzo y agosto, en los meses restantes en promedio la temperatura máxima sobrepasa los 36°C. A continuación se muestra los diagramas de temperaturas máximas de la estación Guaymaral (localizada en el municipio de Valledupar) y la estación Motilonia Codazzi (Agustín Codazzi), Guaymaral (Parte Baja: Valledupar) y Aguas Claras (Aguachica).

Figura 38. Temperaturas máximas, estación Motilonia Codazzi.

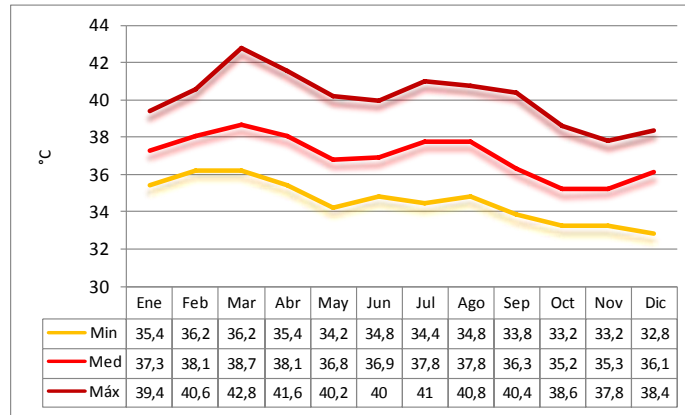


Figura 39. Temperaturas máximas, estación Guaymaral

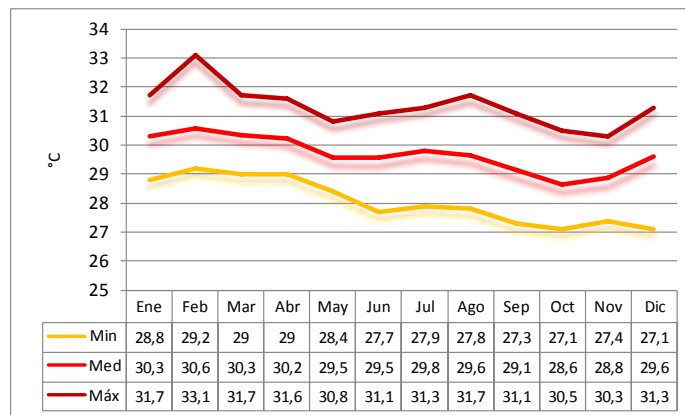
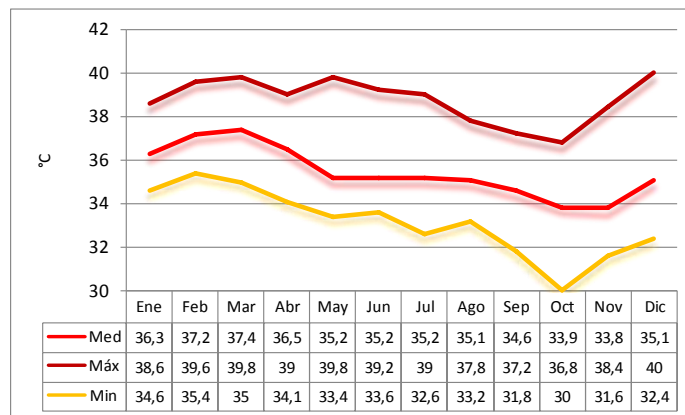


Figura 40. Temperaturas máximas, estación Aguas Claras



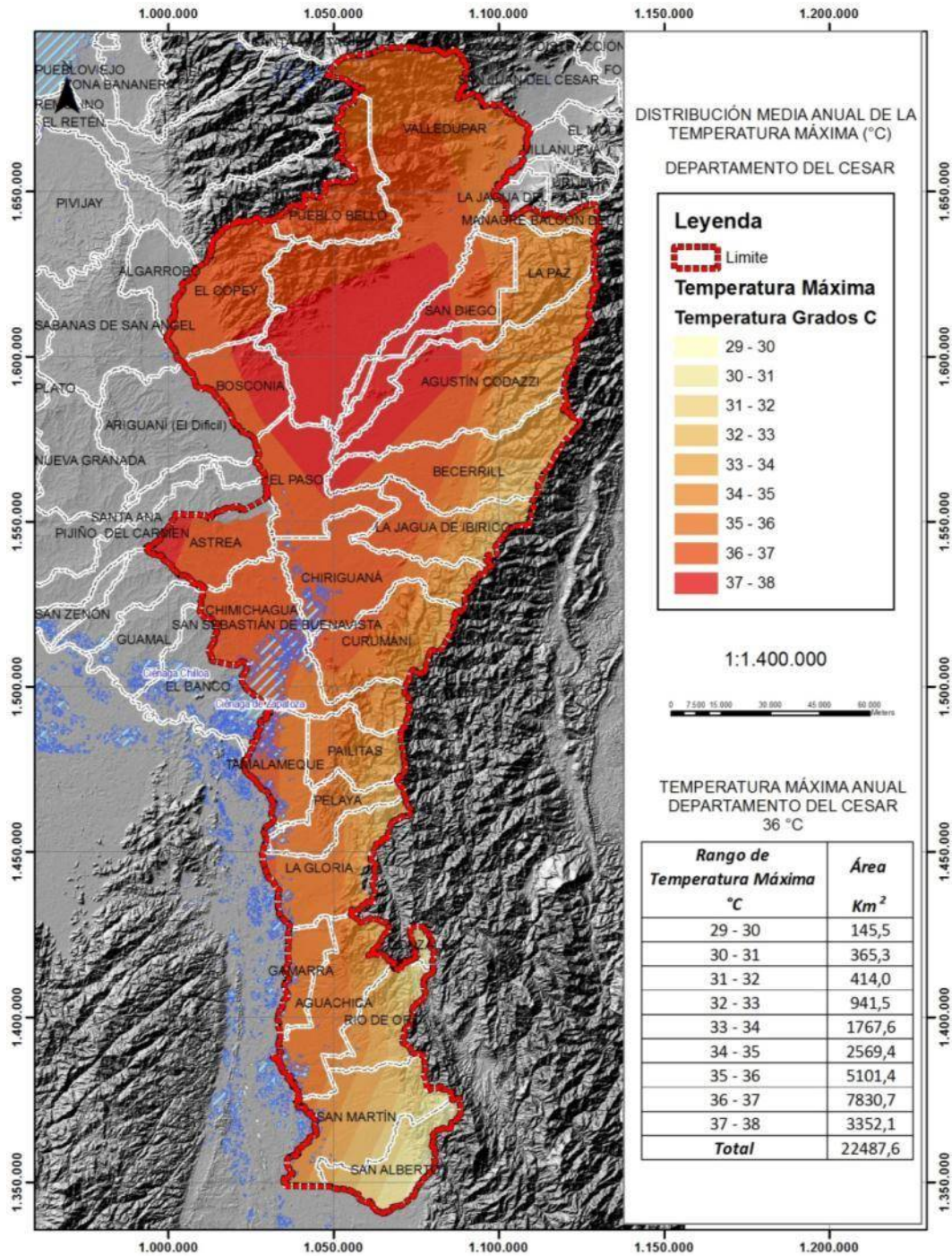


Figura 41. Distribución media de la temperatura máxima en el departamento del Cesar

### 4.3 Evaporación, Humedad Relativa, Brillo Solar, Nubosidad y Recorrido del Viento

A continuación se presenta un resumen de las variables climáticas de algunos municipios de Santander. Ver Anexos 6, 7, 8 y 9. Diagramas de Evaporación, Humedad Relativa, Brillo Solar, Nubosidad y Recorrido del Viento.

Tabla 4. Parámetros Climáticos en algunos municipios del departamento del Cesar

Estación	Municipio	Altura	Tipo	P	T	T <sub>máx</sub>	E	HR	BS	N	RV
		m.s.n.m.		mm	°C	°C	mm	%	horas	octas	Km/año
Guaymaral	Valledupar	50	CO	1213,9	29,7	37,6	2360,7	66,0	2516,1	-	27303,0
El Seis	San Sebastián	50	CO	1251,9	28,9	37,2	-	-	-	4,0	-
Hda Centenario	Agustín Codazzi	100	CO	1545,7	27,9	36,9	-	77,0	-	-	-
Villa Rosa	Valledupar	70	CO	1270,6	28,8	37,2	1889,9	71,0	2503,1	4,0	21386,0
El Callao	Valledupar	110	CO	1178,5	28,3	37,0	2041,3	71,0	2572,7	-	-
Algarrobo	El Copey	60	CO	1130,0	27,5	36,7	1634,1	79,0	2506,8	5,0	32808,0
Aguas Claras	Aguachica	208	CO	1368,3	32,8	35,5	1486,7	78,0	2185,6	5,0	32780,0
La Cruz	Morales	110	CO	1107,5	28,6	36,2	-	76,0	-	3,0	-
Col Cooperativo	San Pablo	165	CO	2638,9	28,2	35,1	-	76,0	-	5,0	-
Teorama	Teorama	1160	CO	1351,6	21,6	27,7	1058,1	87,0	-	6,0	-
Esc. Agr. Cachirá	Cachirá	1882	CO	957,2	16,8	24,7	1189,7	86,0	1719,6	-	23472,0
Termogujira	Dibulla	5	CO	1444,1	26,7	34,4	1675,1	84,0	2151,7	3,0	30114,0
El Rincón	San Diego	350	CO	1335,6	26,3	35,2	1207,3	76,0	2260,0	5,0	-
Col. Agropailitas	Pailitas	50	CP	1961,5	27,8	35,6	1507,5	80,0	2211,8	4,0	10062,0
Motilonia Codazzi	Agustin Codazzi	180	AM	1582,5	28,8	37,0	1916,2	71,0	2524,0	4,0	32132,0

\*P: Precipitación, T: temperatura media, T<sub>máx</sub>: Temperatura máxima, E: Evaporación, HR: Humedad Relativa, BS: Brillo Solar, N: Nubosidad y RV: Recorrido del Viento.

### 4.3.1 Evaporación

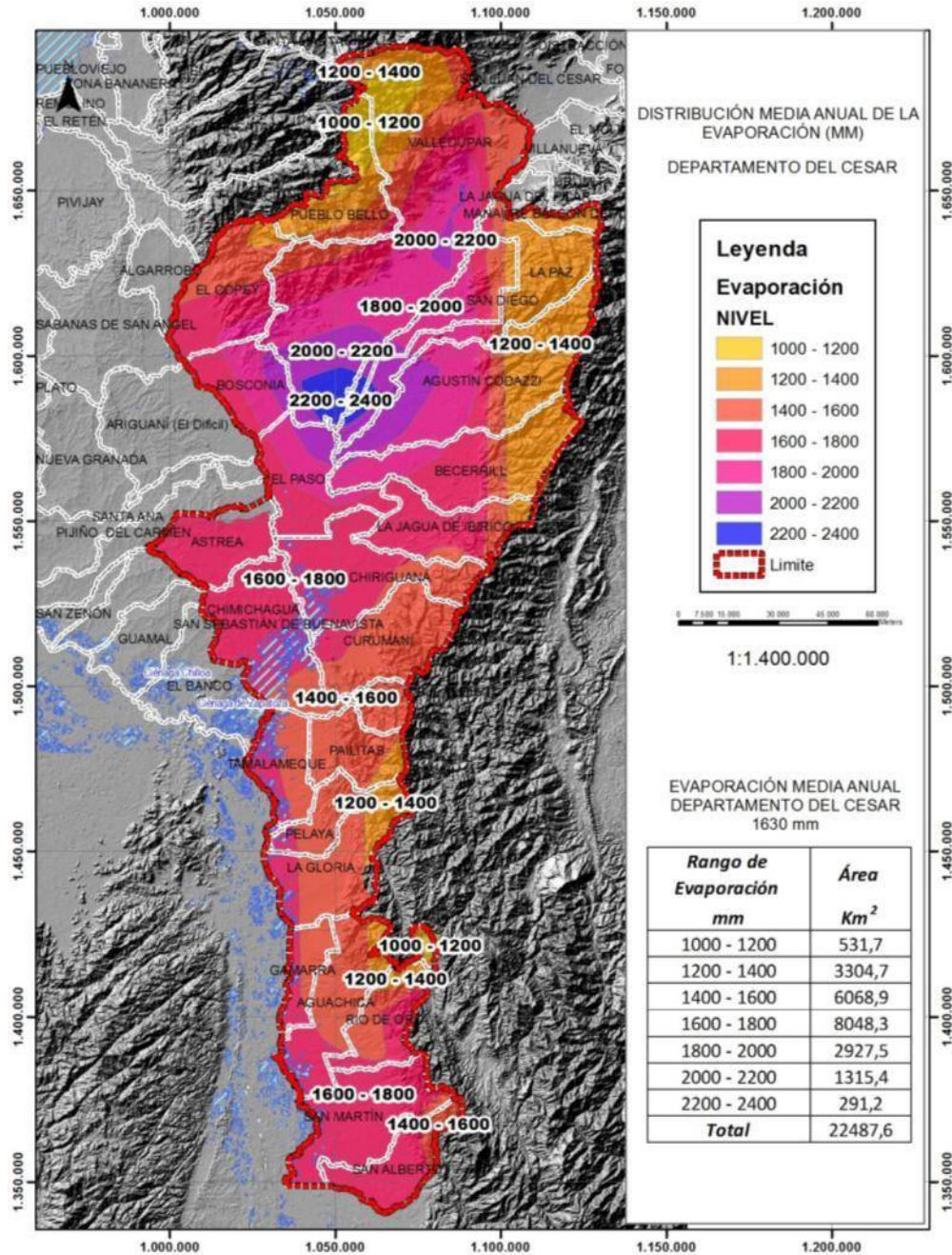


Figura 42. Distribución media de la evaporación en el departamento del Cesar



La evaporación media del departamento es de 1630 mm/año, su rango varía entre 1000 y 2400 mm/año. El 63% del área se encuentra entre 1400 y 1800 mm/año, y tan solo el 20% tiene una evaporación entre 2000 y 2400 mm/año en la parte central del norte del departamento.

### 4.3.2 Humedad Relativa

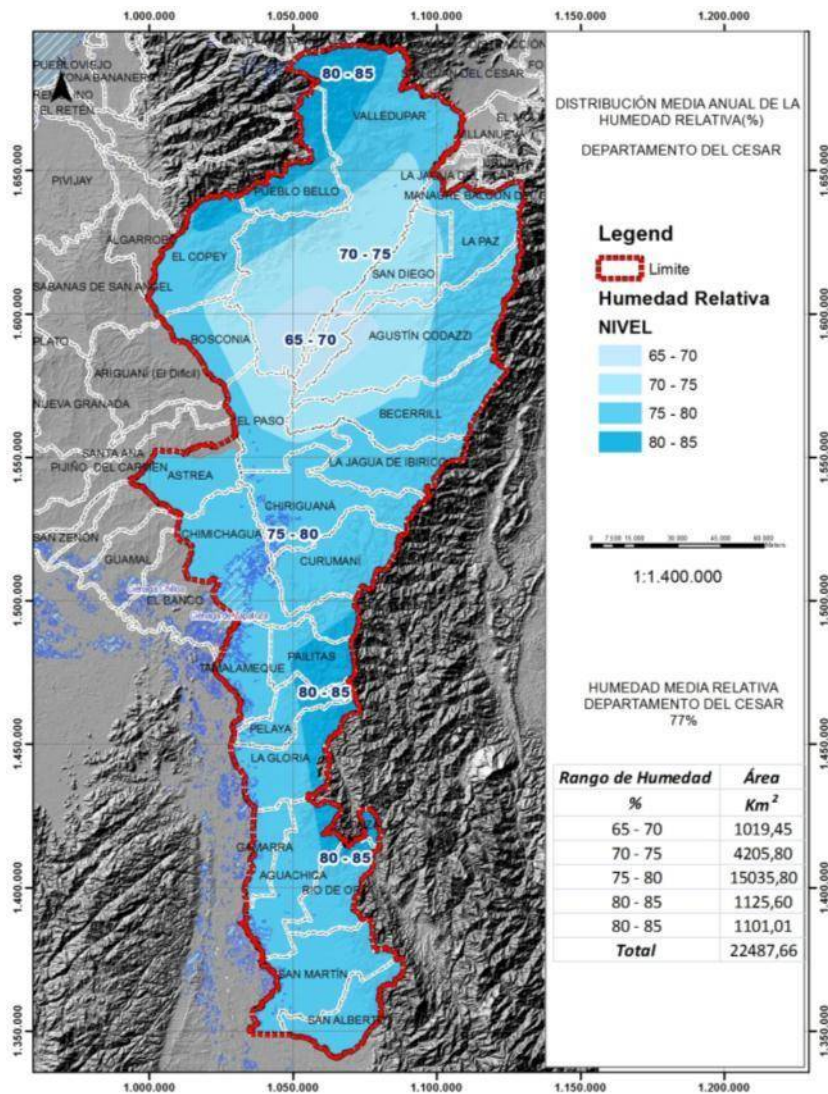


Figura 43. Distribución media de la humedad relativa en el departamento del Cesar

La distribución media de la humedad relativa en el departamento es de 77%, y varía entre 65 y 85%. La mayor humedad se presenta a mayores alturas, y la menor alrededor del 65 al 80% se concentra en el valle del río Cesar.

### 4.3.3 Brillo Solar

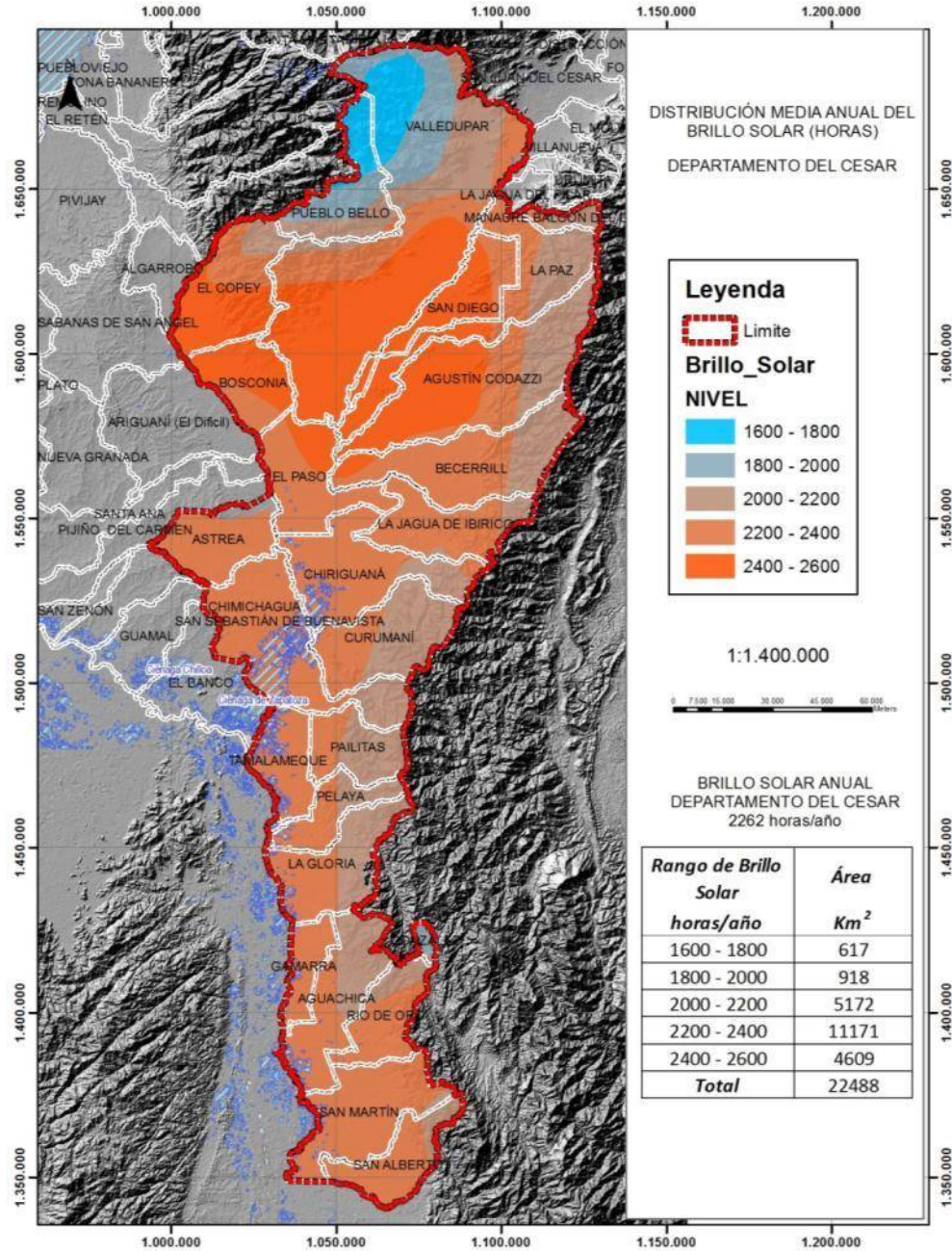


Figura 44. Distribución media del brillo solar en el departamento del Cesar



El brillo solar medio del departamento es de 2262 horas/año, varía entre 1600 y 2600 horas/año. El 20% del área localizada en la parte central del norte del departamento, en las llanuras de la Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá, más exactamente en la parte baja de los municipios: La Paz, San Diego, Agustín Codazzi, Valledupar, El Copey y Bosconia.

#### 4.3.4 Nubosidad

La nubosidad se comporta varía alrededor de 4 – 5 octas, en el anexo 7 se muestran los diagramas de brillo solar y nubosidad, estos tienen una relación inversa aunque no proporcional, al igual que están condicionados por la ocurrencia de precipitación y en menor medida con la variabilidad de la temperatura.

Figura 45. Diagrama de Brillo Solar y Nubosidad, estación Aguas Claras

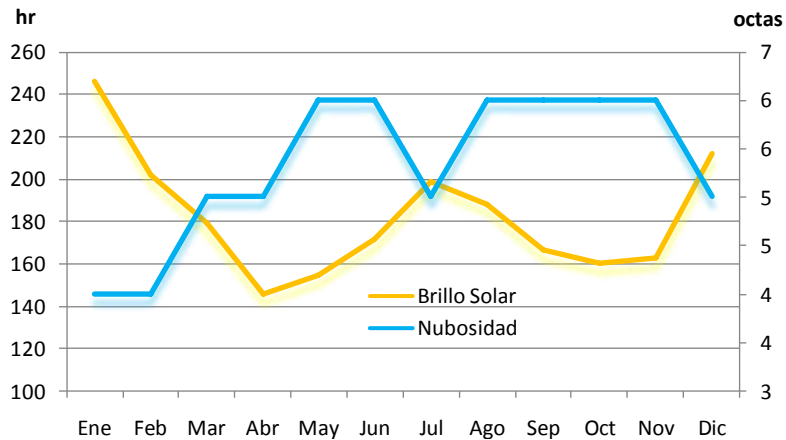
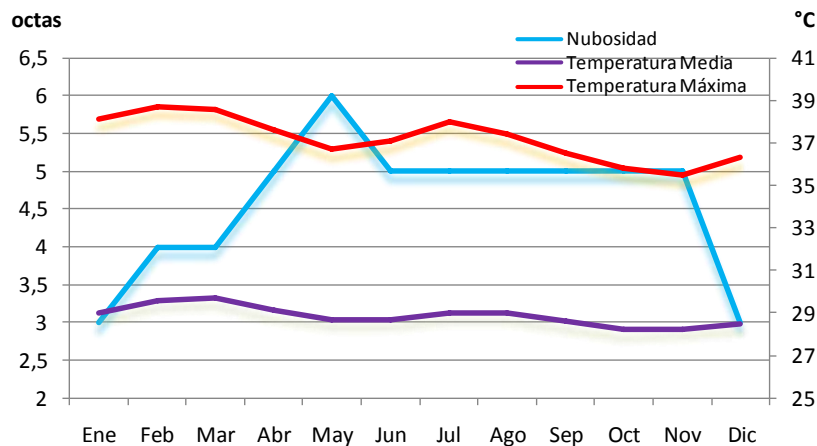


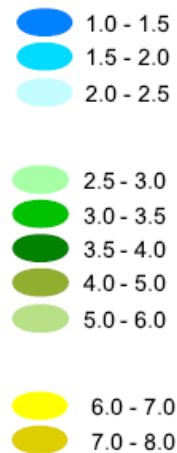
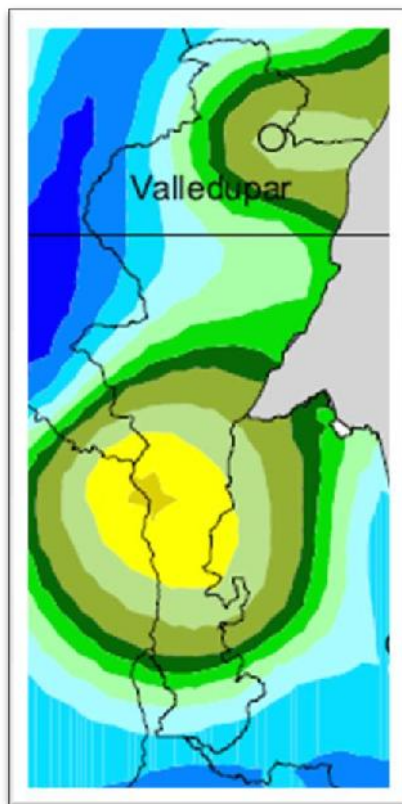
Figura 46. Diagrama de temperatura media y máxima y Nubosidad, estación El Seis



En las ilustraciones anteriores se muestran las relaciones enunciadas anteriormente. La nubosidad es mayor en los meses de menor brillo solar, los cuales tienen como característica principal que son los meses con mayor pluviosidad, y en algunas ocasiones se relaciona con la temperatura media, que podría observarse mejor al realizar un análisis diario.

#### 4.3.5 Recorrido del Viento

En el departamento del Cesar, y más propiamente en la cuenca del Río Cesar se alcanzan valores de velocidades de viento de 5 m/s, en el ciclo comprendido entre mayo y septiembre <sup>2</sup>.



De acuerdo a la ilustración, en el departamento del Cesar la velocidad media del viento en superficie varía desde 1 – 2,5 m/s al noroeste, y hacia la serranía del Perijá al noreste los vientos varían de 3 – 6 m/s. Al sur en los municipios de Austrea, Chiriguaná, Chimichagua, Pailitas, Tamalemeque, los vientos varían desde 6 – 8 m/s.

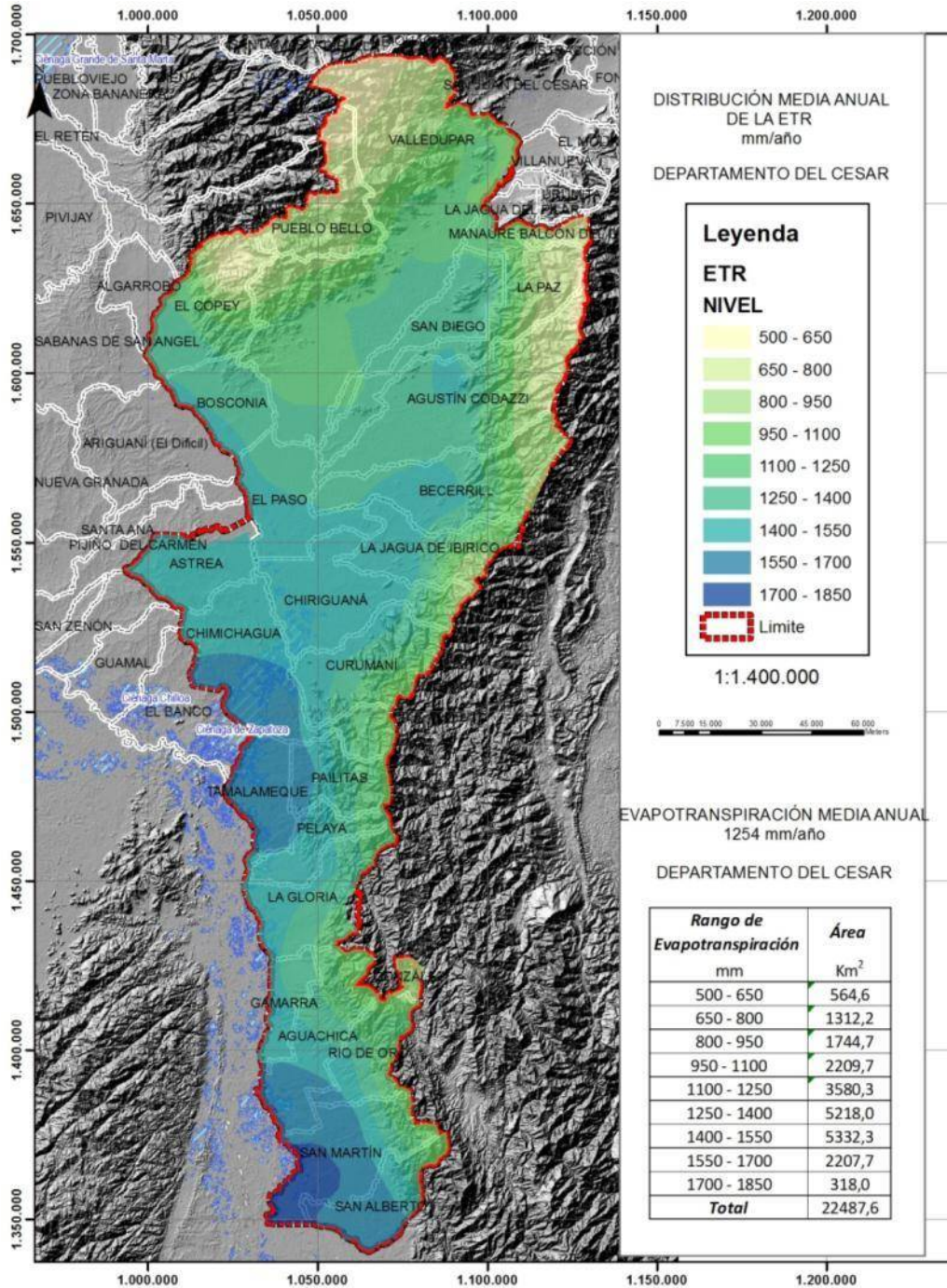
En cuanto al recorrido del viento, en las estaciones Algarrobo y Guaymaral se registran recorridos de viento 32.808 y 32.780 Km/año, en los municipios de El Copey y Aguachica. En el municipio de Pailitas se registra el menor recorrido del viento con 10.062 Km/año. Ver anexo 9. Diagramas de Recorrido del

Fuente. Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia

Viento

<sup>2</sup> Atlas de Viento y Energía Eólica de Colombia. Ministerio de Minas y Energía, Unidad de Planificación Minero Energética e Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2000

#### 4.4 Evapotranspiración Potencial.





**Figura 47. Distribución espacial de la evapotranspiración media anual en el departamento del Cesar**

La evapotranspiración real media en el departamento es de 1254 mm/año, el 57% del área presenta una evapotranspiración real media anual entre 1250 – 1750 mm/año, esta disminuye hacia las zonas de mayor elevación entre 800 – 500 mm/año, y adquiere valores mayores hacia los municipios de Chimichagua, Tamalemeque, y al sur en la parte baja de Aguachica, San Martín y San Alberto alcanzando valores entre 1550 y 1850 mm/año.

#### 4.5 Clasificación Climática según Caldas - Lang

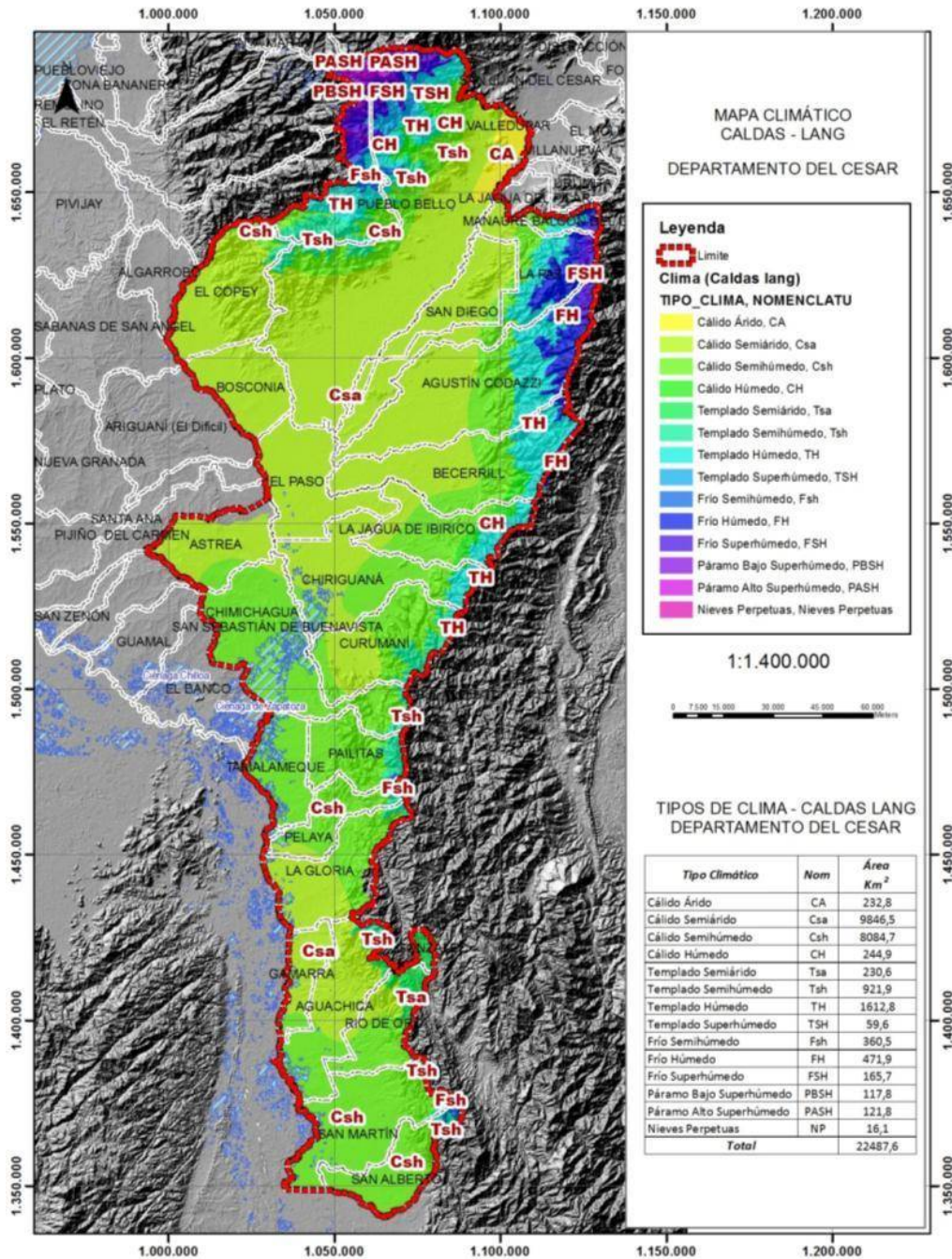


Figura 48. Clasificación climática según Caldas - Lang



De acuerdo a la clasificación climática de Caldas - Lang, se distinguen:

- i) Al norte, en su parte más elevada en la Sierra Nevada de Santa Marta, se presenta Nieves Perpetuas, y en el pie clima Cálido semihúmedos.
- ii) Al noreste y este, en la Serranía del Perijá se presentan climas Fríos Superhúmedos a Templados semihúmedos.
- iii) En el valle del río César y áreas de planicie, predominan los climas Cálido Semiárido y Semihúmedo, con una cobertura aproximada del 80%.
- iv) Al norte, en solo el 1% del área en límites con el departamento de La Guajira se presenta un clima árido.

<b>Tipo Climático</b>	<b>Nom</b>	<b>Área</b>	<b>Área</b>
		<b>Km<sup>2</sup></b>	<b>%</b>
Cálido Árido	CA	232,8	1,0
Cálido Semiárido	Csa	9846,5	43,8
Cálido Semihúmedo	Csh	8084,7	36,0
Cálido Húmedo	CH	244,9	1,1
Templado Semiárido	Tsa	230,6	1,0
Templado Semihúmedo	Tsh	921,9	4,1
Templado Húmedo	TH	1612,8	7,2
Templado Superhúmedo	TSH	59,6	0,3
Frío Semihúmedo	Fsh	360,5	1,6
Frío Húmedo	FH	471,9	2,1
Frío Superhúmedo	FSH	165,7	0,7
Páramo Bajo Superhúmedo	PBSH	117,8	0,5
Páramo Alto Superhúmedo	PASH	121,8	0,5
Nieves Perpetuas	NP	16,1	0,1
<b>Total</b>		<b>22487,6</b>	<b>100,0</b>

## 5 Variables de influencia en la posibilidad de ocurrencia de incendios

### 5.1 Déficit y Excesos hídricos

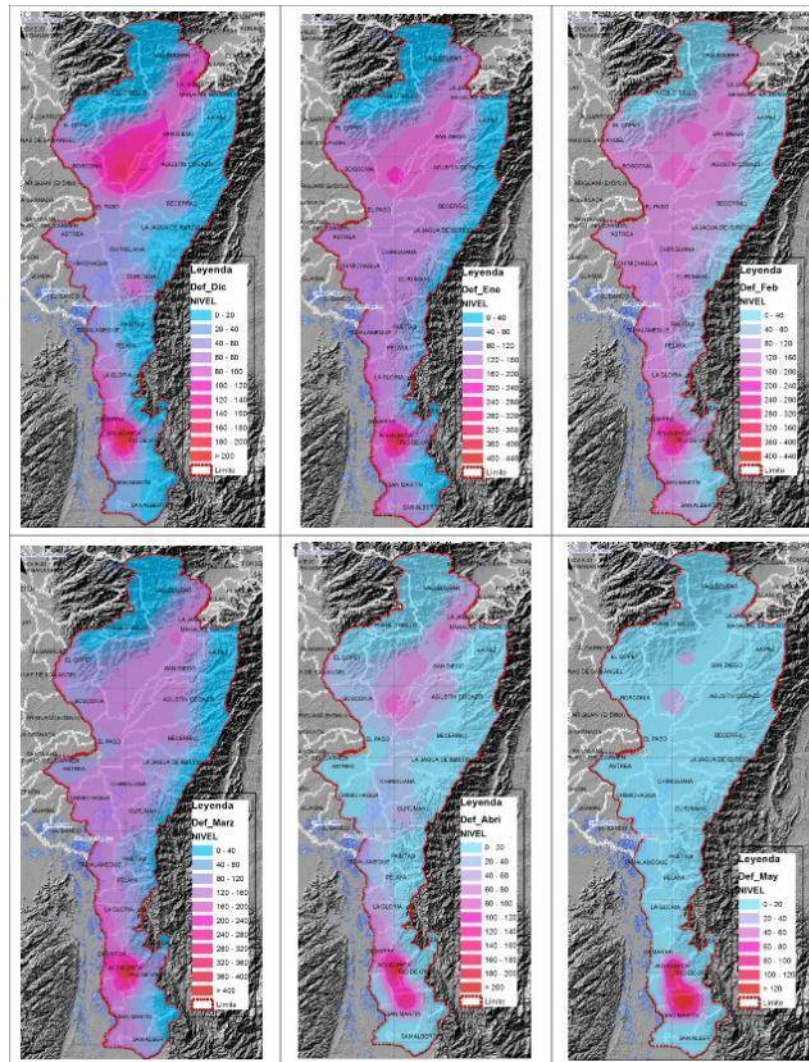


Figura 49. Distribución espacial de déficit hídrico mensual, Diciembre - Mayo

Diciembre, enero, febrero, y parte de marzo, son meses de Déficit de agua en el departamento. En enero, febrero y marzo, el déficit abarca un rango de 0 a 440 mm. La mayor afectación se presenta en las planicies y en el valle del río Cesar, con dos nodos principales: i) en los municipios

de Valledupar, El Paso, Bosconia, San Diego, La Paz y Agustín Codazzi; ii) y al sur en los municipios de Gamarra, Aguachica y Río de Oro.

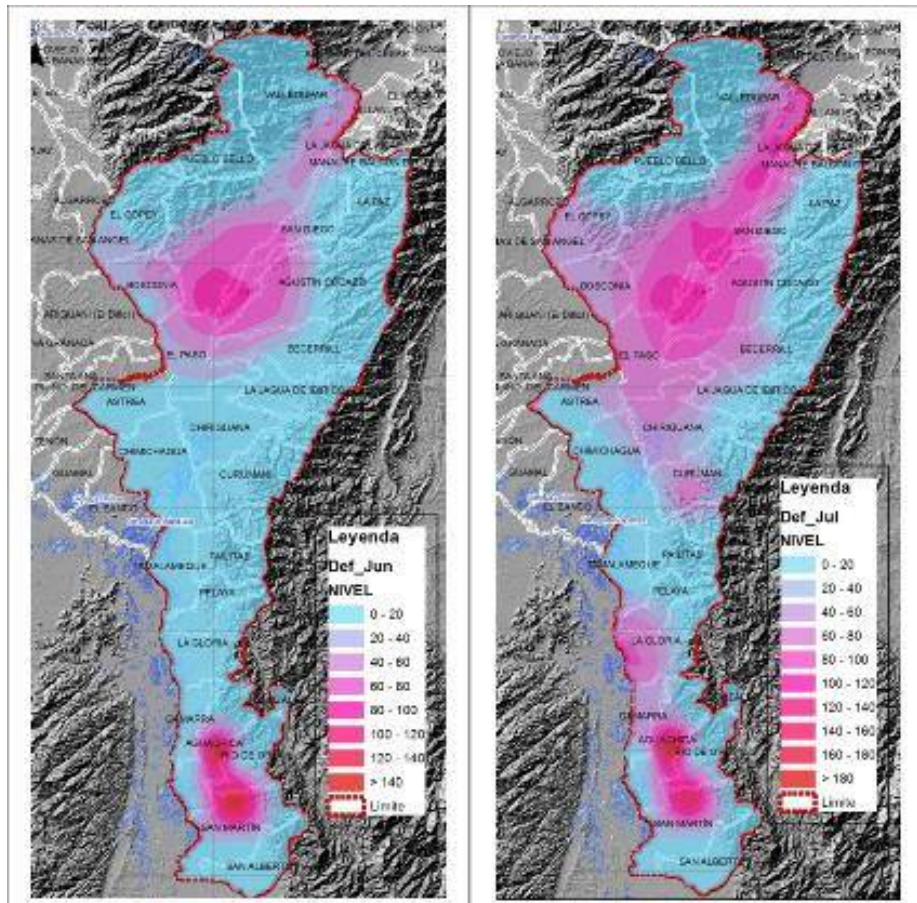


Figura 50. Distribución espacial de déficit hídrico mensual, Junio - Julio

En el segundo período de escasas lluvias, en julio se aprecia un déficit de 0 – 220 mm, y abarca mayor área al mes de Junio.

En la siguiente ilustración Distribución de Déficit medio anual, se puede observar que los nodos de déficit se mantienen a lo largo del año, y que las zonas referentes a las estribaciones de los sistemas montañosos de la Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá presenta grandes déficit hídricos en el suelo, que asociados a temperaturas máximas y disminución de la precipitación, resultan ser un factor determinante para el avance en las primeras etapas de un incendio.

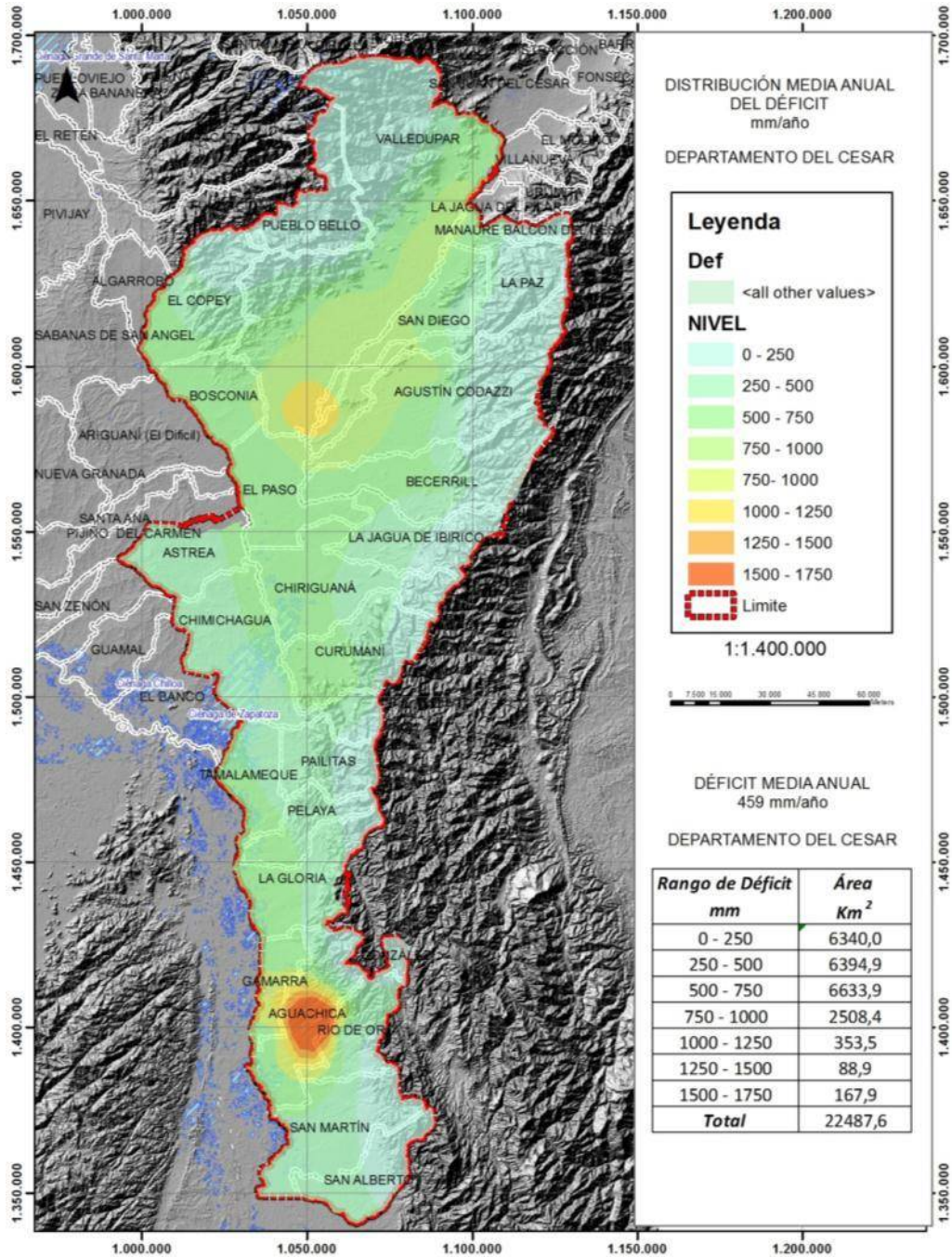


Figura 51. Distribución espacial del déficit medio anual en el departamento del Cesar

A continuación se muestra la distribución de los excesos en los meses de mayor precipitación. Para el primer período, el mes de mayo presenta el mayor gradiente de excesos, el cual oscila entre 0 y 330 mm/año.

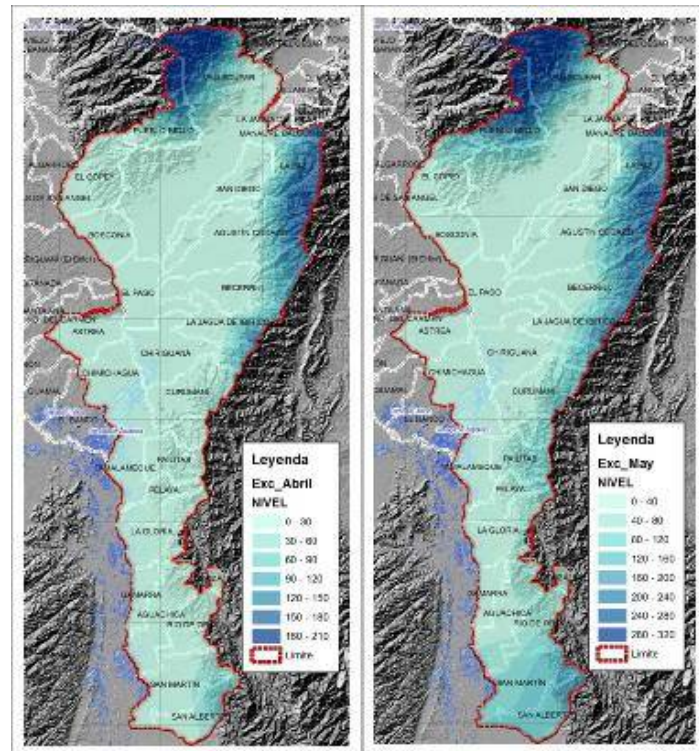


Figura 52. Distribución de excesos en el departamento del Cesar Abril - Mayo

En el segundo período de máximas lluvias los meses de septiembre, octubre y noviembre, presentan rangos de variación de excesos altos para los sistemas montañosos: Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía del Perijá. En octubre el rango de variabilidad oscila entre 0 y 400 mm.

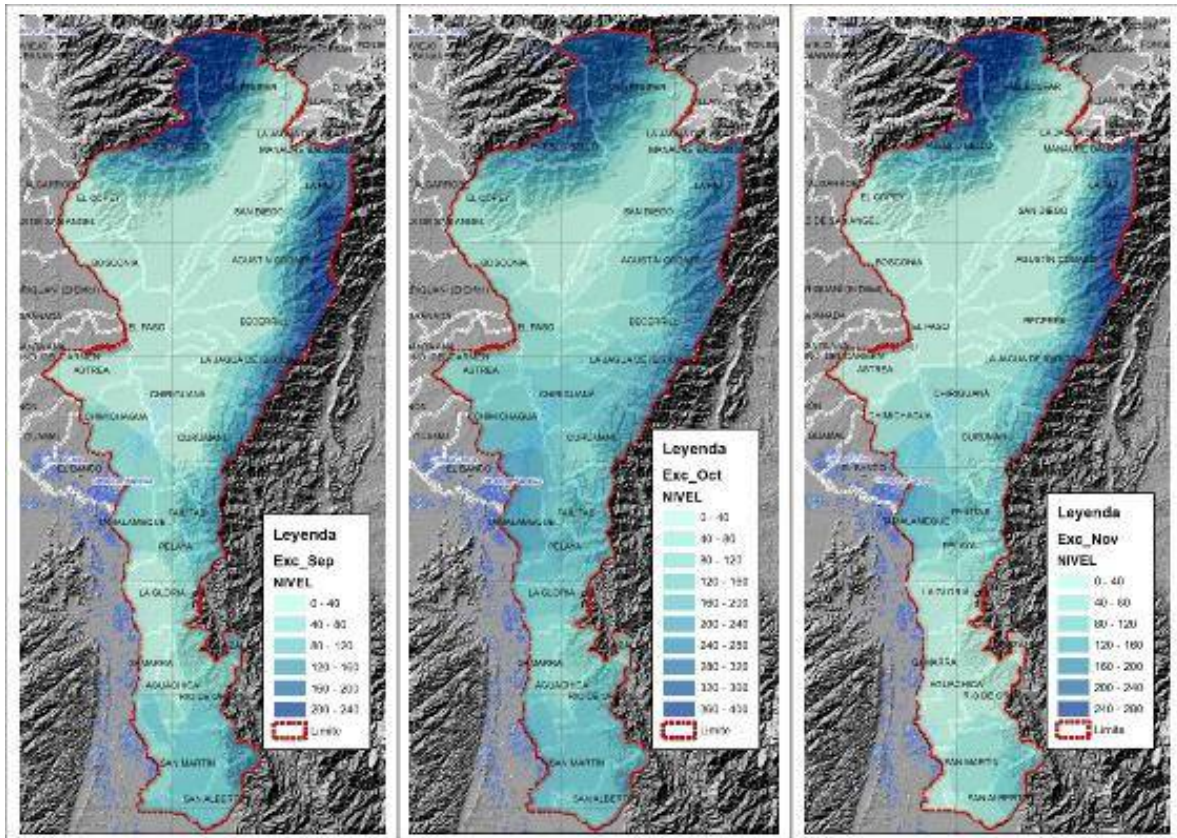


Figura 53. Distribución media de los excesos en el departamento del Cesar, Septiembre - Noviembre

El exceso hídrico medio anual en el departamento, es de 475 mm/año, y su variabilidad es de 0 – 2000 mm/año. En la siguiente tabla se presenta el resumen del balance hídrico medio anual del departamento.

Tabla 5. Valores medios anuales del balance hídrico en el departamento del Cesar

Precipitación	Temperatura	Temperatura	Brillo	Evaporación	Evapotranspiración	Excesos	Déficit
mm	°C	Máxima	Solar	mm	Real	mm	mm
		°C	horas		mm		
<b>1699</b>	25,6	36	2262	1630	1254	475	459

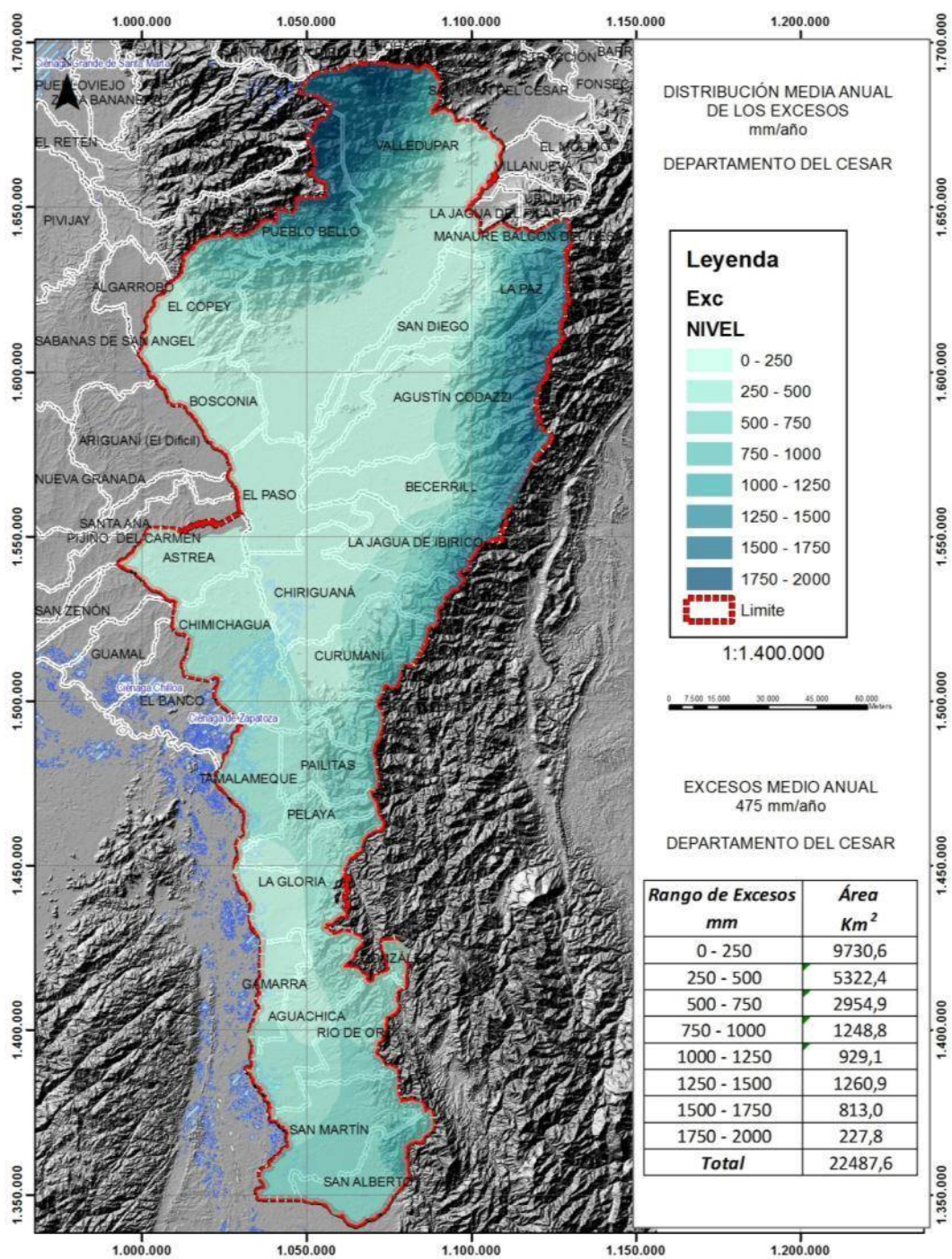


Figura 54. Distribución espacial del exceso hídrico anual

## 5.2 Análisis Espacial de Accesibilidad y hábitat rural

En el estudio de los métodos cuantitativos, se dispone de la estadística como una herramienta eficaz para realizar trabajos e investigaciones relacionados con el ordenamiento territorial. Es así como la estadística paramétrica nos brinda una buena alternativa como complemento de la geografía y es por eso, que para el presente trabajo práctico se ha hecho uso de la **estadística espacial**.

El Análisis del departamento del Cesar y de su sistema de asentamientos, de su hábitat rural y de sus redes de transportes para ser relacionado con la ocurrencia y atención de incendios forestales. En el primer caso se utilizarán índices probados para medir los centros de gravedad y en tal virtud, se aplicarán las fórmulas recomendadas para los centros de gravedad simple y ponderado (demográfico); el índice de desviación típica de distancias y radio dinámico, así como el índice de primacía.

En cuanto al hábitat rural, se analizarán los conceptos de concentración y dispersión a nivel municipal, empleando los índices de Demangeon, Colas y Bernard, los cuales se remiten a la geografía regional francesa y tienen en cuenta el hábitat total de los municipios, el hábitat rural de los mismos y su relación con las unidades político-administrativas menores. También el índice de Colas tiene en cuenta la superficie del área motivo de análisis y las viviendas de los municipios.

Las redes de transportes, básicamente se analizan mediante los índices de rodeo y accesibilidad para verificar su eficiencia, pues de ella depende en gran parte la posibilidad de atención ante siniestros en la región.

El departamento del Cesar se encuentra determinado por el Espacio Continental Andino, influido por la cordillera de los Andes, la Sierra Nevada de Santa Marta y los valles del río Cesar y el Magdalena en menor proporción. Este departamento tiene 22.627 Km<sup>2</sup> de superficie y 966.420 habitantes según el censo de 2005, que determinan una densidad de 42.7 habitantes por Km<sup>2</sup>.





## 5.2.1 Sistemas de Asentamientos

### 5.2.1.1 Índice Rn.-

A partir de este método se puede medir o conocer la distribución espacial, representada por el grado de concentración o dispersión de los asentamientos sobre el espacio.

Su cálculo se realiza a partir del uso de la siguiente fórmula matemática:

\_\_\_\_\_

d = Promedio de las distancias en línea recta entre cada asentamiento y su vecino más próximo.

N = Número de asentamientos (cabeceras municipales del departamento del Cesar).

S = Superficie del departamento

El anexo B muestra los diferentes asentamientos considerados dentro del análisis, su vecino más próximo (medido en línea recta) y la distancia en Kms. entre cada uno de ellos.

A partir de estos resultados y utilizando la fórmula existente para tal fin, el valor obtenido para este índice es el siguiente:

\_\_\_\_\_

N = 25 asentamientos

S = 22.627 Km<sup>2</sup>

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Este resultado indica que la distribución espacial de los asentamientos en el departamento del Cesar, corresponde a un SISTEMA ALEATORIO CON TENDENCIA A LA DISTRIBUCION REGULAR. De hecho se observa que los asentamientos no presentan tendencia alguna hacia la concentración y aunque su distribución tampoco sigue un patrón estrictamente regular, éstos aparecen localizados al azar ocupando prácticamente todos los sectores del departamento.

De alguna manera se puede deducir que dicha localización relativa se explica por una serie de características propias de las condiciones tanto de infraestructura vial y turística, así como también de las características de relieve y posibilidades de aprovechamiento del suelo.



Respecto a esto, se puede apreciar que la mayor parte de los asentamientos se encuentran ubicados a lo largo del eje vial principal (carretera Troncal del Caribe), que atraviesa el departamento en sentido Sur – Norte.

Recorriendo principalmente la parte plana, correspondiente al Valle del Río Magdalena hacia la parte Suroriental aparece un número significativo de asentamientos, atraídos básicamente por la actividad turística generada por el embalse del Prado.

En relación con las características del relieve y su posibilidad de utilización del suelo para fines agrícolas, se puede observar que en la parte plana debido principalmente a la buena posibilidad de mecanización de las tierras y a su buena fertilidad, producto de la depositación de gran cantidad de sedimentos transportada por los ríos Cesar y Magdalena que transportan ricos limos que periódicamente se depositan, formando una gran cantidad de abanicos y formas deposicionales aluviales, se presenta una importante actividad agrícola de tipo industrial, que demanda una gran cantidad de mano de obra, que se encuentra en las diferentes poblaciones localizadas en dicha área.

Hacia el sector occidental del departamento y principalmente en la parte Nor-Occidental y el eje oriental que se convierte en límite fronterizo se observa una baja presencia de asentamientos. Debido básicamente a la predominancia de un relieve montañoso, lo que de alguna manera dificulta las condiciones de accesibilidad, así como también la posibilidad de algún tipo de actividad agropecuaria, predominando coberturas boscosas en la mayor parte de estos territorios.

Este procedimiento se creó con el propósito de complementar los resultados obtenidos mediante el índice  $R_n$ , y consiste en determinar el punto a donde tienden a concentrarse los asentamientos existentes en una región determinada, en este caso en el departamento del Cesar; esta concentración de asentamientos supone una mayor actividad antrópica como detonante de incendios.

Con respecto al cálculo de este índice, existen 2 métodos o procedimientos a partir de los cuales se puede determinar el centro de gravedad, o sea el punto hacia donde tienden a concentrarse espacialmente los asentamientos existentes en la región estudiada.

### 5.2.1.2 Centro de Gravedad Simple:

Este se obtiene siguiendo el siguiente procedimiento:

Sobre el mapa que hace parte integral del SIG del presente proyecto se demarca un eje de coordenadas arbitrario, denominando "NORTES" al eje de las coordenadas y "ESTES" al eje de las abscisas.

Cada uno de los asentamientos está determinado por un punto, definido por las coordenadas X (ESTES) Y (NORTES); a partir de éstos se calcula la media aritmética que los distintos asentamientos tienen en uno y otro eje. El promedio de los nortes y de los estes definen un punto en el mapa que corresponde al denominado CENTRO DE GRAVEDAD SIMPLE.

### 5.2.1.3 Centro de Gravedad Ponderado:

Este método, a diferencia del anterior, considera la importancia relativa de cada asentamiento. En el presente análisis la importancia o "peso" de cada asentamiento se determinó con base en el número de habitantes, obteniendo así el CENTRO DE GRAVEDAD DEMOGRAFICO. Para su cálculo se sigue el mismo procedimiento del centro de gravedad simple, agregando la información correspondiente a la población de cada asentamiento, es decir, que el centro de gravedad se define por las coordenadas de los medios ponderados  $X_w$  y  $Y_w$ , y su resultado se ubica en el mapa.

En la tabla No.3 se puede observar el valor de las coordenadas que permitieron la determinación del centro de gravedad simple, el cual aparece ubicado en el mapa No.

$$X \text{ (media de los estes) } = 1.058.885$$

$$Y \text{ (media de los nortes) } = 1.520.687$$

Si un sistema de asentamientos se dispusiera de forma regular sobre una región, su centro de gravedad coincidiría con el punto central de ésta. En el caso del departamento del Cesar el CENTRO DE GRAVEDAD SIMPLE se localiza muy cerca del límite entre Curumaní y Chiriguaná sobre la vía troncal del Caribe, con un pequeño desplazamiento hacia la parte norte, ratificando el resultado obtenido mediante el índice  $R_n$ .

En la Tabla No.4, se observa el valor de las coordenadas que definieron el CENTRO DE GRAVEDAD PONDERADO, el cual aparece en el mapa No.

$$X_w \text{ (media ponderada de los estes) } = 1.069.312$$

$$Y_w \text{ (media ponderada de los nortes) } = 1.566.711$$



Con relación al centro de gravedad simple, éste aparece situado un poco más hacia el norte, más próximo a la ciudad de Valledupar, debido a la gran influencia que esta ciudad ejerce sobre el cálculo del centro de gravedad ponderado, teniendo en cuenta su gran peso poblacional, dado su carácter de capital del departamento.

#### **5.2.1.4 Desviación típica de las distancias.-**

Con el propósito de conocer de manera más precisa las características de una distribución, además de las medidas de tendencia central (centros de gravedad), se hace necesario conocer también las medidas de dispersión, las cuales nos ofrecen información que indica hasta qué punto los distintos asentamientos se encuentran concentrados o dispersos con relación al centro de gravedad.

La dispersión de los asentamientos con relación al centro de gravedad simple se miden con la llamada DESVIACIÓN TIPICA DE LAS DISTANCIAS , la cual se calcula a partir de la medición de la distancia en línea recta entre cada asentamiento y el centro de gravedad simple, a partir de la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum d^2}{n}$$

d = Distancia en línea recta entre cada asentamiento y el centro de gravedad simple.  
n = Número de asentamientos.

#### **5.2.1.5 Radio Dinámico.-**

Con el propósito de tener en cuenta la importancia relativa de cada asentamiento, para este caso con base en una ponderación dada por la población de cada uno de ellos, y determinar su dispersión a partir del centro de gravedad ponderado existe el llamado RADIO DINAMICO, el cual se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$\frac{\sum d^2 w}{\sum w}$$

d = distancia en línea recta entre cada asentamiento y el índice de gravedad ponderado.  
w = Factor de ponderación (población)



En relación con la desviación típica de las distancias, a partir de la tabla No.5, se obtuvo el siguiente resultado:

—  
—

Este resultado aparece representado en el mapa No. 1 , por medio de una circunferencia de radio localizada en el centro de gravedad simple, reflejando una relativa buena concentración espacial de los asentamientos con respecto a dicho centro de gravedad. (No. de asentamientos dentro de esta circunferencia).

Para la determinación del radio dinámico. en la tabla No.6 se encuentran consignados los datos a utilizar en su cálculo:

—  
—

El resultado obtenido aparece representado en el mapa No. 1 , por medio de una circunferencia con un radio de 3.09 cm., a partir del centro de gravedad ponderado.

Como se puede observar el valor resultante del radio dinámico es inferior al obtenido por la desviación típica de las distancias; esto se debe a que las cabeceras municipales más importantes se localizan muy próximas al centro de gravedad ponderado.

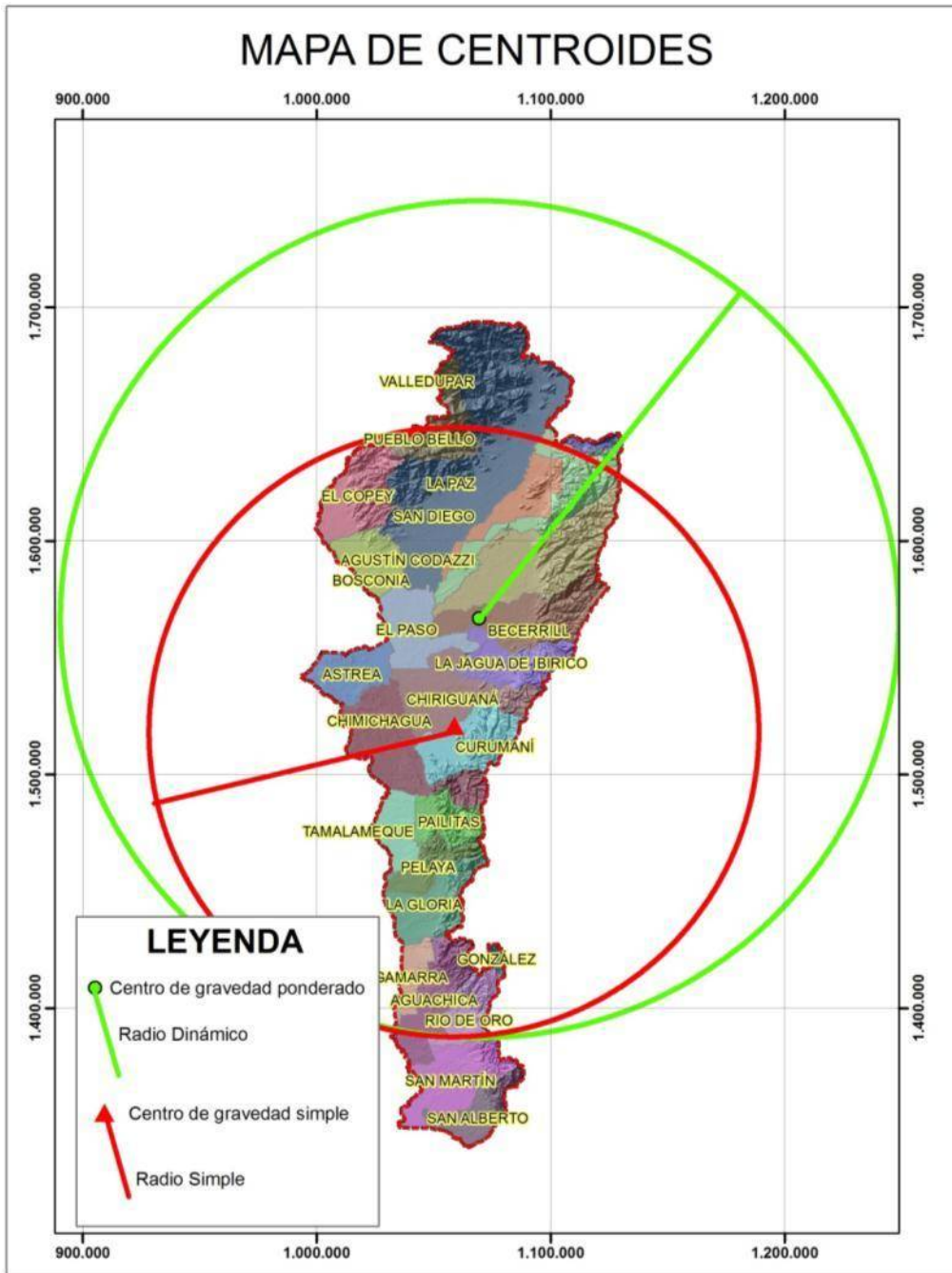


Figura 55. Mapa de centroides simple y ponderado.

## 5.2.2 Hábitat Rural

Con el propósito de conocer los diferentes grados de concentración o dispersión que se presentan en el sector rural, existe una serie de índices matemáticos que nos permiten determinar más objetivamente las características de estas categorías, que aunque conceptualmente se pueden diferenciar sin mayor problema, en la realidad presentan algunos inconvenientes que eventualmente pueden ser solucionados a partir del uso de estos métodos.

### 5.2.2.1 Índice de Demageon.

Mediante la utilización de este índice se puede analizar la realidad del departamento a partir de la combinación de una serie de variables relacionadas en la siguiente expresión:

de donde:

E = Representa la población total en disperso

N = Número de entidades territoriales dispersas

T = Población total del departamento.

Debido a la carencia de suficiente información relacionada con las unidades administrativas existentes en el departamento del Cesar, las entidades territoriales dispersas consideradas en el presente estudio se relacionan con las denominadas INSPECCIONES DE POLICIA, CENTROS RURALES POBLADOS, CASERÍOS, ETC. es decir que las cabeceras municipales no fueron tenidas en cuenta en el cálculo de este índice.

Con el propósito de hacer más objetivo el análisis y sobre todo facilitar la cartografía de los resultados obtenidos se elaboraron 5 categorías, cuyos rangos no obedecen a ningún procedimiento en particular, aunque se debe precisar que en la medida en que el índice es más elevado el grado de dispersión será mayor, y al contrario, la concentración será mayor a medida que el índice es menor. Los rangos se definieron teniendo en cuenta los valores mínimos y máximos encontrados luego de hacer los cálculos respectivos, así:

Indices de 0.026 - 0.658 --- máxima concentración

Indices de 0.658 - 1.63

Indices de 1.63 - 2.295

Indices de 2.295 - 4.041



Indices de 4.041 - 6.488 ---- máxima dispersión

Una vez utilizada la fórmula respectiva, se obtuvieron los resultados que aparecen en la tabla No. 7, los cuales fueron clasificados en su respectiva categoría, y luego presentados en el mapa No.

Como puede observarse en el mapa, la mayor dispersión tiende a presentarse en los municipios de, Tamalameque, La Gloria, Chimichagua, coincidiendo con la cultura ribereña y los accesos a las ciénagas mientras que en menor proporción los municipios: González, Río de Oro y Pueblo Bello, coincidiendo con las áreas de relieve montañoso.

Las mayores concentraciones del hábitat rural tienden a presentarse en la zona plana, coincidiendo con el eje vial más importante del departamento, pudiéndose concluir que el medio físico, en este caso específico las características del relieve, tienen una gran influencia en el grado de concentración y dispersión del hábitat rural.

Estas características topográficas a la vez tienen influencia directa en el uso del suelo; en las zonas montañosas no existe ninguna posibilidad de aprovechamiento agrícola ni ganadero tecnificado, por lo cual las acciones culturales sobre el territorio son bastante marcadas, la concentración de incendios en el área y las alteraciones sobre las cubiertas originales demuestran la presión ejercida por los pobladores del área, así la densidad de población sea más bien baja; estas áreas por las pendientes de la serranía del Perijá que deberían ser áreas de protección con una alta presencia de bosques sin embargo la situación es otra, una comparación con lo que sucede al otro lado de la frontera permite ver la clara presión en el sector Colombiano.

En las zonas planas, donde la actividad humana es mayor, favorecida por la una mejor opción topográfica aún cuando la fertilidad de los suelos no sea mayorde, y las buenas condiciones de accesibilidad, situaciones estas que han generado una gran concentración del hábitat representada por la presencia de grandes cultivos agrícolas de tipo industrial, (Palma al sur y con facil conectividad a Barrancabermeja y Bucaramanga en el departamento de Santander, y de amplias áreas dedicadas a la ganadería extensiva en la mayor parte del departamento.

#### **5.2.2.2 Índice de Colas.**

Este índice se creó con el propósito de obviar algunas circunstancias detectadas en la utilización del índice de Demangeon, por lo cual incluyó la variable correspondiente a la superficie de cada uno de los municipios considerados. La fórmula a partir de la cual se calcula este índice es la siguiente:

S = Superficie del Municipio considerado



- N = Número de entidades territoriales en disperso (para este caso, Inspecciones de Policía, centros poblados, etc).  
T = Población total del Municipio  
E = Población total en disperso.

Al igual que con el índice de Demangeon, se definieron 5 categorías.

Indices de 0.026 - 0.658 --- máxima concentración

Indices de 0.658 - 1.63

Indices de 1.63 - 2.295

Indices de 2.295 - 4.041

Indices de 4.041 - 6.488 ---- máxima dispersión

Se puede precisar que en la medida en que el índice es más elevado, el grado de dispersión será mayor y viceversa.

La información obtenida luego de la aplicación de la fórmula, arrojó los resultados que aparecen en la tabla No.8, representados espacialmente en el mapa No.

Comparando los mapas obtenidos tanto para el índice de Demangeon como para el de Colas, se puede apreciar en este último, una información más detallada en cuanto a la tendencia a la concentración, disminuyendo el grado de dispersión; estas divergencias se deben a la consideración del factor correspondiente a la superficie. En términos generales, los factores asociados al medio físico (relieve, clima) mantienen una gran influencia en las características del hábitat rural, presentando gran concentración en las zonas planas y dispersión en las zonas montañosas.

### ***5.2.2.3 Índice de Bernard.***

Como complemento a los índices de Demangeon y Colas, este índice incluye en su cálculo la variable correspondiente al número de viviendas de las entidades territoriales en disperso. Esta situación nos ofrece la posibilidad de obtener resultados más precisos respecto a las características de concentración y dispersión del hábitat rural. Se calcula a partir de la siguiente fórmula:

—  
C = No. de viviendas



S = Superficie de entidades territoriales  
N = Número de entidades territoriales en disperso.

Los resultados obtenidos se categorizaron de la siguiente manera:

17 - 200 ---- Máxima concentración  
  
200 - 400  
  
400 - 800  
  
800 - 1000  
  
> 1000 ---- Máxima dispersión

En la tabla No. 9 aparecen los resultados obtenidos luego de la utilización de la fórmula correspondiente. Con base en las categorías establecidas se puede observar que el 75% de los municipios muestran una fuerte concentración, lo cual no coincide aritméticamente con los resultados obtenidos al aplicar los índices anteriores.

Posiblemente, esta situación se presenta en razón teniendo en cuenta que para el presente trabajo se tomaron los datos de las inspecciones de policía como entidades territoriales en disperso, debido a la falta de información relacionada con la división político-administrativa de los municipios del departamento del Cesar.

Aproximadamente el 15% del total de municipios, está representado por un índice de dispersión intermedio; solamente un municipio presenta marcada dispersión, lo cual puede ser explicable por haberse contado como una sola entidad territorial con un gran número de viviendas.

## 5.2.3 Redes viales

### 5.2.3.1 Índice de Rodeo y de Accesibilidad.

Mediante el empleo de este índice, se pretende analizar el grado de eficiencia de las vías existentes, comparando en forma sencilla la distancia real entre las poblaciones con su distancia ideal, para buscar la relación con tiempos de respuesta en caso de incidentes de conflagraciones que requieran imperativamente la asistencia de máquinas de Bomberos, considerando tres nodos: Aguachica, Valledupar y Codazzi.

Para tal fin se elaboran las matrices de accesibilidad, tablas Nos. 10 y 11, previo inventario de las localidades comunicadas por la red vial, las cuales para el efecto se denominan **NODOS** es conveniente aclarar que para el cálculo de este índice se tuvieron en cuenta veinte (20) Nodos, ubicados sobre la red principal y representados cartográficamente en el mapa del departamento. Los demás nodos (16) no se tuvieron en cuenta para el cálculo por cuanto sus vías de acceso no aparecen representadas en la cartografía básica utilizada para el presente trabajo.

El índice de rodeo y accesibilidad, específicamente nos permite conocer 4 aspectos:

1. Índice de rodeo del tramo, el cual indica la relación de eficiencia de los tramos entre diferentes nodos.

$$Rt = \frac{Lij}{Dij}$$

$$Dij$$

$$Lij = \text{Distancia real entre 2 nodos}$$

$$Dij = \text{Distancia ideal entre 2 nodos}$$

2. Índice de accesibilidad, en cual resulta de la sumatoria de las filas correspondientes a las tablas No. y , (distancias reales e ideales) y define la distancia total que separa a cada ciudad de las 19 restantes, por carretera y en línea recta.

$$Ac = \sum Lij \text{ (distancias reales)}$$

$$A'c = \sum Dij \text{ (distancias ideales)}$$



3. Índice de rodeo correspondiente a cada ciudad, el cual se obtiene dividiendo la sumatoria del índice de accesibilidad real entre la sumatoria del índice de accesibilidad ideal, y permite conocer la eficiencia entre cada ciudad y los demás tramos con los cuales se comunica (tabla No.12).

$$Rc = \frac{SLij}{SDij}$$

$$SDij$$

4. Índice de rodeo de la Red; muestra la eficiencia de la red vial en general al presentar la relación entre las distancias reales e ideales del departamento. Se obtiene sumando los valores del factor Rc tal como se muestra en la tabla No.12.

$$Rc = SRC$$

El índice de rodeo nos permite conocer la diferencia entre las distancias reales y las ideales, de tal manera, que su resultado indica que entre menor valor presente esta relación de distancias, mayor es la eficiencia de la red vial.

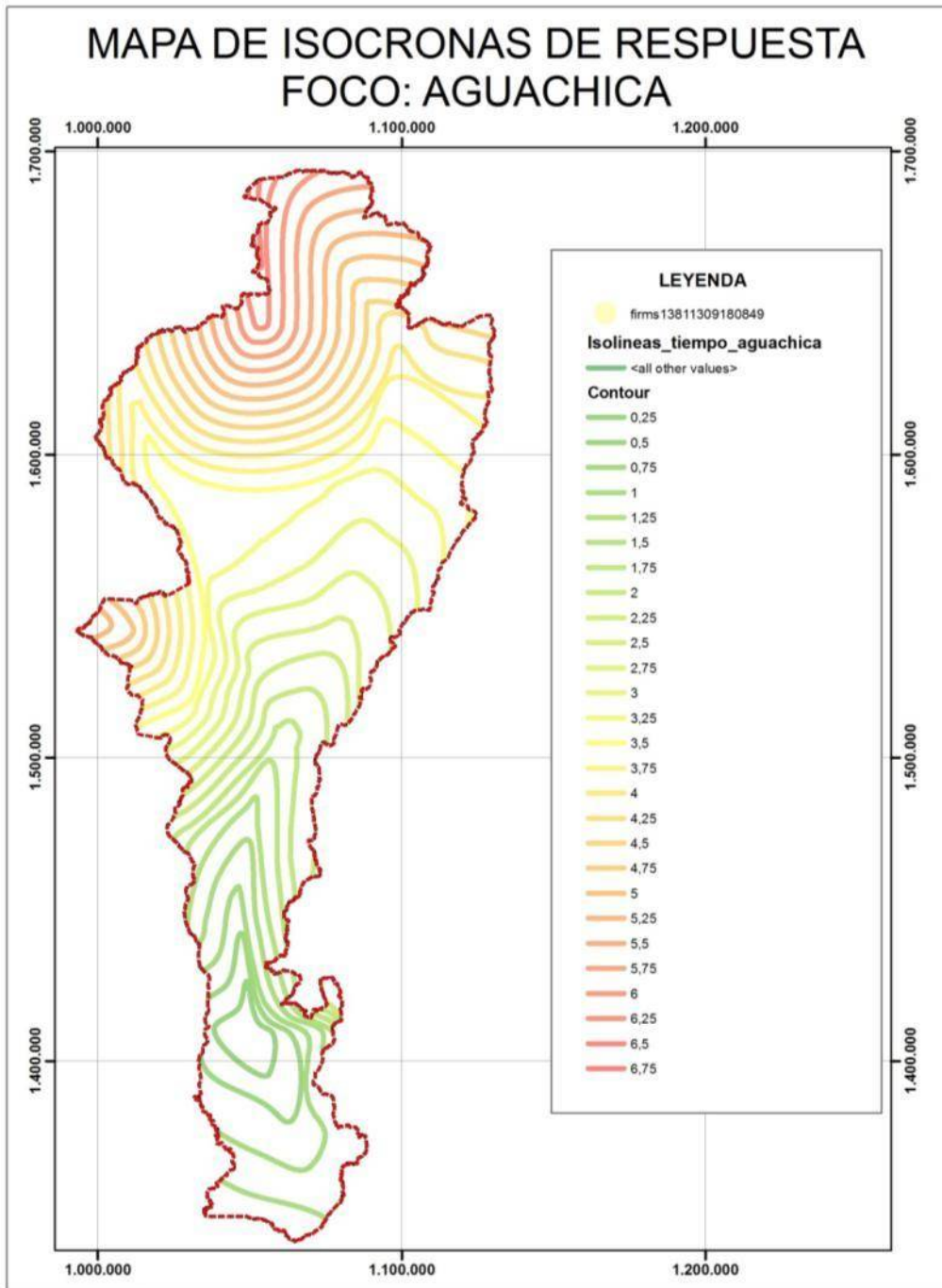


Figura 56. Mapa de Isocronas dre respuesta desde Aguachica.



Para lograr mayor exactitud en la medición de las distancias reales se empleó un curvómetro acondicionado a la escala del mapa base, mientras que para las distancias ideales, la medición se hizo en línea recta empleando una regla de escala.

Del análisis de los índices desarrollados anteriormente se obtuvo un valor, el cual nos permite plantear las siguientes hipótesis:

Las distancias reales son mayores que las distancias ideales en los diferentes tramos que unen los municipios analizados.

Las distancias reales de la red en general son mayores que las distancias ideales de la misma.

La red vial del departamento del Cesar es INEFICIENTE en razón a la diferencia entre las distancias reales y las ideales.

La ineficiencia de la red vial del departamento del Cesar se agrava por cuanto los nodos principales los constituyen las ciudades de Valledupar, Bosconia y Aguachica y desde esas ciudades se desprenden los tramos que comunican a todos los municipios. Es decir, sólo existe un gran eje vial que se utiliza para comunicar la mayor parte del municipio.

La mayor parte de los municipios presentan redes terciarias que aunque cubren buena parte de sus territorios, pero en casi todos ellos son poco eficientes de tal manera que los tiempos de respuesta entre cabeceras y zonas rurales son muy retardados.

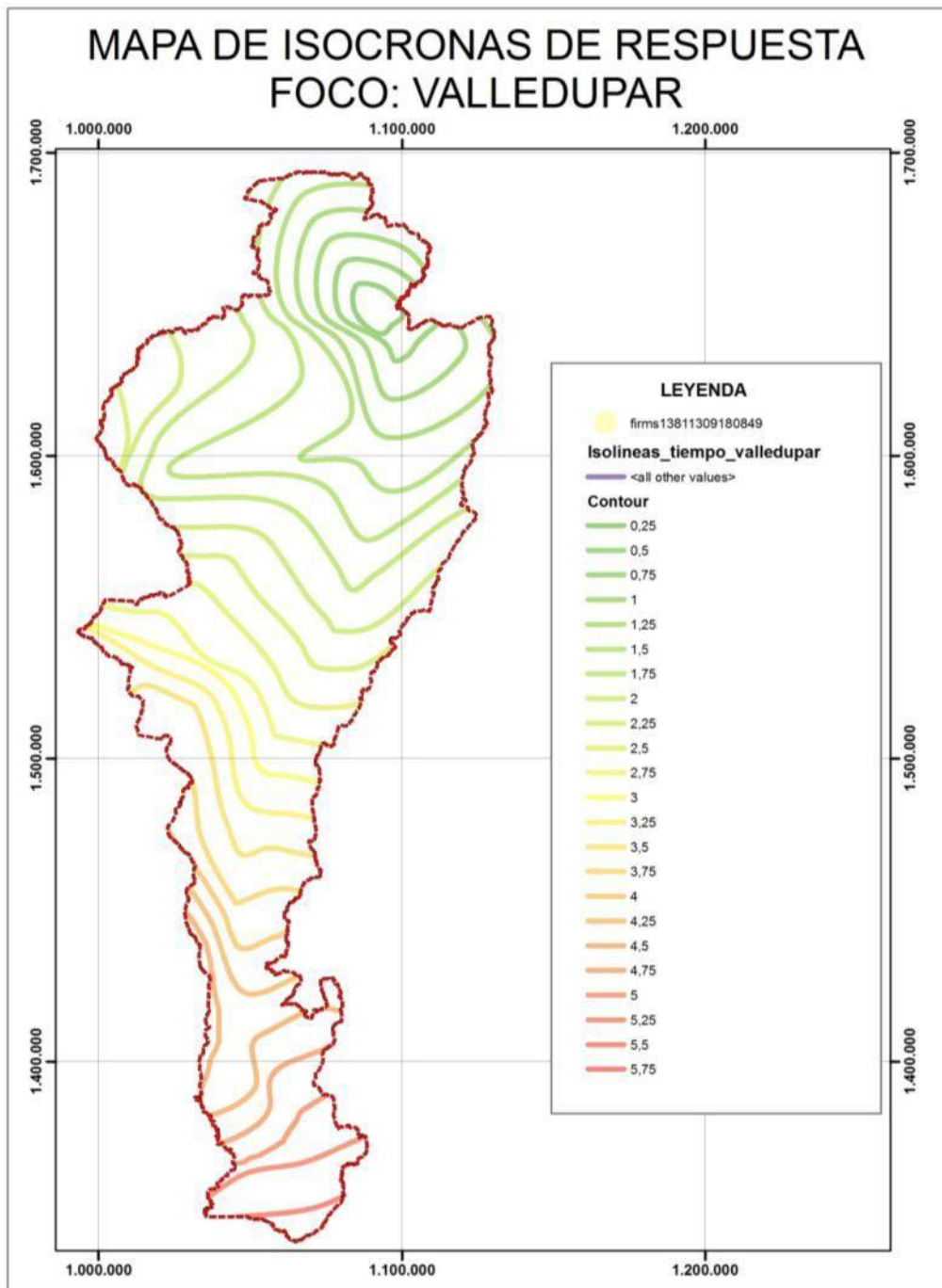


Figura 57. Isocronas de respuesta desde Valledupar.



### **5.2.3.2 Densidad vial**

Con el fin de calcular la densidad vial de cada uno de los municipios del departamento del Cesar se realizó el siguiente procedimiento, primero se sacó un clip de las vías del departamento por el límite del mismo con el fin de asegurar la calidad del producto final, posteriormente se generó un buffer de las vías para poder tener los dos mapas en el mismo tipo de geometría y con ello simplificar los cálculos, una vez se tienen los dos insumos se realiza un cruce de mapas conocido en ArcGIS como OVERLAY este comando permite cruzar las dos entidades geográficas y toda la información que se encuentra en la tabla de datos también.



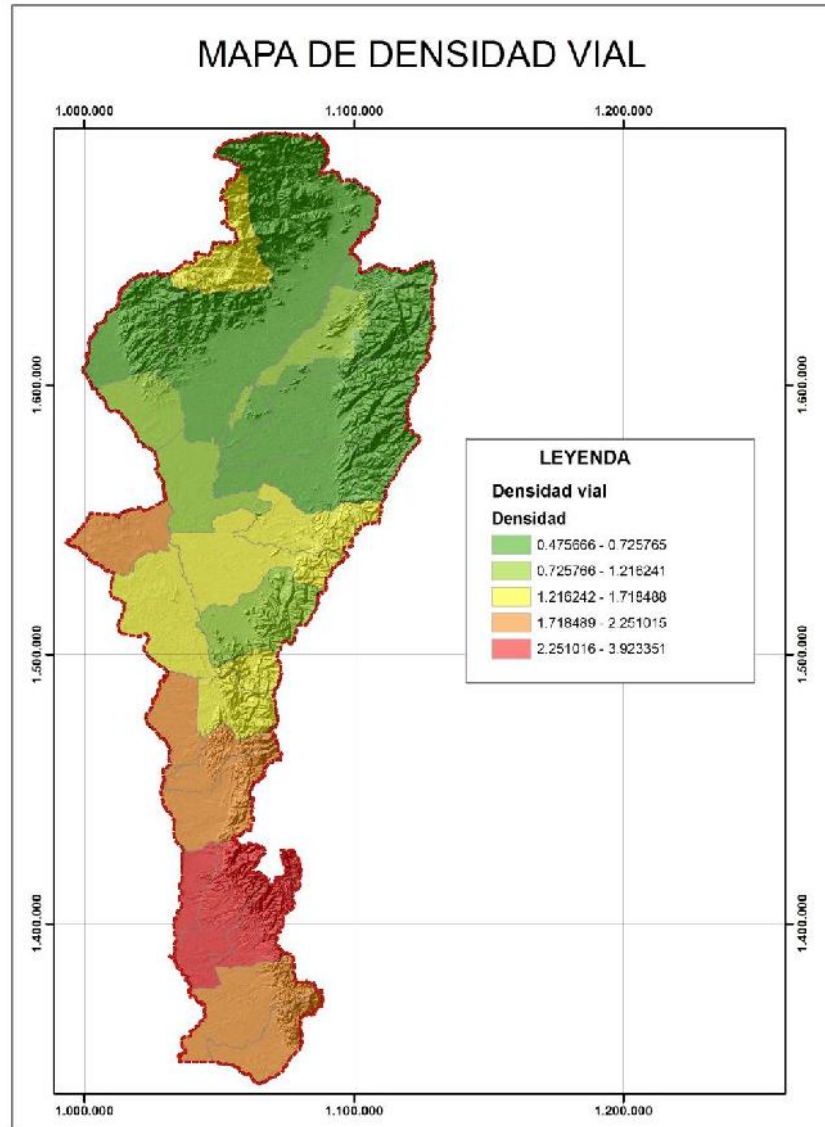


Figura 58. Mapa de densidad Vial.

Quando se tiene el cruce resultado del proceso se separa la información de las vías y se saca un mapa aparte que contiene las vías separadas por municipio y con este mapa se realiza un proceso conocido como summarize que permite agrupar las vías sumando las áreas que corresponden a cada municipio y de esta forma se obtiene la cantidad de vías por municipio, por último se ejecuta un join del mapa de municipios del Cesar y la última tabla creada y listo se tiene el mapa de densidad vial de departamento, a continuación se presenta el mapa y la tabla resultado de este proceso.



NOMBRE DEL MUNICIPIO	COD DANE	AREA MUNICIPIO	AREA VIAS	DENSIDAD
AGUSTÍN CODAZZI	20013	1770043862.26	8419498.37	0.48
MANAURE Balcón del Cesar	20443	140226699.76	713205.44	0.51
BECERRILL	20045	1232763320.40	7211548.69	0.58
LA PAZ	20621	1073098526.02	6674208.34	0.62
VALLEDUPAR	20001	4191878571.37	30160658.28	0.72
EL COPEY	20238	956885069.95	6944732.56	0.73
SAN DIEGO	20750	645427218.20	5629809.61	0.87
BOSCONIA	20060	587879306.90	5375834.77	0.91
CURUMANÍ	20228	922603160.03	11011615.57	1.19
EL PASO	20250	814960437.30	9911884.38	1.22
CHIRIGUANÁ	20178	1115788755.07	15483850.60	1.39
PAILITAS	20517	534751622.76	8426991.26	1.58
PUEBLO BELLO	20570	740308133.04	11899676.25	1.61
CHIMICHAGUA	20175	1374881221.82	22274532.40	1.62
LA JAGUA DE IBIRICO	20400	751334704.35	12911599.50	1.72
LA GLORIA	20383	837995777.96	15688275.10	1.87
ASTREA	20032	641718397.24	12049407.83	1.88
PELAYA	20550	425148692.28	8162630.81	1.92
TAMALAMEQUE	20787	506559547.82	9968509.07	1.97
SAN MARTÍN	20770	993885245.30	21313447.17	2.14
SAN ALBERTO	20710	550046996.61	12381639.87	2.25
RIO DE ORO	20614	549474304.40	15885765.46	2.89
AGUACHICA	20011	877562106.31	30420593.65	3.47
GAMARRA	20295	326661891.48	12102159.51	3.70
GONZÁLEZ	20310	65327363.99	2563021.65	3.92

Cuadro 18. Densidad vial por municipio.

## 6 EVALUACIÓN DE LA AMENAZA

La zonificación de la amenaza, y evaluación de la vulnerabilidad y riesgo por ocurrencia de incendios forestales en jurisdicción de CorpoCESAR, permite caracterizar y clasificar el Departamento según los niveles o categorías de las áreas más o menos susceptibles a la ocurrencia y afectación por eventos de fuego y las zonas con mayor riesgo de sufrir pérdidas por estos eventos. Aquí se describen los municipios del Departamento según la escala de categorías producto de los mapas de amenaza, riesgo y vulnerabilidad (5: muy alto, 4: alto, 3: medio, 2: bajo, 1: muy bajo). Teniendo en cuenta para cada criterio, el porcentaje de área de cada municipio en categoría muy alta de amenaza, riesgo y vulnerabilidad, los municipios se clasifican y agrupan en tres niveles generales, según el grado de compromiso de las áreas, en alerta roja, naranja y amarilla.

### 6.1 Incorporación de las variables climáticas, y antrópicas

Teniendo en cuenta que la susceptibilidad de la vegetación se ve afectada por factores externos de tipo climático que están íntimamente ligados a ella generando variaciones intrínsecas de sus cualidades principalmente en lo que hace referencia a la humedad contenida en los tejidos vegetales (influida directamente por la precipitación, humedad del suelo y temperatura ambiental), se considera necesario generar una calificación de la susceptibilidad bajo las condiciones normales de precipitación y temperatura imperantes en el país. Para ello, se efectúa un procedimiento similar al de la calificación de la susceptibilidad, para generar los mapas de las variables climáticas a partir de la información de precipitación y temperatura con los cuales se caracterizan climáticamente los ecosistemas colombianos (IDEAM, 2007). Adicionalmente se consideraron otras variables como exceso y déficit hídrico, humedad relativa, brillo solar, nubosidad y velocidad y recorrido de viento.

Es importante mencionar que la principal causa de los incendios forestales son las prácticas culturales relacionadas con la preparación de potreros para la ganadería y la agricultura, por ello los incendios de carácter natural son muy pocos, en más de un 95% se relacionan con estos factores.

## 6.2 Incorporación de información de carácter histórico sobre los incendios forestales en la evaluación de la amenaza

A partir de la información de estadísticas históricas sobre incendios que se evaluaron regionalmente a través de la información disponible en la WEB (FIRMS) en la cual se evaluaron alrededor de 35.366 puntos de calor para el cuadrángulo de trabajo; de los cuales 12026 corresponden al departamento del Cesar, El índice de frecuencia se desarrollo a partir del análisis de la tabla de datos.

Ante la falta de reportes consistentes en el departamento de fechas, horas y causa, se utilizaron los datos del FIRMS que se adjuntan anexos al presente informe; en ellos se puede contar con la fecha y la hora del evento, que permiten calcular el valor. Mediante un sencillo análisis de frecuencia y cruzado con la superficie del municipio se tiene el siguiente panorama:

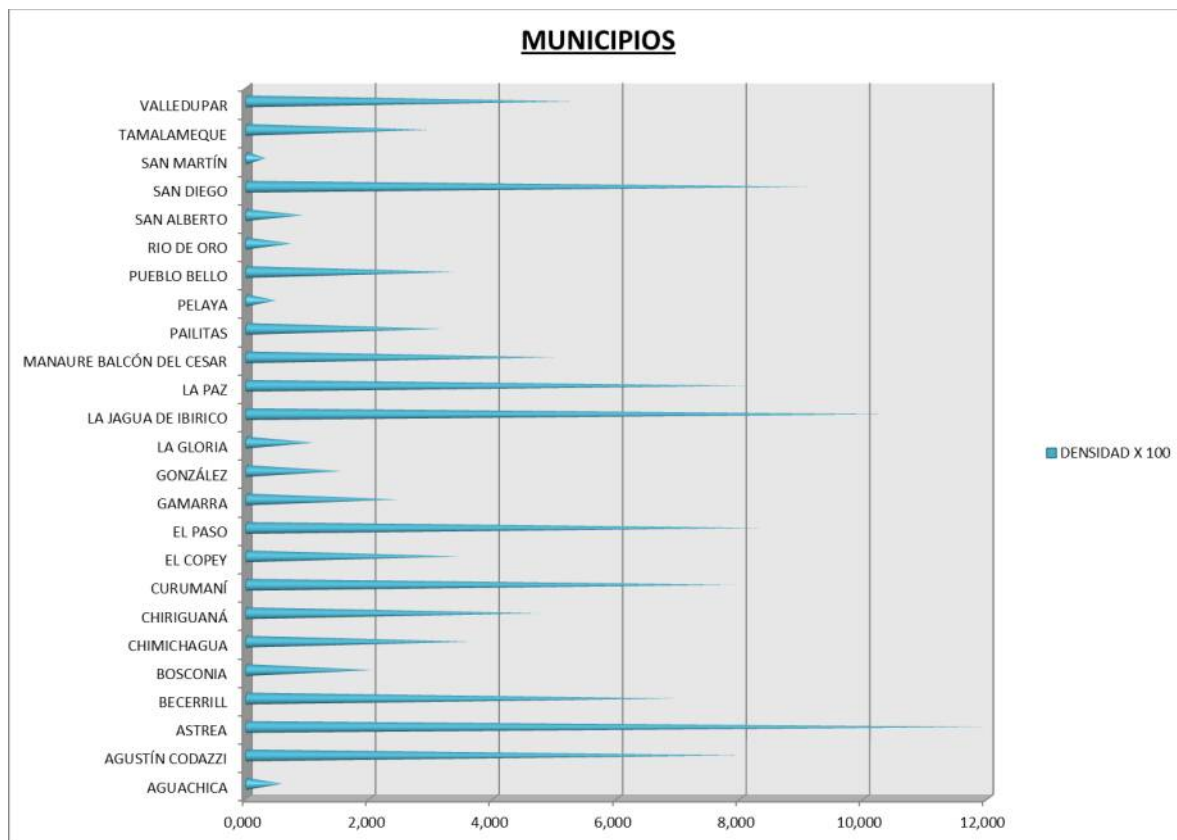


Figura 59. Histograma de municipios con mayor numero de puntos de calor.

El municipio con más puntos de calor es Astrea; seguido de la Jagua de Ibirico, San Diego, La Paz y El Paso.

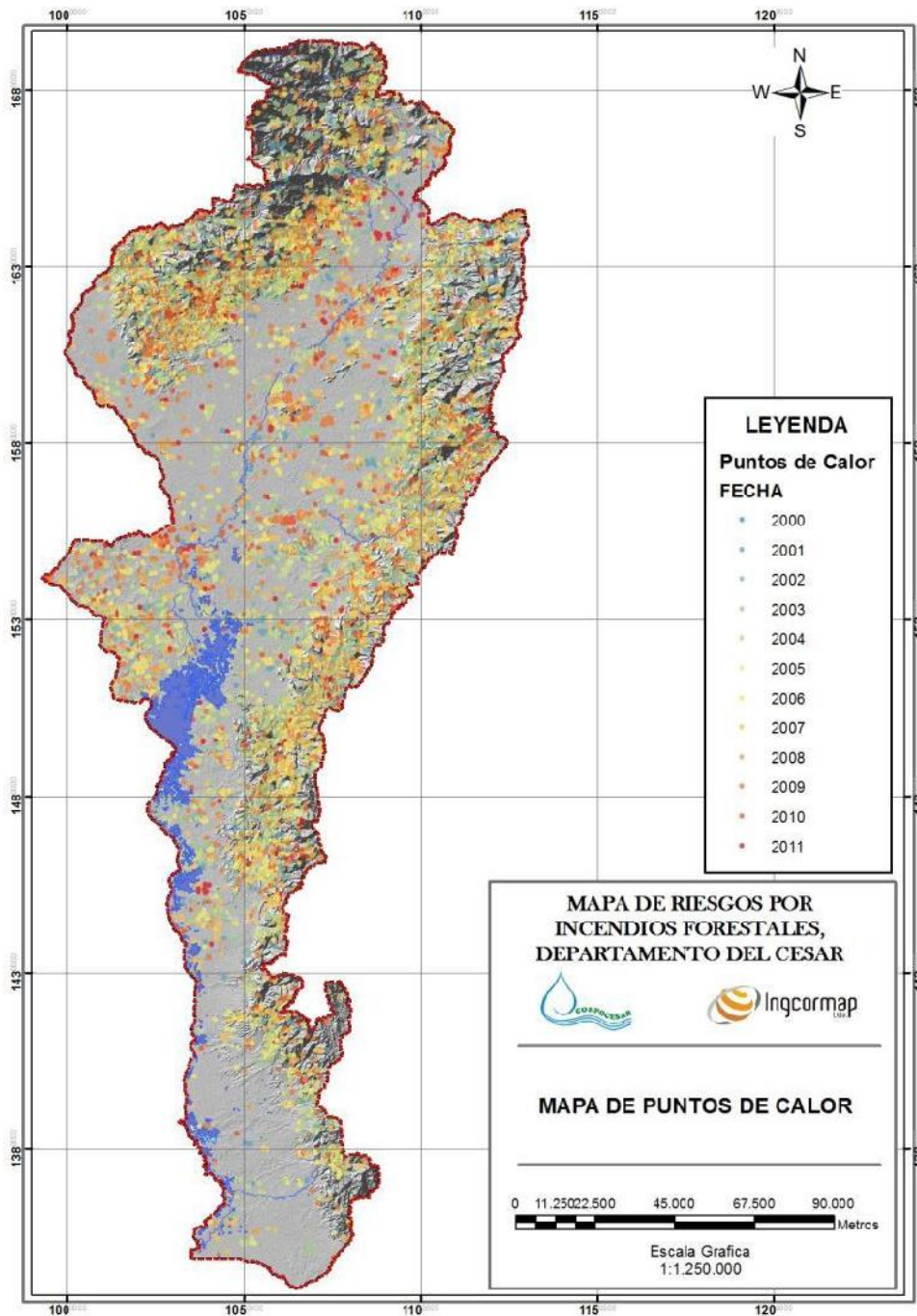


Figura 60. Mapa de puntos de calor por año.

Esta figura ilustra por puntos en color la cantidad de incendios en la década pasada, en este sentido los datos consultados para el departamento del Cesar muestran una incidencia mucho mayor durante los años

La siguiente es la relación de datos por año

AÑO	No de Puntos de fuego	AÑO	No de Puntos de fuego
2000	24	2006	3311
2001	1473	2007	4627
2002	1822	2008	2795
2003	7574	2009	3024
2004	4875	2010	2006
2005	2918	2011	732-

Tabla 6. No de eventos (Incendios, foco de calor) para la década pasada.

Frente a la **causalidad**, solamente en algunos pocos casos se reportan accidentes o eventos de pirómanos, la gran mayoría de casos de los cuales se tuvo conocimiento están relacionados con practicas culturales: preparación de terrenos y protreros en las zonas bajas y medias de los sistemas montañosos, y la caza de tortugas cerca a los complejos de humedales.

La misma base de datos reporta la hora de los eventos, ante los cual se evaluaron las horas de mayor incidencia

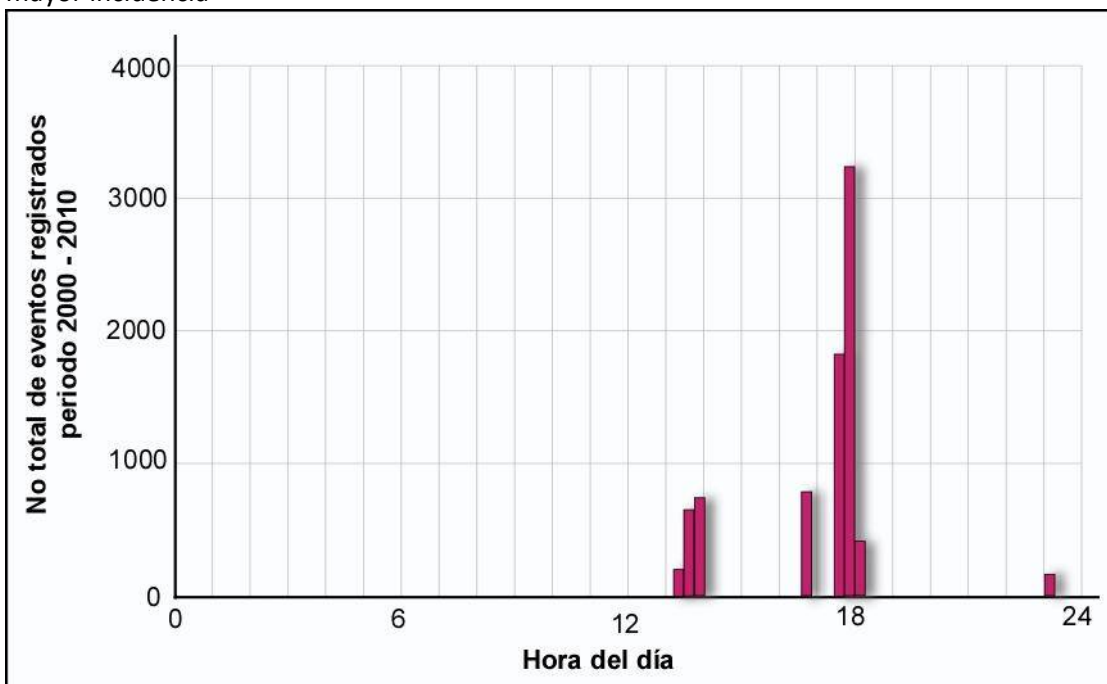


Figura 61. Hora de los sucesos registrados.

La anterior grafica correlacinada con los testimonios de causalidad muestran que la mayoría de eventos se desarrollan en horas de la tarde especialmente hacia las 4 de la tarde en adelante; es importante considerar esta variable en los aplicativos que se entregaran en la oficina de seguimiento de la Corporación o que se dejara disponible en la WEB, que se considere la hora del evento y la hora del reporte.

### 6.3 Espacialización y Descripción de la amenaza por incendios forestales

Con la información generada durante los pasos anteriores mediante procesos de algebra de mapas se generó una suma ponderada la cual equivale a la amenaza total por incendios forestales. El proceso sugerido por la metodología entregada en los términos de referencia propone la siguiente ecuación:

$$\text{AMENAZA} = \text{CAL(tc)} + \text{CAL(dc)} + \text{CAL(ct)} + \text{CAL(ppt)} + \text{CAL(t)} + \text{CAL(if)} + \text{CAL(cs)} + \text{CAL(acc)}$$

Donde:

AMENAZA: Amenaza total por incendios forestales  
CAL(tc): Calificación por tipo de combustible  
CAL(dc): Calificación de la duración de los combustibles  
CAL(ct): Calificación de la carga total de combustibles  
CAL(ppt): Calificación de la precipitación  
CAL(t): Calificación de la temperatura  
CAL(if): Calificación del índice de influencia  
CAL(cs): Calificación del índice de causalidad  
CAL(acc): Calificación de la accesibilidad

Una vez realizada la respectiva suma ponderada, se procedió a realizar una distribución de frecuencias en 5 rangos para así llegar a categorizar el grado de amenaza entre muy baja (rango menor) a muy alta (rango mayor), considerando las categorías intermedias de baja, moderada y alta, respectivamente, tal como muestra la siguiente ilustración.

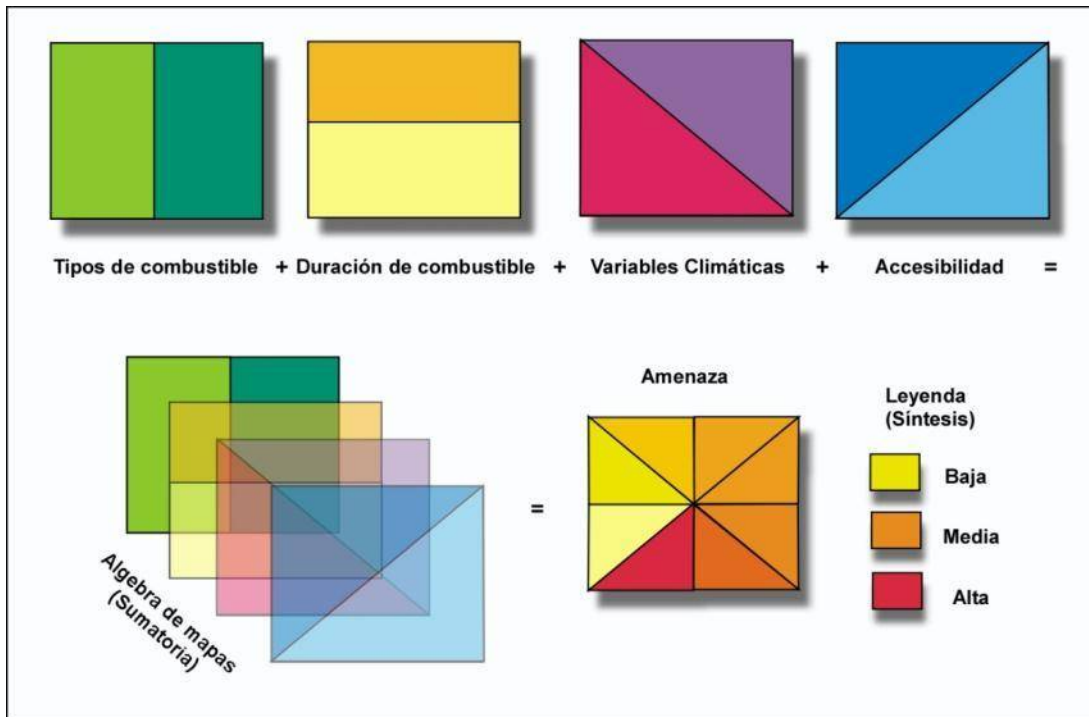


Figura 62. Esquema gráfico del álgebra de mapas.

Sin embargo durante el proceso realizado de manera vectorial con todos los mapas generados, se generó una variación frente a la ecuación de tal manera que se aplicó una que aunque muy similar a la sugerida, contiene más variables; la siguiente ilustración muestra el proceso seguido para obtener el mapa final; la síntesis de mapas se hizo de manera vectorial y no raster a partir de la siguiente síntesis:

$$\text{AMENAZA} = \text{CAL}(\text{Sb}) * \text{CAL}(\text{Vc}) * \text{CAL}(\text{f}) * \text{CAL}(\text{acc})$$

Donde:

AMENAZA: Amenaza total por incendios forestales

CAL(Sb): Calificación por Susceptibilidad bruta

CAL(Vc): Calificación de las variables climáticas

CAL(f): Calificación de la fragmentación

CAL(acc): Calificación de la accesibilidad



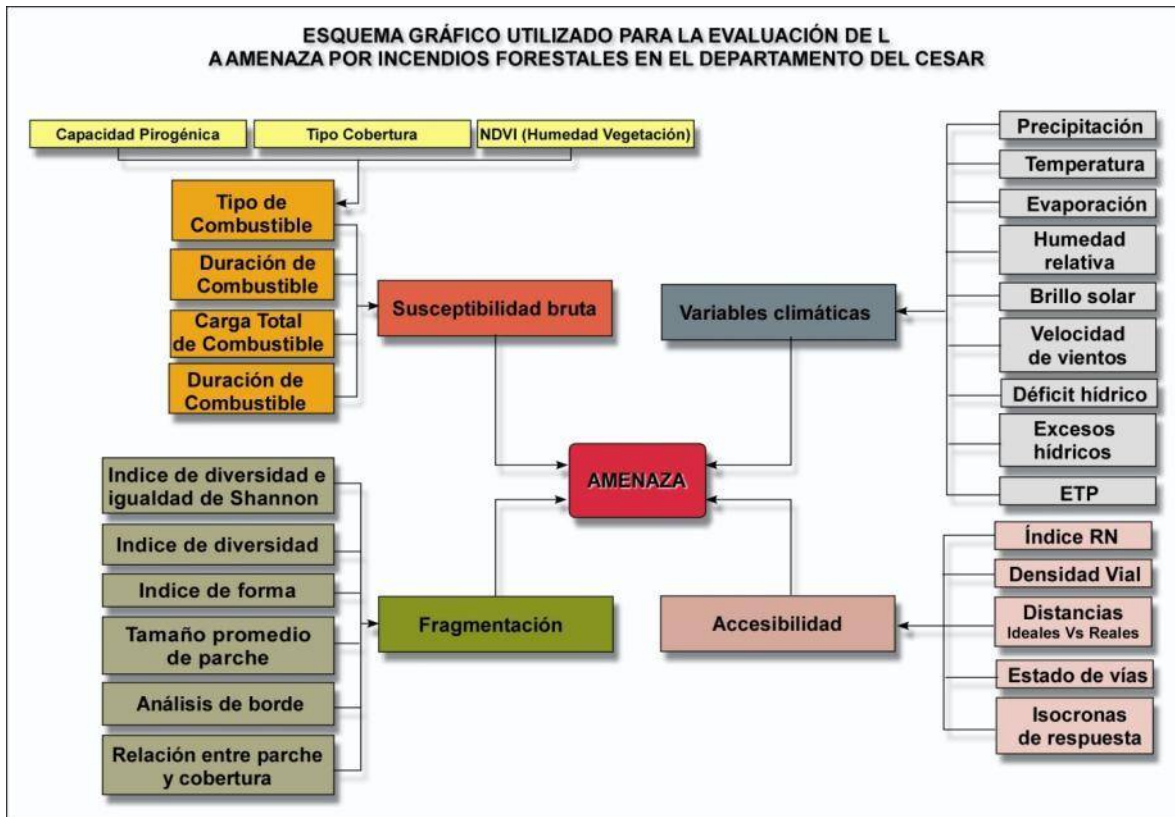


Figura 63. Procedimiento metodológico para la construcción del mapa de Amenazas por incendios forestales.

La distribución del área total del Departamento del Cesar en las diferentes categorías de amenaza a la ocurrencia de incendios forestales (Figura 64), sugiere que en general el territorio parece no presentar mayor probabilidad de ocurrencia de eventos de fuego, con un 33% del área en amenaza muy alta. Sin embargo, al detallar el estado y la clasificación de cada uno de los municipios reflejada en el mapa de amenazas (Figura 65), se encuentran municipios con alto porcentaje de área comprometida y con alta probabilidad de ocurrencia de los mismos (figura 67).

### Amenaza Departamento del Cesar

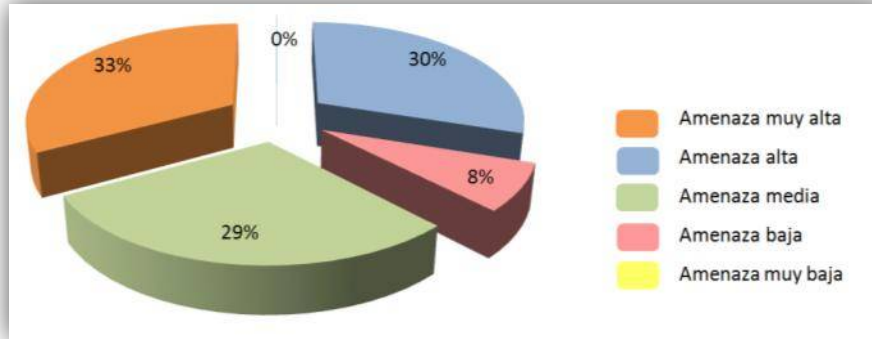


Figura 64. Distribución general de las áreas en las diferentes categorías de amenaza por ocurrencia de incendios forestales en el Departamento del Cesar.

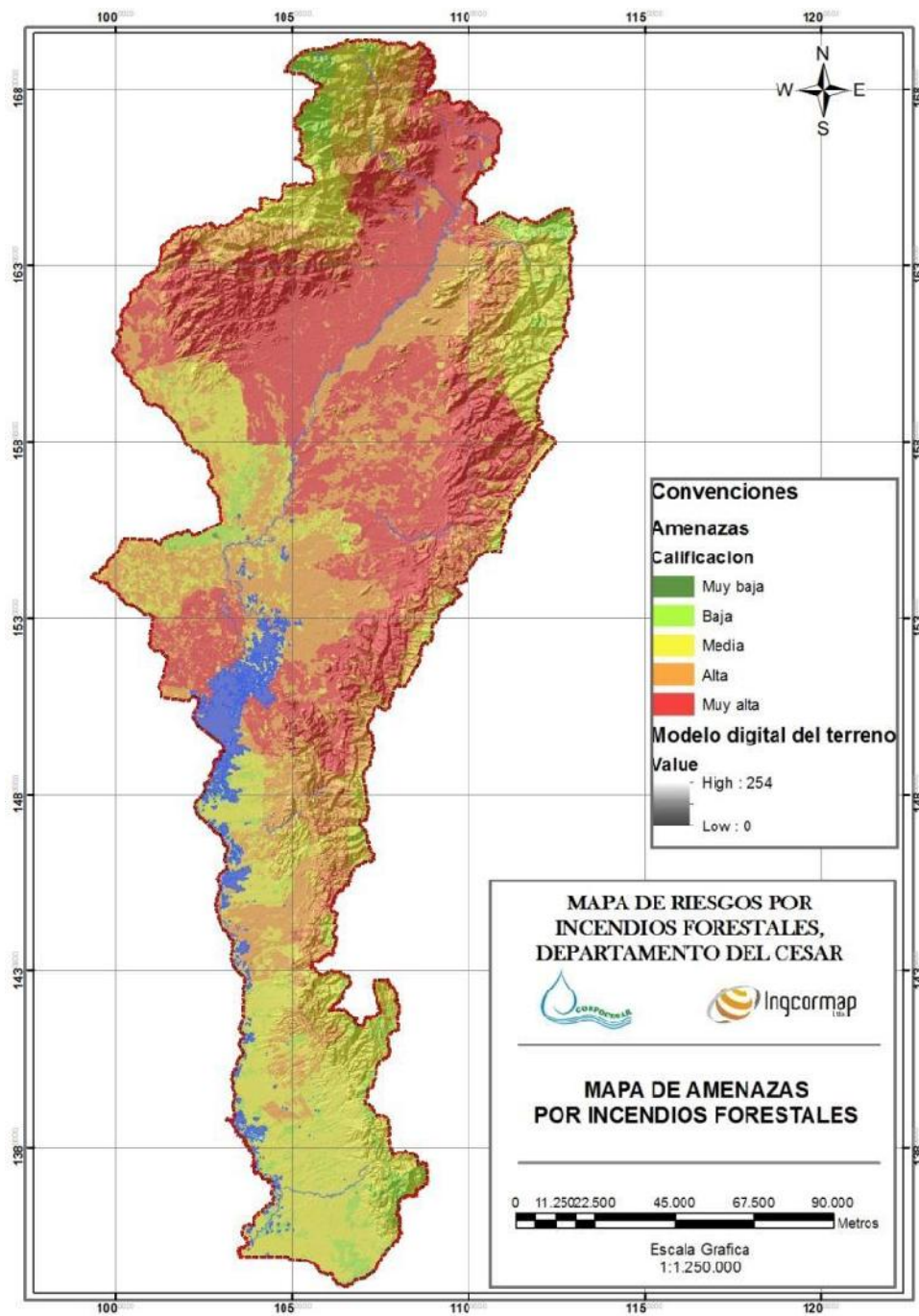


Figura 65. Mapa de zonificación de la amenaza por incendios forestales en el Departamento del Cesar.

**Tabla 1.** Clasificación de mayor a menor nivel de amenaza por incendios forestales de los municipios del Departamento del Cesar. Los porcentajes corresponden al área dentro de la categoría muy alta para las variables de amenaza, riesgo y vulnerabilidad, \*(cuando no existe categoría muy alta, se describe el porcentaje de área en la siguiente categoría más alta, i.e. alta, media).

MUNICIPIOS	AMENAZA (%)	VULNERABILIDAD (%)	RIESGO (%)	
Becerril		70	93	12
Valledupar		70	28	3
Curumaní		66	99	53
La Jagua de Ibirico		64	100	53
El Copey		60	100	63
Agustín Codazzi		46	28	3
Chimichagua		50	97	79
Astrea	*(alta)	52	99	100
Río De Oro	*(media)	81	3	3
Gamarra	*(media)	79	27	27
San Alberto	*(media)	62	6	6
La Paz		35	18	3
El Paso	*(alta)	37	96	91
Bosconia	*(alta)	31	64	15
Aguachica	*(alta)	29	9	9
Pelaya	*(alta)	25	22	12
Pueblo Bello	*(alta)	24	30	2
González	*(alta)	12	92	84
Tamalameque	*(alta)	10	29	29
Manaure Balcón del Cesar	*(media)	17	8	9
Chiriguaná		7	100	100
Pailitas		5	35	7
La Gloria		5	20	8
San Diego		0	8	3
San Martín		0	9	9

### 6.3.1 Municipios en zona de amenaza alta (Figura 66)

Corresponde a aquellos municipios con mayor porcentaje de área en grado de amenaza muy alta (Figura 66), se localiza en una franja entre el noroeste a centro del departamento, comprendiendo los municipios de Becerril, Valledupar, Curumaní, La Jagua de Ibirico, el Copey, Agustín Codazzi y Chimichagua, con un porcentaje de área en categoría de vulnerabilidad muy alta entre el 70% y 53%, en menor proporción el municipio de Astrea con un área de 52% en categoría alta, y al sur del Cesar los municipios de Río de Oro, Gamarra y San Alberto presentan áreas extensas entre el ~80 y ~60 % en categoría de amenaza media. Teniendo presente la definición de amenaza como la probabilidad de afectación de una zona por la ocurrencia de un fenómeno en este caso incendios

forestales, puede afirmarse con alto grado de certeza que dicha probabilidad para el Departamento del Cesar se encuentra condicionada principalmente por la cobertura vegetal dado que casi el 50% de la misma corresponde a vegetación con alto índice de combustión (i.e. pastos limpios 25,6%, Arbustos y matorrales 15%, y pastos enmalezados o enrastrojados 8.5%; Cuadro 6 Superficies de cobertura vegetal). Un ejemplo de como la vegetación influye en la ocurrencia de puntos de calor se observa al noreste del municipio de Agustín Codazzi, donde la cobertura de páramo y subpáramo obtuvo una clasificación de amenaza de media a baja.

### 6.3.2 Municipios en zona naranja (Figura 67)

Dentro de los municipios con una amenaza media se encuentran La Paz con una 35% del área en amenaza muy alta, El Paso, Bosconia, Aguachica, Pelaya, Pueblo Bello, González, Tamalameque, Manaure Balcón del Cesar, con un rango de área en categoría alta a media entre el 37 y 17%. En este grupo, sigue observándose la tendencia a la incidencia de eventos de fuego estrechamente relacionados con las coberturas de pastos, arbustos, rastrojos y matorrales, como en el caso de El Paso y Pueblo Bello, en este último puede observarse un aumento en el nivel de amenaza de norte a sur de municipio, relacionado con el cambio de vegetación.

### 6.3.3 Municipios en zona amarilla (Figura 68)

Chiriguaná, Pailitas, La Gloria, San Diego y San Martín corresponden a los municipios que presentan un nivel de amenaza bajo con porcentajes de afectación por incendios entre el 5 y 7% lo que podría tomarse como zonas de atención. Sin embargo, no deben despreciarse los porcentajes de áreas con clasificación en otras categorías como alta o media. Para el caso de Chiriguana, se observa que solo un 7% del área del municipio se encuentra en amenaza muy alta, mientras un 73% se encuentra en categoría alta, por lo que no debe descuidarse el monitoreo, ni los grupos de atención de emergencias.

De la descripción de la amenaza en el Cesar se tiene que al menos más de la mitad del departamento presenta altas probabilidades de ocurrencia de incendios forestales o de praderas, estos últimos dada la configuración de la cobertura vegetal del Departamento. De otro lado, la clasificación de municipios con pequeñas áreas en amenaza muy alta no excluye que dados los otros criterios de evaluación, existen municipios que deben tenerse en prioridad de atención, como veremos en la descripción del riesgo y la vulnerabilidad.

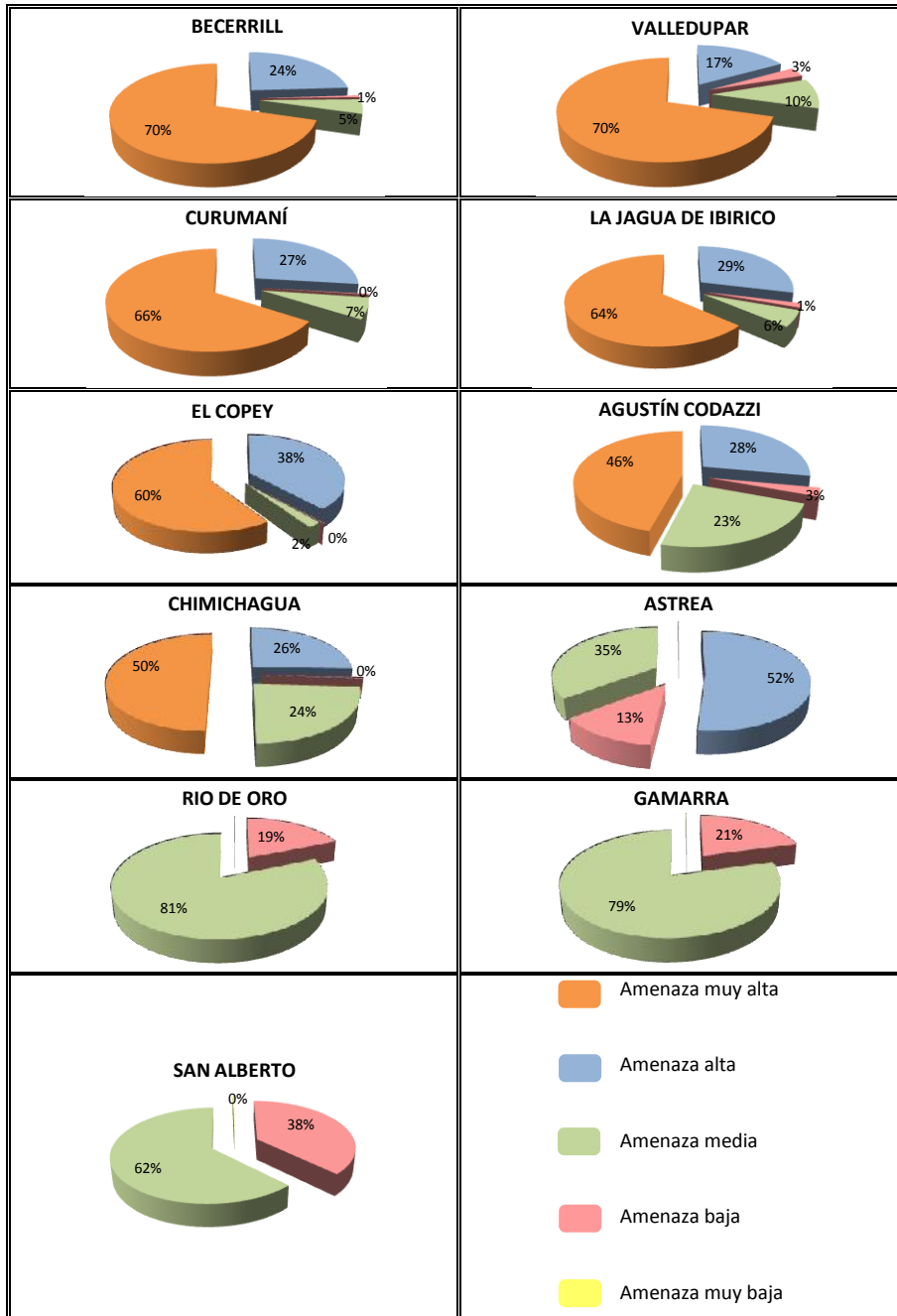


Figura 66. Categorías de amenaza de cada municipio del Departamento del Cesar dentro de la zona roja. Los Porcentajes corresponden a las áreas dentro de cada categoría de amenaza

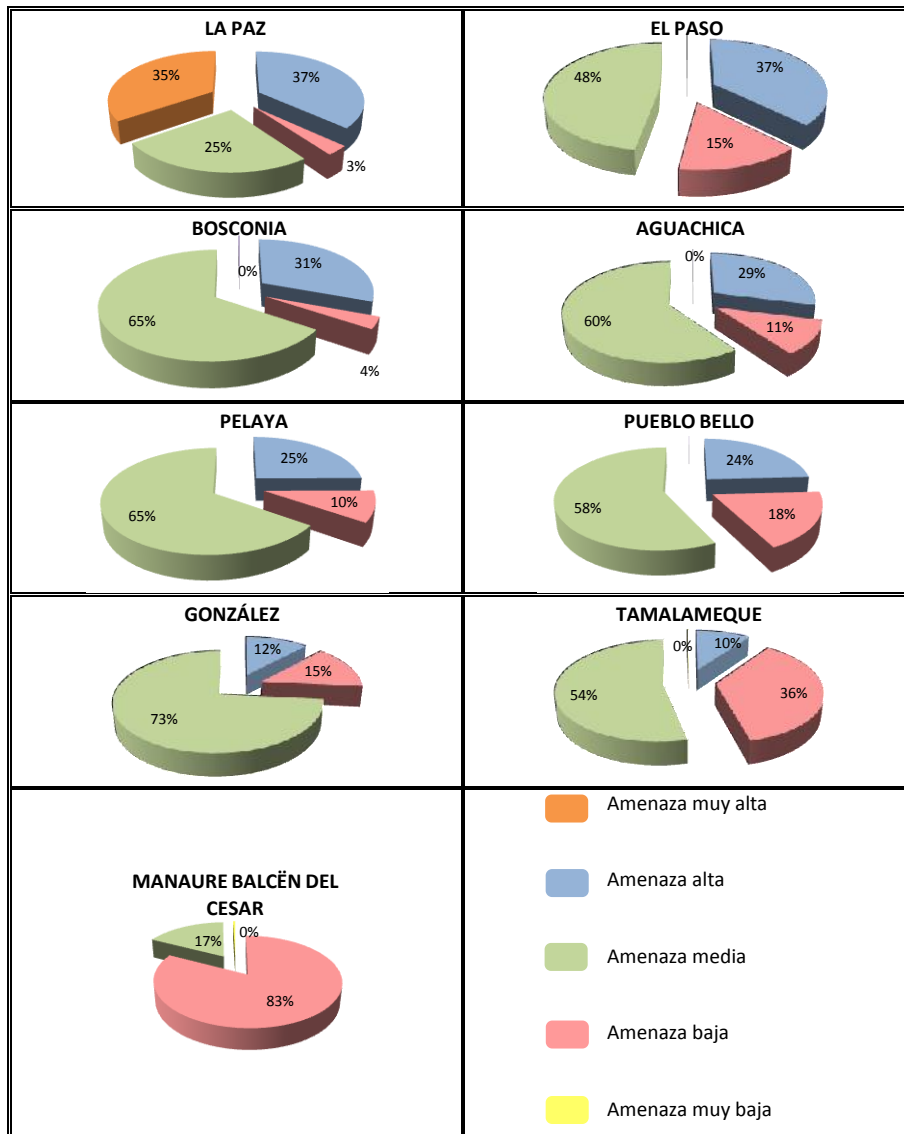


Figura 67. Categorías de amenaza de cada municipio del Departamento del Cesar dentro de la zona naranja. Los Porcentajes corresponden a las áreas dentro de cada categoría de amenaza.

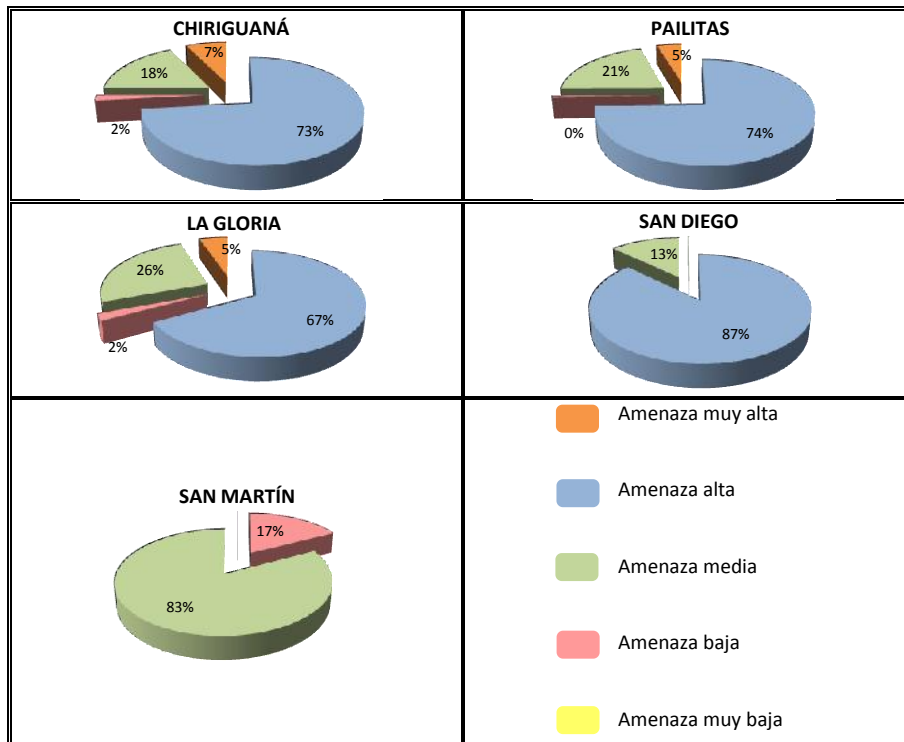


Figura 68. Categorías de amenaza de cada municipio del Departamento del Cesar dentro de la zona amarilla. Los Porcentajes corresponden a las áreas dentro de cada categoría de amenaza.



## 7 Descripción de la vulnerabilidad

Las consecuencias de los incendios desde la perspectiva de Protección Civil requieren un análisis cuantitativo en función de los elementos vulnerables expuestos al fenómeno de incendios forestales: personas, bienes y medio ambiente. La vida y la seguridad de las personas, los valores de protección de infraestructuras, instalaciones y zonas habitadas, el valor económico de los sistemas forestales y el patrimonio histórico-artístico, son los tipos genéricos de valores a proteger.

Definida la vulnerabilidad como el grado de pérdidas o daños que pueden sufrir, ante un incendio forestal, la población, los bienes y el medio ambiente, los análisis que se realizan a continuación muestran cada uno de los posibles elementos vulnerables tales como la población, los valores de protección de infraestructuras e instalaciones, las actividades económicas el patrimonio natural, histórico y culturales y la acción institucional, así como algunos aspectos territoriales. La siguiente figura, muestra el diagrama de flujo que interrelaciona los factores de vulnerabilidad de incendios de la cobertura vegetal.

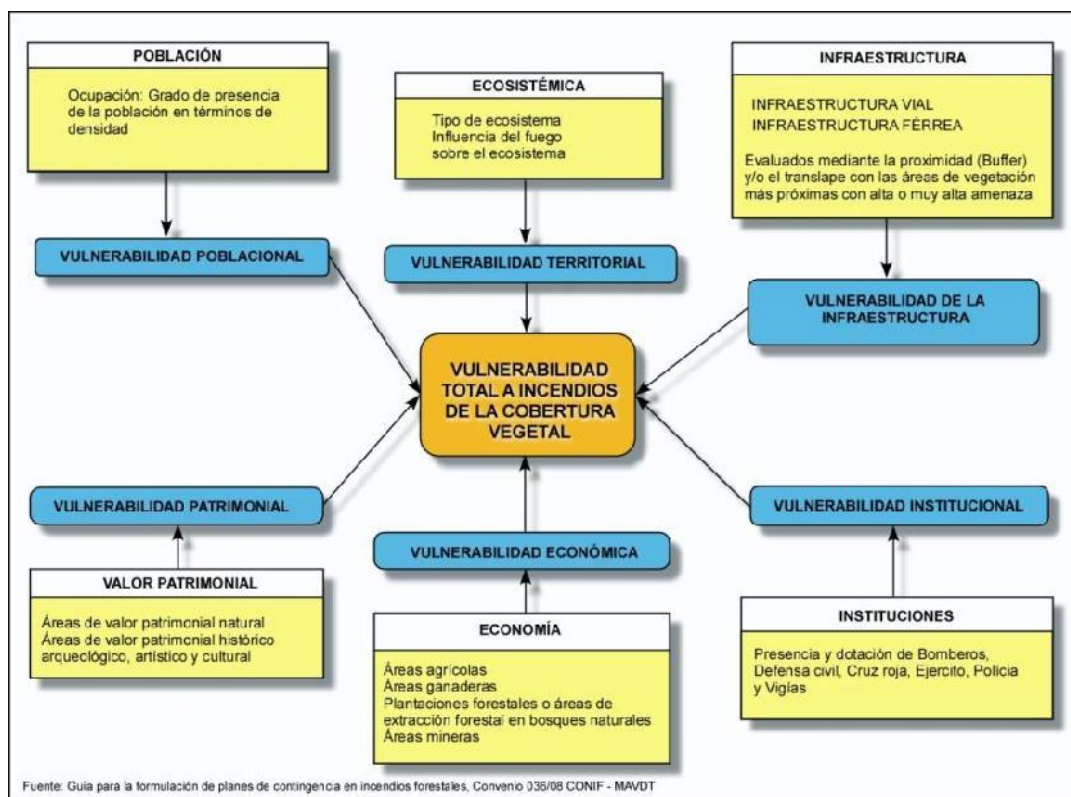


Figura 69. Evaluación de la vulnerabilidad ante incendios Forestales.



El análisis que a continuación se realiza esta fundamentado en los análisis de datos poblacionales, de sistemas productivos y de elementos de infraestructura expuesta, sin embargo como se ha venido analizando a lo largo del presente informe la mayoría de los incendios responden a practicas culturales en los cuales su control es realizado por las personas que los controlan, las guardalíneas o los límites de potreros se convierten en fronteras para los fuegos desatados.

En este orden de ideas no existen escuelas, conglomerados humanos, o centros poblados que puedan estar expuestos a esta situación, sin embargo su análisis se hace para lograr integralidad en la evaluación del riesgo total por incendios forestales.

## 7.1 Población Expuesta

Revisando la cantidad de población concentrada y evaluada a través de la densidad poblacional se tiene que las poblaciones de Valledupar, Aguachica y Bosconia son las que más población expuesta tienen, seguido por los demás municipios que se muestran en la siguiente figura.

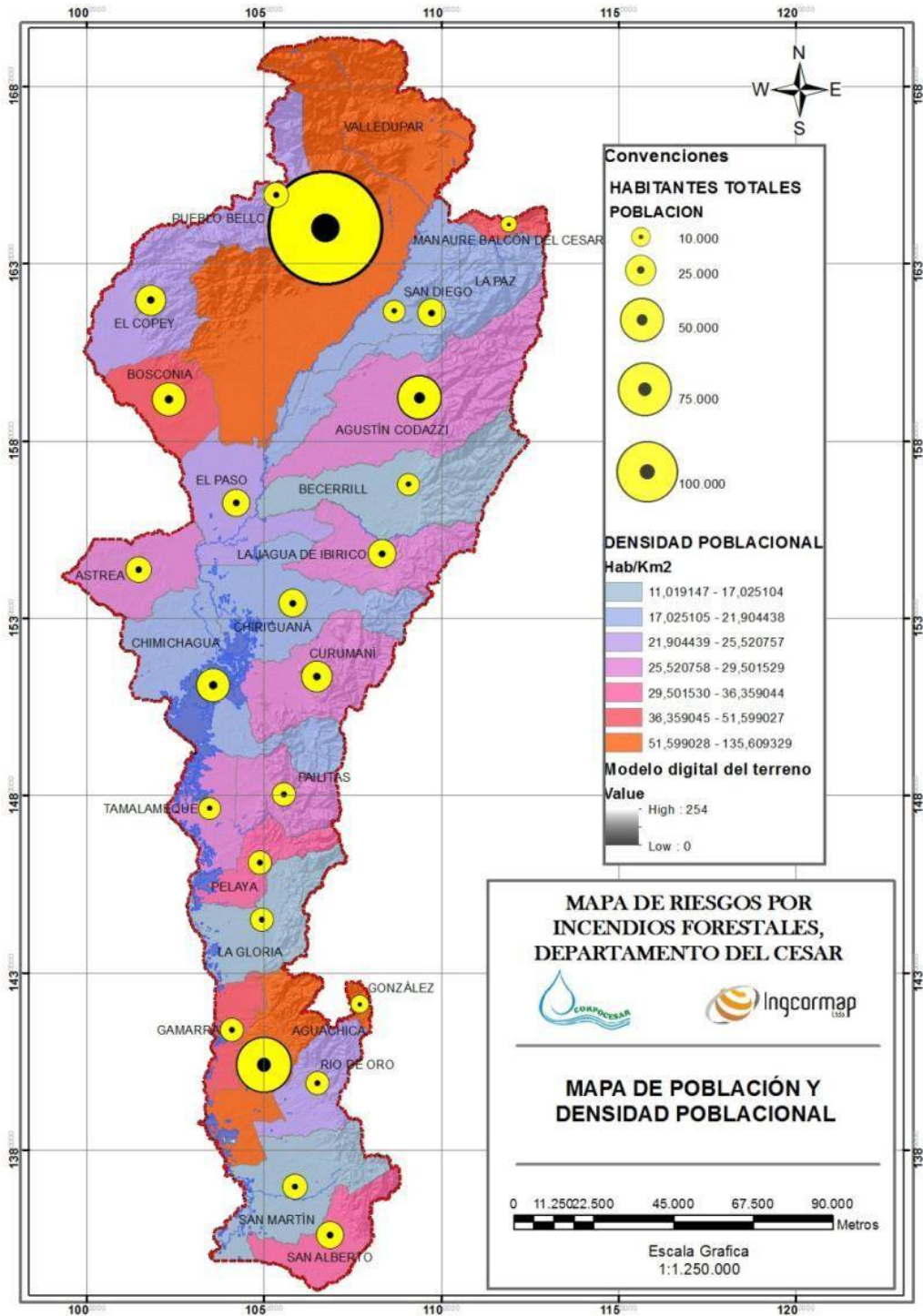


Figura 70. Mapa de población y densidad poblacional

## 7.2 Vulnerabilidad territorial y Patrimonio Expuesto (natural, histórico y cultural)

Se entiende como los cambios físicos del suelo, las dinámicas de los asentamientos humanos y las dinámicas socioeconómicas que degradan el territorio o el paisaje, así como el medio ambiente natural y urbano, disminuyendo su nivel de protección frente a las amenazas a que están expuestos. La vulnerabilidad física del territorio relacionada con los conflictos de uso del suelo, factor que una amenaza de incendios puede potencializar, y que podría generar desequilibrios territoriales, los conflictos más severos se observan en la serranía del Perijá, una altísima presencia de puntos de calor, regímenes de uso equívocos y desarrollos agropecuarios en suelos de protección generan un panorama preocupante, toda vez que las quemaduras como práctica cultural para la preparación de potreros y áreas para cosecha están muy arraigadas en toda la población.

La siguiente figura muestra como los costados oriental y occidental del departamento presentan unos conflictos fuertes por el uso del suelo, la Sierra Nevada de Santa Marta que a pesar de estar en categorías de protección y formar parte del resguardo K-M-A presentan una alta frecuencia de puntos de calor (prácticas culturales de las comunidades indígenas)

El sector de Astreas, Chimichagua y El Paso donde la capacidad de uso está excedida y es uno de los sectores del departamento donde mayor uso de quemaduras ejerce la población. Las inmediaciones a los complejos cenagosos del departamento que están siendo fuertemente amenazados por quemaduras no solo para la preparación de cultivos sino como mecanismo para la caza de las tortugas icoteas.

Los conflictos moderados a severos que se localizan en la Sierra Nevada de Santa Marta y en la serranía del Perijá al sur del departamento. En estos dos sectores que se identifican conflictos hay una altísima correlación con la frecuencia de focos de calor.

Frente al patrimonio, este se entiende o corresponde a los parques de orden nacional, ecosistemas estratégicos, áreas de importancia cultural, etc. En esta categoría se debería incluir las rancherías indígenas, y aquellos elementos de importancia cultural para las diferentes culturas como cementerios, sitios de culto, etc, sin embargo aun faltan muchos archivos cartográficos que permitan espacializar muy bien estos atributos

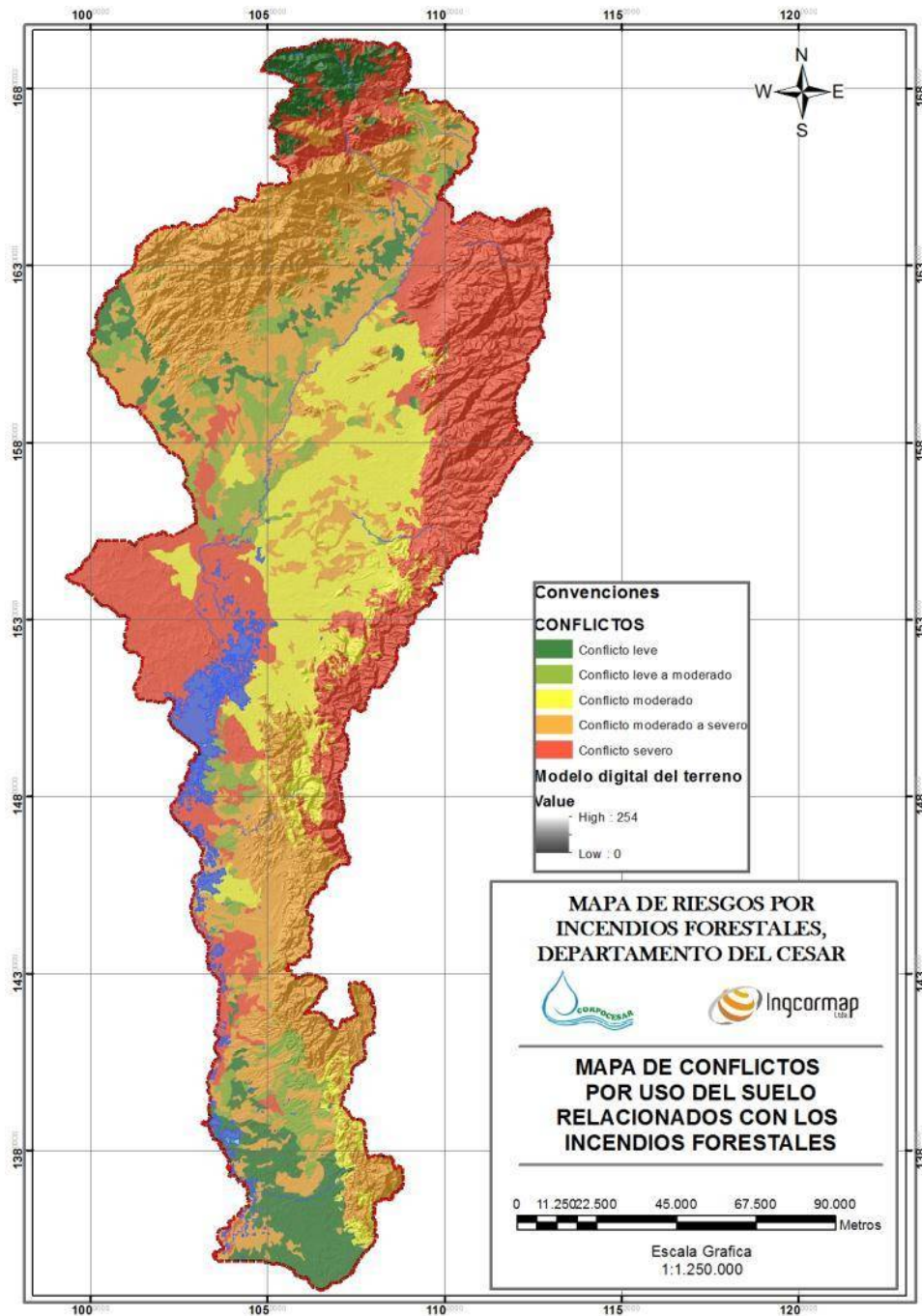


Figura 71. Mapa de conflictos por uso del suelo y su relación con los focos de calor.

## 7.3 Infraestructura Expuesta (vías, redes eléctricas, gasoductos, poliductos)

### 7.3.1 Vías

El sistema vial del departamento lo constituyen 4.7065 kms de vías representadas por 845.5 kms de carreteras nacionales, 368 kms de vías departamentales, 3497.5 kms de vías terciarias, significando una densidad vial de 205 metros de vía por kilómetro cuadrado.

De la estructura vial del Cesar, el 74% corresponde a vías terciarias, de las cuales 2.262,5 están a cargo de los municipios, registrando la mayoría de esta en mal estado.

Con respecto a las vías fluviales se encuentran los puertos de la Gloria, Gamarra y el de Tamalameque, este último dedicado al transporte del carbón.

La red férrea esta compuesta por 306 kms pertenecientes a la línea San Alberto – Algarrobo – Santa Marta, que comunica a Gamarra, La Gloria, Tamalameque, Chiriguaná, El Paso y Bosconia.

Estos elementos lineales funcionan como “guardalíneas”, se reitera la practica de quemas como producto de las actividades culturales más que como accidentes naturales.

NOMBRE DEL MUNICIPIO	COD DANE	AREA MUNICIPIO m2	AREA VIAS	DENSIDAD
AGUSTÍN CODAZZI	20013	1770043862.26	8419498.37	0.48
MANAURE BALCÓN DEL CESAR	20443	140226699.76	713205.44	0.51
BECERRILL	20045	1232763320.40	7211548.69	0.58
LA PAZ	20621	1073098526.02	6674208.34	0.62
VALLEDUPAR	20001	4191878571.37	30160658.28	0.72
EL COPEY	20238	956885069.95	6944732.56	0.73
SAN DIEGO	20750	645427218.20	5629809.61	0.87
BOSCONIA	20060	587879306.90	5375834.77	0.91
CURUMANÍ	20228	922603160.03	11011615.57	1.19
EL PASO	20250	814960437.30	9911884.38	1.22
CHIRIGUANÁ	20178	1115788755.07	15483850.60	1.39
PAILITAS	20517	534751622.76	8426991.26	1.58
PUEBLO BELLO	20570	740308133.04	11899676.25	1.61
CHIMICHAGUA	20175	1374881221.82	22274532.40	1.62
LA JAGUA DE IBIRICO	20400	751334704.35	12911599.50	1.72
LA GLORIA	20383	837995777.96	15688275.10	1.87
ASTREA	20032	641718397.24	12049407.83	1.88

PELAYA	20550	425148692.28	8162630.81	1.92
TAMALAMEQUE	20787	506559547.82	9968509.07	1.97
SAN MARTÍN	20770	993885245.30	21313447.17	2.14
SAN ALBERTO	20710	550046996.61	12381639.87	2.25
RIO DE ORO	20614	549474304.40	15885765.46	2.89
AGUACHICA	20011	877562106.31	30420593.65	3.47
GAMARRA	20295	326661891.48	12102159.51	3.70
GONZÁLEZ	20310	65327363.99	2563021.65	3.92

La anterior tabla muestra los valores de densidad vial por municipio, considerando que la accesibilidad a diferentes sectores se puede medir con la densidad vial por municipio pone al municipio de Aguachica con una alta densidad por tanto haciéndolo más propenso al desarrollo de incendios provocados, relacionados con esta accesibilidad intramunicipal.

### 7.3.2 Energía eléctrica y gas natural domiciliario

El departamento cuenta con un sistema de redes eléctricas, en cobertura geográfica y capacidad de transportación, el cual llega en nivel de atención a los usuarios residenciales (90%) correspondiendo en su mayoría a los estratos 1, 2 y 3.

El servicio de gas natural domiciliario cubre al 65% de los municipios del departamento y se atiende a una población de 67210 suscriptores (año 2010).

6.5. Inventarios de recursos actuales (equipos institucionales, emisoras, hospitales, centros de salud y centros urbanos).

## 7.4 Ecosistemas Expuestos (IAvH)

Se diseñaron los mapas de cobertura vegetal y puntos de fuego, según el registro de incendios proporcionado por *Fire Information For Resource Management Sistem (FIRMS)* y el mapa de ecosistemas del IAvH. Este análisis mostró la relación entre los diferentes tipos de parches y puntos de fuego reportados, evidenciando el domino marcado por una diversidad de pastizales, arbustos y matorrales, los cuales se encuentran distribuidos por toda la región. Puntos de fuego se distribuyen de manera homogénea por el valle y la ladera de la serranía de Perijá. Se comparó con el mapa de la temperatura máxima de la región, en la cual las temperatura máximas, el cual se encuentran en la ladera de la Sierra Nevada de Santa Marta hasta la parte norte de la ciénaga con amplia representación también en la zoina alta de la serranía del Perijá.

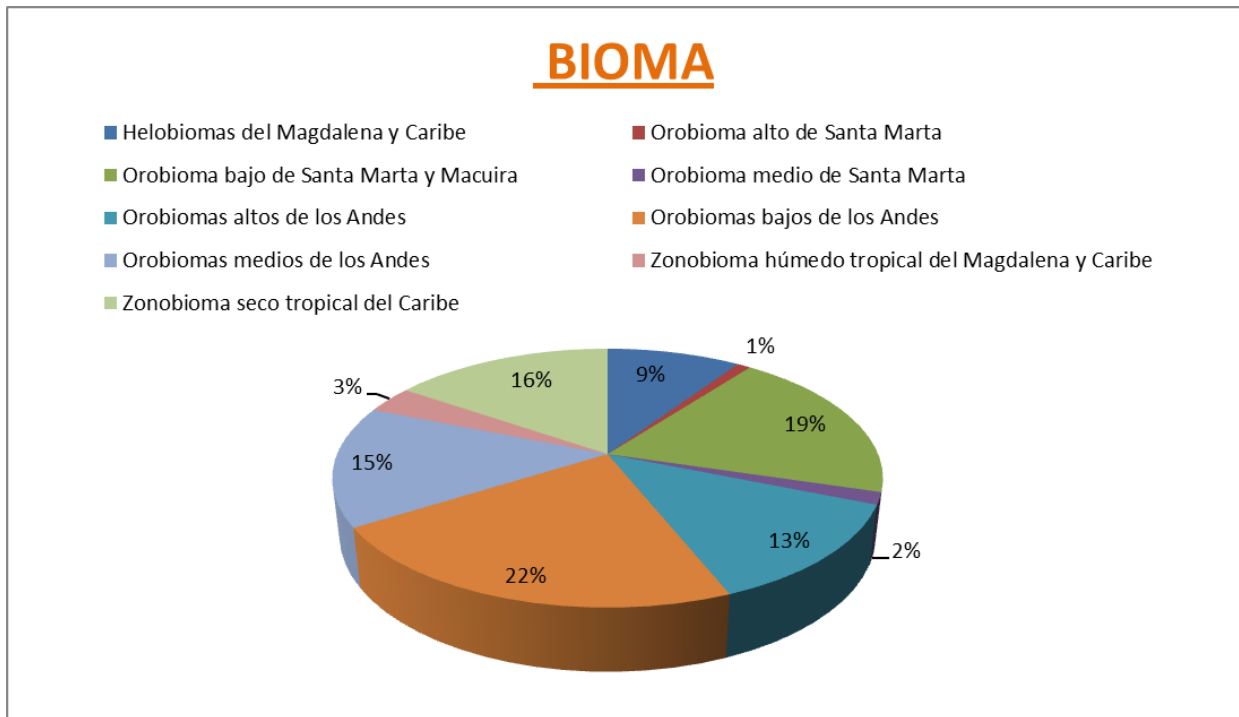


Figura 72. Distribución porcentual del número de puntos de calor por bioma en el departamento.

La anterior figura muestra los valores en porcentaje de focos de calor por bioma, siendo el orobioma bajo de los andes donde más frecuencia de puntos se encuentra, seguido de la misma posición bioclimática pero en las vertientes de la Sierra Nevada de Santa Marta, y siguen en orden en la medida en que se asciende altitudinalmente.

BIOMA	CANTIDAD	AREA M2	AREA KM2	DENSIDAD	DENSIDAD X 100
Helobiomias del Magdalena y Caribe	110	3504809863,38	3504,809863	0,03138544	3,138544009
Orobioma alto de Santa Marta	1	316600445,78	316,6004458	0,003158555	0,315855525
Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira	170	2631325073,88	2631,325074	0,064606233	6,460623269
Orobioma medio de Santa Marta	2	398832637,90	398,8326379	0,005014635	0,501463474
Orobiomas altos de los Andes	6	140767017,51	140,7670175	0,042623621	4,262362098
Orobiomas bajos de los Andes	293	3955584929,67	3955,58493	0,074072484	7,407248364
Orobiomas medios de los Andes	39	772669188,43	772,6691884	0,050474382	5,047438229
Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe	12	1058035398,97	1058,035399	0,011341776	1,134177553
Zonobioma seco tropical del Caribe	507	9817993016,56	9817,993017	0,051639882	5,163988191

Tabla 7. Cantidad de puntos de calor normalizada por ecosistema.



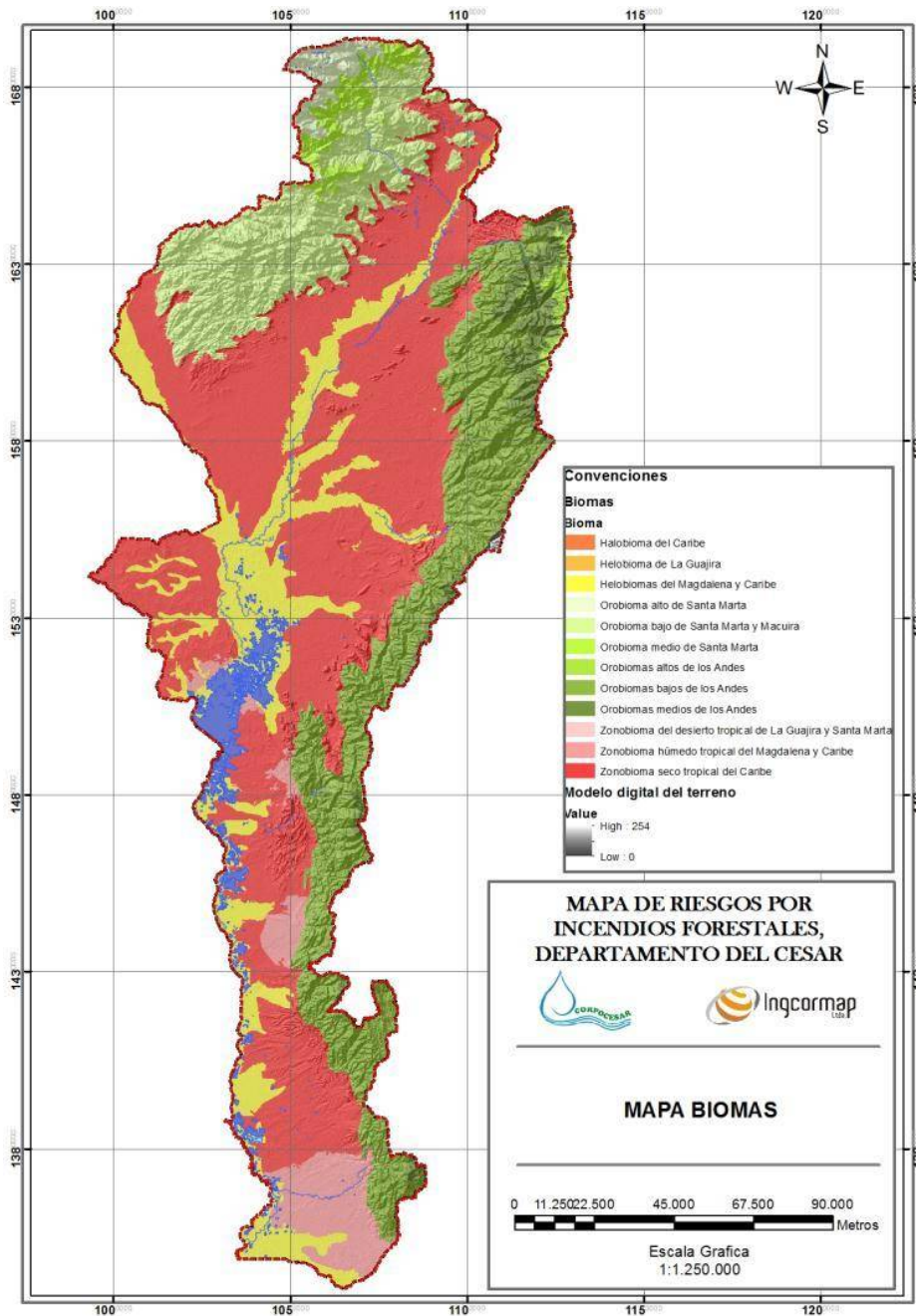


Figura 73. Distribución de los diferentes biomas en el departamento del Cesar.

El análisis cartográfico permitió representar cada uno de los biomas, sus ecosistemas y la influencia del fuego en cada Bioma. Los resultados reiterativos muestran como ecosistemas de los orobiomas medios de la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perija son los más afectados por esta condición; seguidamente los ecosistemas de los zonobiomas con especial

significancia los que se localizan en las inmediaciones de los complejos cenagosos de departamento que son muy sensibles y pueden generar graves desequilibrios de los ecosistemas.

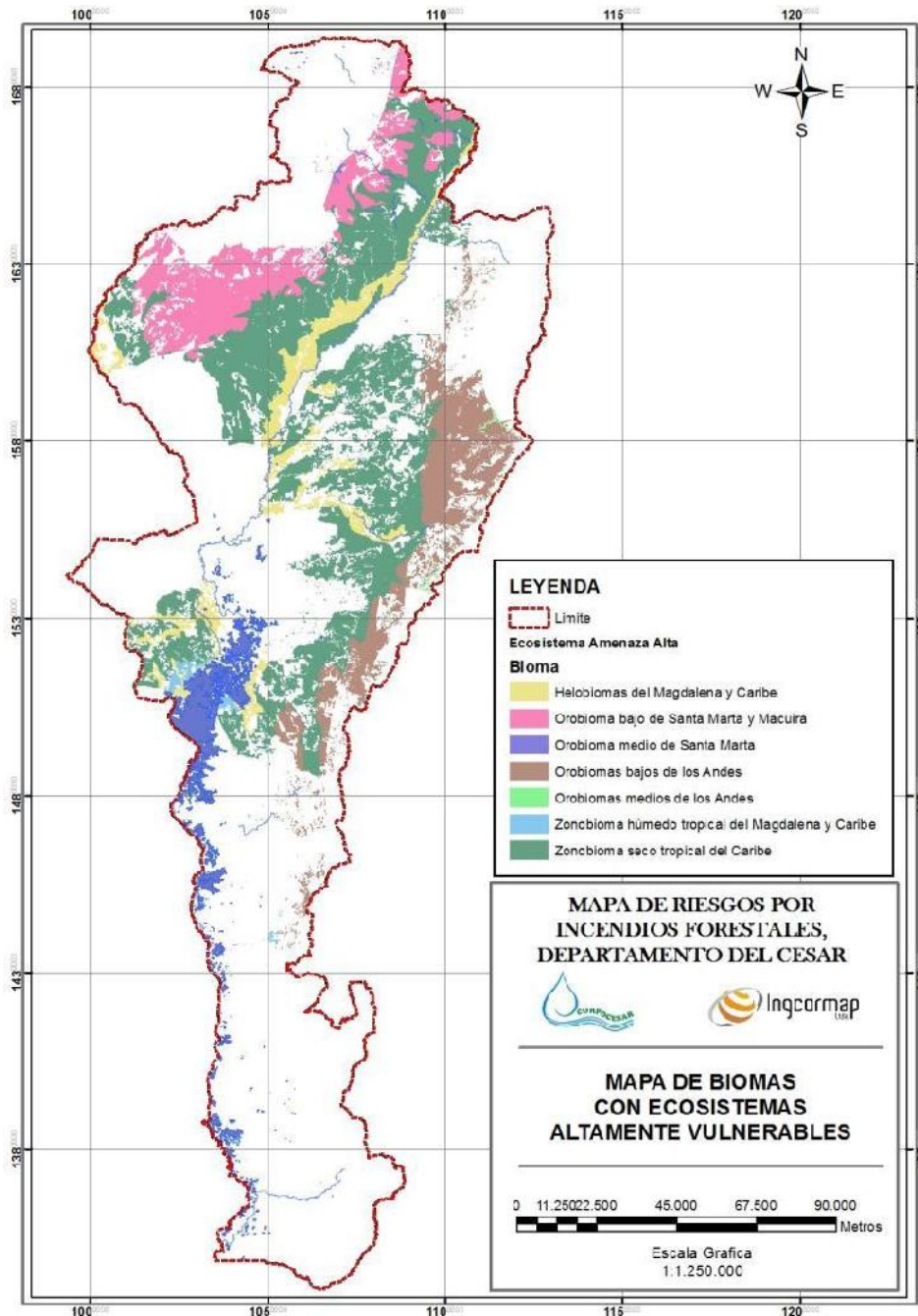


Figura 74. Distribución de los diferentes ECOSISTEMAS por cada uno de los biomas altamente vulnerables en el departamento del Cesar.

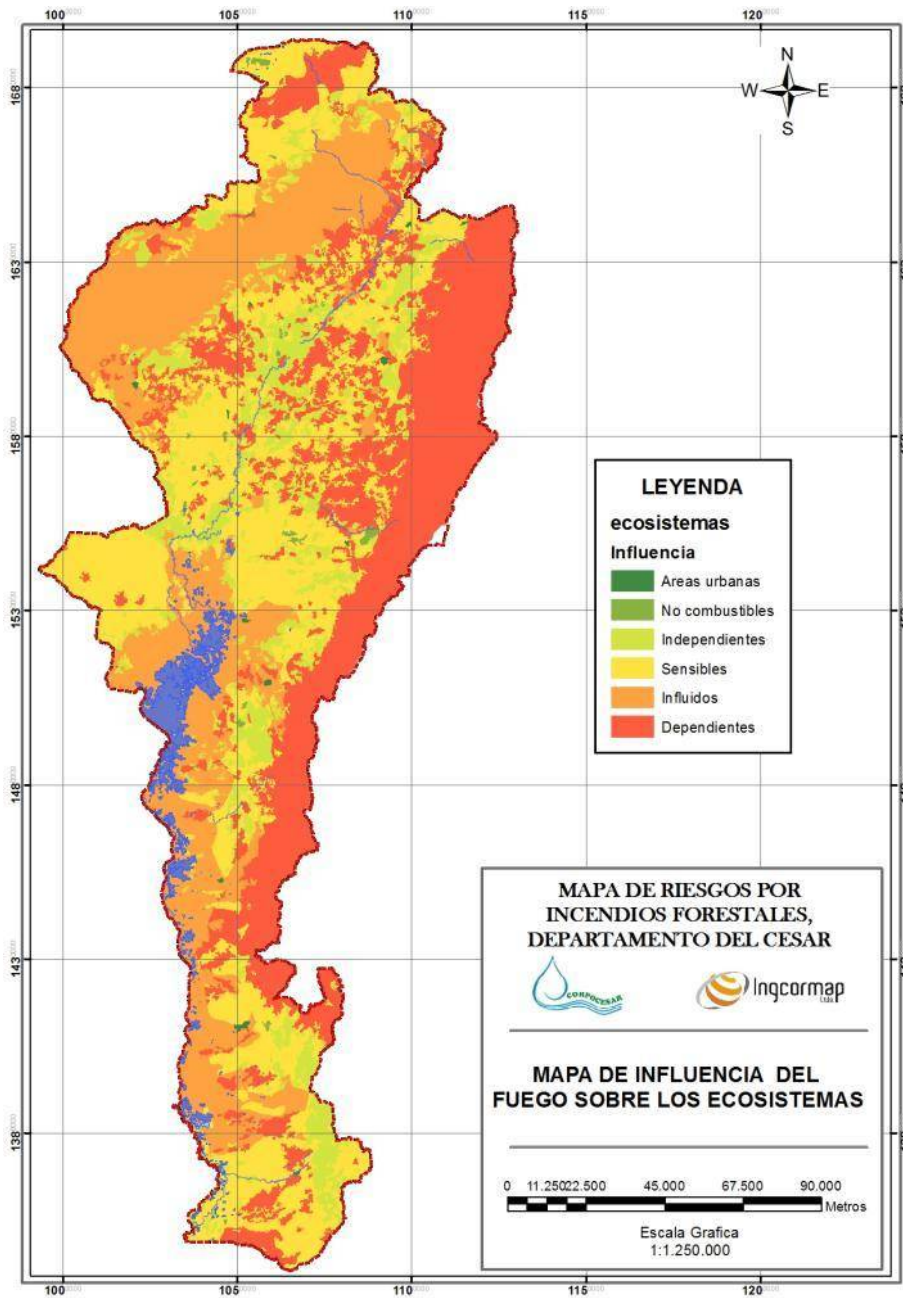


Figura 75. Distribución de los influencia del fuego sobre los ECOSISTEMAS en el departamento del Cesar.

Notese la influencia del fuego en los ecosistemas de Perija y la sierra Nevada de Santa Marta y Ciénaga de Zapatosa.

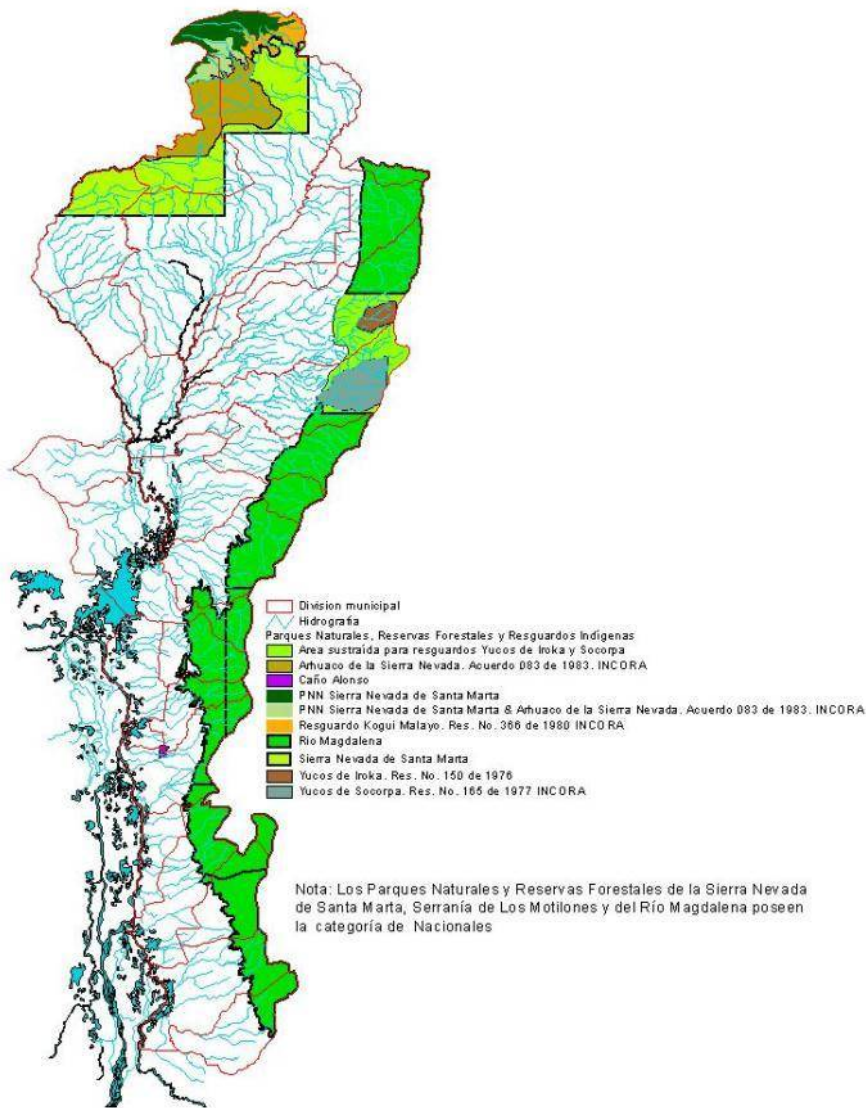


Figura 76. Areas protegidas en el departamento..

## 7.5 Sistemas productivos Expuestos (Agricultura, ganadería, minería)

Las actividades agropecuarias según el eco-región estratégico existente en el departamento del Cesar son las siguientes:

### 7.5.1 Producción Pecuaria Anualizada

ECOREGION	AREA TOTAL	AREA PECUARIA	CABEZAS DE GANADO	GANADERIA COMERCIAL	GANADERIA SUBSISTENCIA
Sierra Nevada de Santa Marta	380.000	171.000	38.530	40%	60%
Serranía del Perijá	617.000	308.500	82.253	45%	55%
Ciénagas y Humedales	120.000	72.000	80.000	80%	20%
Valle del Río Cesar	880.750	528.450	991.060	90%	10%
Valle del Río Magdalena	255.000	204.000	400.349	95%	5%
<b>TOTAL</b>	<b>2.252.750</b>	<b>1.283.950</b>	<b>1.592.192</b>		

Tabla 8 Producción pecuaria para el Departamento a 2008.

Los impactos ambientales de la actividad ganadera están determinados por el tipo exterior de su operación, la utilización del suelo no apto para la actividad (Serranía del Perijá; S.N.S.M. y Ciénagas y Humedales), el limitado desarrollo tecnológico e inadecuada asistencia técnica y la poca investigación que se ha llevado a cabo a los problemas de productividad y competitividad del subsector.



### 7.5.2 Produccion Agricola

ECOREGION	AREA TOTAL (has)	AREA CON APTITUD AGRICOLA (has)
Sierra Nevada de Santa Marta	380.000	24.534
Serranía del Perija	617.000	41.695
Complejo Cenagoso	120.000	40.439
Valle del Río Cesar	880.750	629.526
Valle del Magdalena	255.000	222.878
<b>TOTAL</b>	<b>2.252.750</b>	<b>1.066.996</b>

Tabla 9. Producción agrícola para el departamento a 2007.

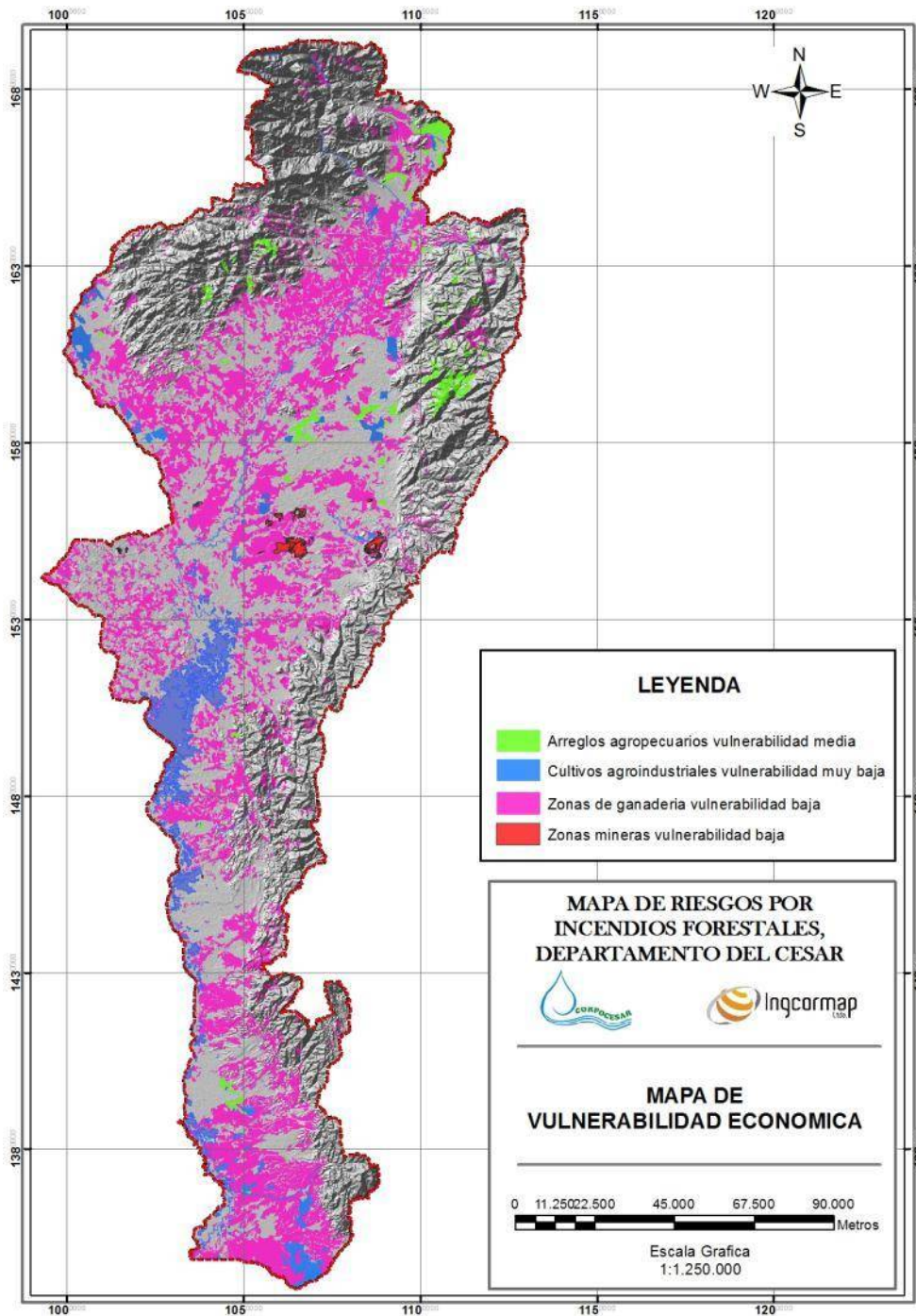


Figura 77. Mapa de vulnerabilidad económica del departamento.

## 7.6 Vulnerabilidad Institucional (Bomberos, Defensa Civil y Cruz Roja)

El Departamento del Cesar cuenta con el Comité Regional para la Prevención y Atención de Desastres “CREPAD” y cada uno de los 25 municipios que lo conforman cuenta con su Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres “CLOPAD”. El CREPAD del departamento está conformado por:

1. Gobernación del Cesar.
2. Ejército: Batallón de artillería La Popa.
3. Policía nacional.
4. Defensa Civil Colombiana.
5. Cruz roja colombiana.
6. Cruz roja internacional.
7. Cuerpo de Bomberos Voluntarios – Valledupar.
8. Secretaria de Salud Departamental, “CRUE”; Red Hospitalaria.
9. Hospital Rosario Pumarejo de López.
10. Ministerio de transporte.
11. INVIAS
12. Secretaría de tránsito y transporte.
13. Secretaría de Obras Dptal.
14. Secretaría de Agricultura Dptal.
15. Secretaría de Planeación Dptal.
16. Telecom.
17. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
18. Inurbe
19. Banco Agrario de Colombia “Vivienda Rural”.
20. Electricaribe.
21. Alcaldía Municipal-Valledupar.
22. I.C.B.F.
23. Red de Solidaridad Social.
24. Incoder
25. CORPOCESAR.

Algunas de las entidades Operativas que hacen parte de este Comité cuentan con sedes en los diferentes municipios y localidades del Departamento (ver Cuadro siguiente).

El CREPAD Cesar cuenta con un centro de reservas (Elementos especializados para la atención de emergencias) el cual es administrado en la actualidad por la Defensa Civil Colombiana. También se cuenta con el Centro de reacción Inmediata para el control y extinción de incendios Forestales (Dotado con un completo equipo especializado) de propiedad de CORPOCESAR el cual es administrado por el Cuerpo de Bomberos Voluntarios de la ciudad de Valledupar. En la ciudad





de Aguachica se cuenta con la dotación de un Centro de Reservas, su administración es responsabilidad del CLOPAD de ese municipio. El Centro Regulador de Urgencias y Emergencias CRUE de la Secretaría de Salud Departamental cuenta con una completa Red de comunicaciones por radio, la que es fundamental a la hora de atender un evento catastrófico, además coordina la Red Hospitalaria en el Departamento. Cada uno de los 25 municipios que conforman el Departamento del Cesar, ha creado su Comité Local para la Prevención y Atención de Desastres CLOPAD.



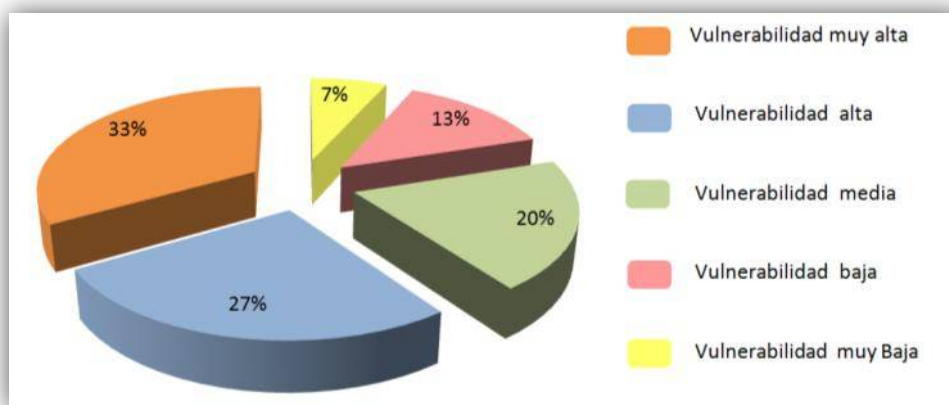
<b>ENTIDAD</b>	<b>SEDE</b>	
<b>Bomberos</b>	Valledupar	
	Aguachica	
	Agustín Codazzi	
<b>Cruz Roja Colombiana</b>	Valledupar	
	Aguachica (Seccional)	
	Astrea (Seccional)	
	La Jagua de Ibirico (Grupo de apoyo)	
	Becerril (Grupo de apoyo)	
	San Diego (Grupo de apoyo)	
	González (Grupo Logístico)	
<b>Corpocesar</b>	Valledupar	
	Curumaní (Seccional)	
	Aguachica (Seccional)	
	Chimichagua (Seccional)	
	La Jagua (Seccional)	
	Atanquez (Seccional)	
<b>Defensa Civil</b>	Valledupar: Cuenta con dos Unidades en los barrios: - <b>Primero de Mayo</b> - <b>Siete de Agosto</b> Y el Corregimiento de: - <b>Aguas Blancas</b> Cuenta con tres Comité urbanos en los barrios: - <b>Dangón</b> - <b>Manantial</b> - <b>Obrero</b>	
	Aguachica	
	Agustín Codazzi	
	Casacará	
	La Jagua	
	Bosconia	
	Pailitas	
	Curumaní	
	Pelaya	
	Tamalameque	
	Gamarra	
	La Gloria	
	<b>CRUE</b>	Coordina la Red Hospitalaria en el Departamento
	<b>CLOPAD's</b>	25 Creados, "uno en cada Municipio"

## 7.7 Vulnerabilidad General del departamento del Cesar

La evaluación de la vulnerabilidad total del departamento, es decir, del porcentaje de área del Cesar propenso a sufrir consecuencias económicas, sociales y ambientales desfavorables que pueden presentarse a raíz de la ocurrencia de un incendio forestal en un contexto de debilidad social y física ante el mismo, presenta un 33% del territorio en categoría muy alta (*Figuras 6 y 7*), la cual al parecer no es muy significativa. Sin embargo, la clasificación dada el área por municipios en los niveles generales (*Tabla 2*) se observan municipios donde la totalidad de su territorio se encuentra en muy alto grado de vulnerabilidad de a pérdidas y/o debilidad social para atender, soportar o recobrase de un evento de fuego.

Como se observa en la tabla, se ven diferencias en los niveles definidos por nivel de amenaza

### Vulnerabilidad en el Departamento del Cesar



**Figura 78.** Distribución general de las áreas en las diferentes categorías de vulnerabilidad dada la ocurrencia de incendios forestales en el Departamento del Cesar.

## 7.8 Municipios en altamente vulnerables (*Figura 73*)

Corresponde a aquellos municipios con mayor porcentaje de área en grado de vulnerabilidad muy alta (*Figura 8*), se localiza en el área al centro del departamento del Cesar, comprendiendo los municipios de Astrea, Chiriguaná, El Paso, Chimichagua, La Jagua de Ibirico, Curumaní así como en el Copey y González, con un porcentaje de área en categoría de vulnerabilidad muy alta entre el 53% y 100%, el cual se encuentra directamente relacionado con la mayor densidad de construcciones y centros poblados, en el departamento. En este grupo, el caso del municipio de Chiriguana, deja ver como a pesar de existir un porcentaje de zona reducido amenazado por

incendios (7%), la susceptibilidad de sufrir pérdidas desfavorables afecta a todo el municipio, por lo que deben plantearse medidas de contingencia y priorizar programas de mitigación.

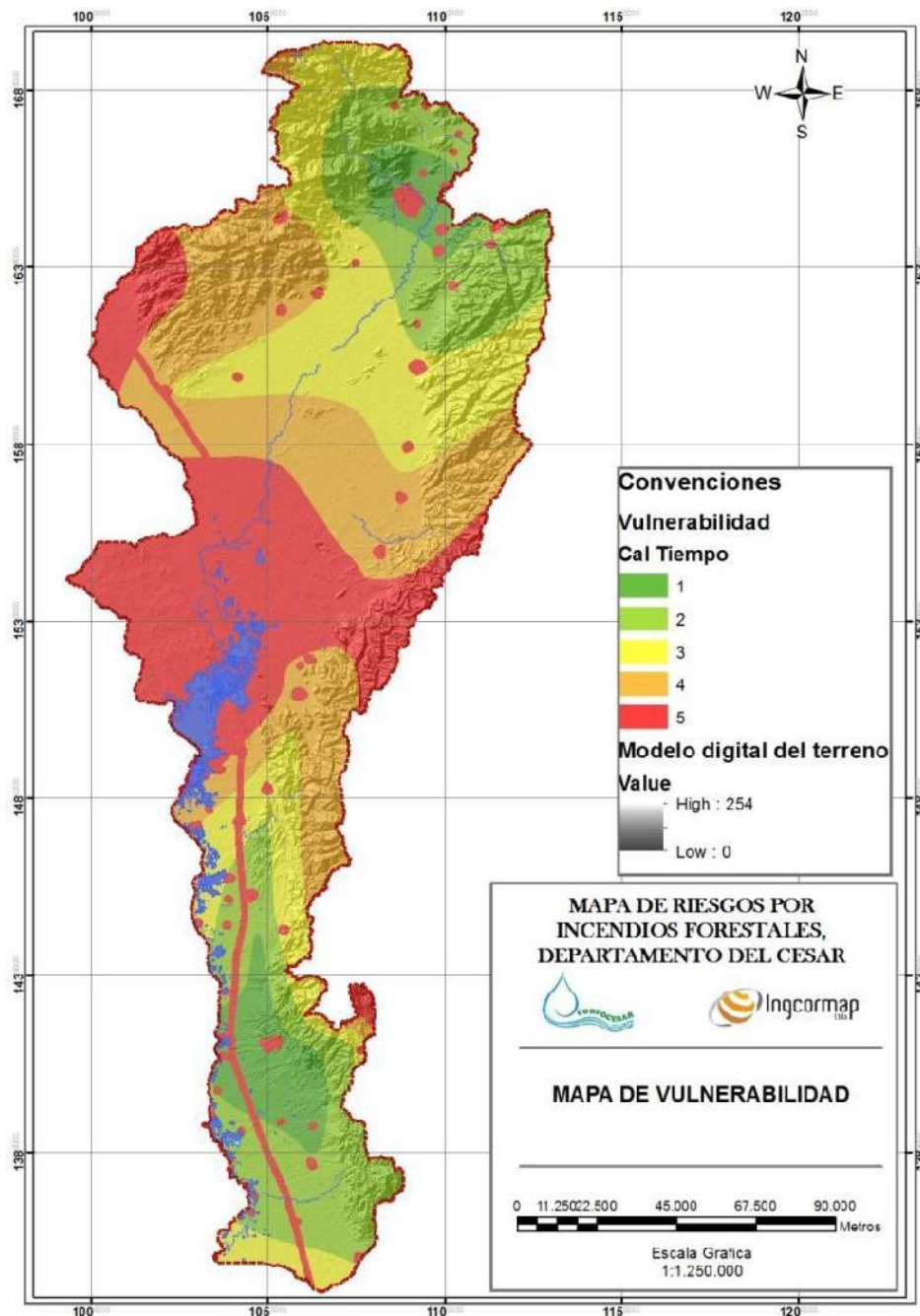


Figura 79. Mapa de vulnerabilidad ante la ocurrencia de incendios forestales en el Departamento del Cesar.

**Tabla 2.** Clasificación de mayor a menor nivel de vulnerabilidad por incendios forestales de los municipios del Departamento del Cesar. Los porcentajes corresponden al área dentro de la categoría muy alta para las variables de amenaza, riesgo y vulnerabilidad, \*(cuando no existe categoría muy alta, se describe el porcentaje de área en la siguiente categoría más alta, i.e. alta, media). Note la clasificación según el nivel de amenaza y las diferencias entre esta y la clasificación por nivel de vulnerabilidad.

MUNICIPIOS	VULNERABILIDAD (%)	AMENAZA (%)	RIESGO (%)
Astrea	100	*(alta) 52	99
Chiriguaná	100	7	100
El Paso	91	*(alta) 37	96
Gonzalez	84	*(alta) 12	92
Chimichagua	79	50	97
El Copey	63	60	100
Curumaní	53	66	99
La Jagua de Ibirico	53	64	100
Tamalameque	29	*(alta) 10	29
Gamarra	27	*(media) 79	27
Bosconia	15	*(alta) 31	64
Becerril	12	70	93
Pelaya	12	*(alta) 25	22
Aguachica	9	*(alta) 29	9
Manaure Balcón del Cesar	9	*(media) 17	8
San Martin	9	*(alta) 0	9
La Gloria	8	5	20
Pailitas	7	5	35
San Alberto	6	*(media) 62	6
Río De Oro	3	*(media) 81	3
Valledupar	3	70	28
Agustín Codazzi	3	46	28
La Paz	3	35	18
San Diego	3	0	8
Pueblo Bello	2	*(alta) 24	30

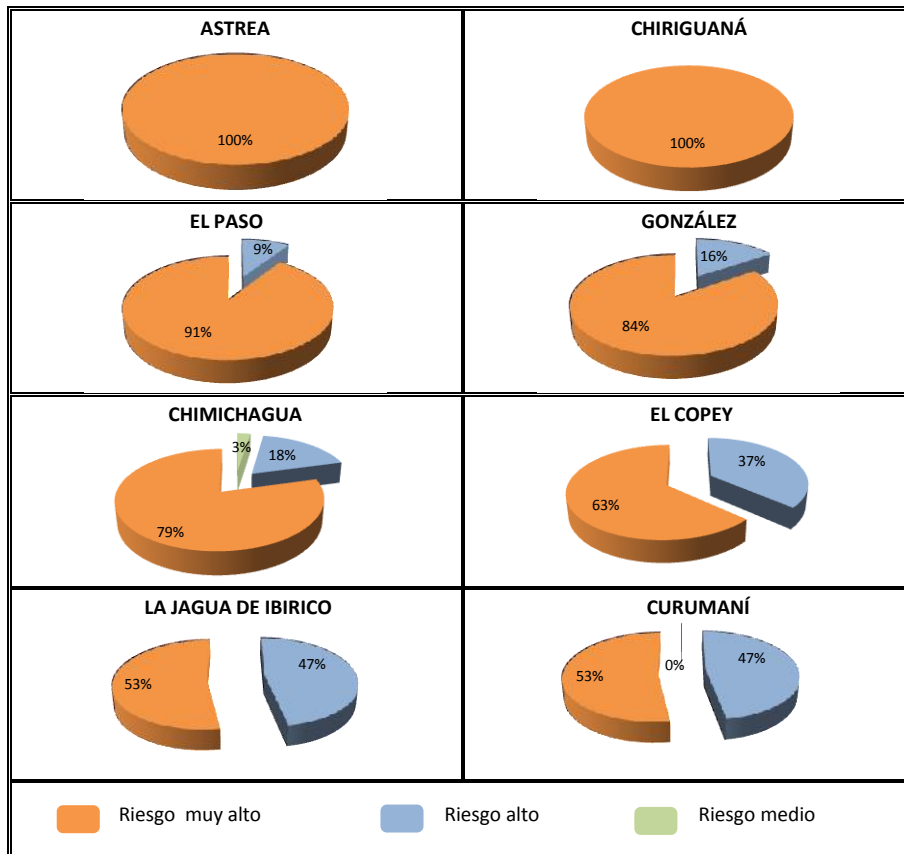
## 7.9 Municipios en zona naranja o vulnerabilidad media (Figura 74)

Corresponde a los municipios que presentan zonas con un muy alto nivel de vulnerabilidad pero en menor porcentaje de área, dentro de esta se encuentran los municipios del Tamalameque, Gamarra, Bosconia, Becerril y Pelaya, con un área de vulnerabilidad alta entre el 9% y 29%. Para el caso de Becerril, la vulnerabilidad de este municipio se relaciona con la cercanía al centro del departamento y por ende a centros poblados de alta densidad de la zona anterior. En el caso específico de Tamalameque presenta un área de 30% del total del municipio con muy alta vulnerabilidad, la cual constituye un área significativa, por corresponder a la zona de la Ciénaga de Zapatoza, por lo cual se recomienda monitoreo y planeación sobre esta dado el riesgo de afectación del ecosistema cenagoso.

## 7.10 Municipios en zona amarilla o vulnerabilidad baja (Figura 75)

Dentro de los municipios con una vulnerabilidad media a baja se encuentran Aguachica, Manaure Balcón del Cesar, San Martín, La Gloria, Pailitas, San Alberto, Valledupar, Agustín Codazzi, La Paz, San Diego, Río de Oro y Pueblo Bello con áreas de vulnerabilidad muy alta entre el 2% y 9% por ciento. En este grupo de vulnerabilidad se observa que los focos con vulnerabilidad alta se encuentran inmersos en una matriz con vulnerabilidad baja (zonas en verde; Figura 1), por lo que es conveniente revisar los factores que desencadenan este riesgo potencial, los cuales pueden relacionarse con la capacidad y tiempo de respuesta, grupos de atención de emergencias, disponibilidad de vías de rápido y fácil acceso en la atención de emergencias, etc. como puede observarse en Valledupar, donde a pesar del alto porcentaje de área dentro de una amenaza alta, el porcentaje de área en riesgo y vulnerabilidad es bajo, lo cual corresponde con las condiciones y capacidad de atención de emergencias en la capital del departamento.

Del análisis de los mapas de vulnerabilidad se concluye que las zonas de mayor prioridad en la planeación, protección, atención y contingencia corresponde principalmente a la zona centro del departamento (zona roja), y los centros poblados alejados al extremo norte y sur, para los cuales debería crearse y fortalecerse las vías de acceso y los centros de respuesta en puntos medios que faciliten la atención de incendios. Desde el punto de vista de los factores detonantes de la amenaza, debe considerarse la probabilidad de protección de los ecosistemas acuáticos (e.g. ciénagas, ríos, quebradas), las cuales constituyen centros reguladores del calor, así como la vegetación natural (e.g. bosque), la cual ha sido reemplazada por vegetación que puede ser la causa de la abundante presencia de puntos de calor y fuego en el departamento.



**Figura 80.** Categorías de vulnerabilidad de cada municipio del Departamento del Cesar dentro de la zona roja. Los Porcentajes corresponden a las áreas dentro de cada categoría de vulnerabilidad.

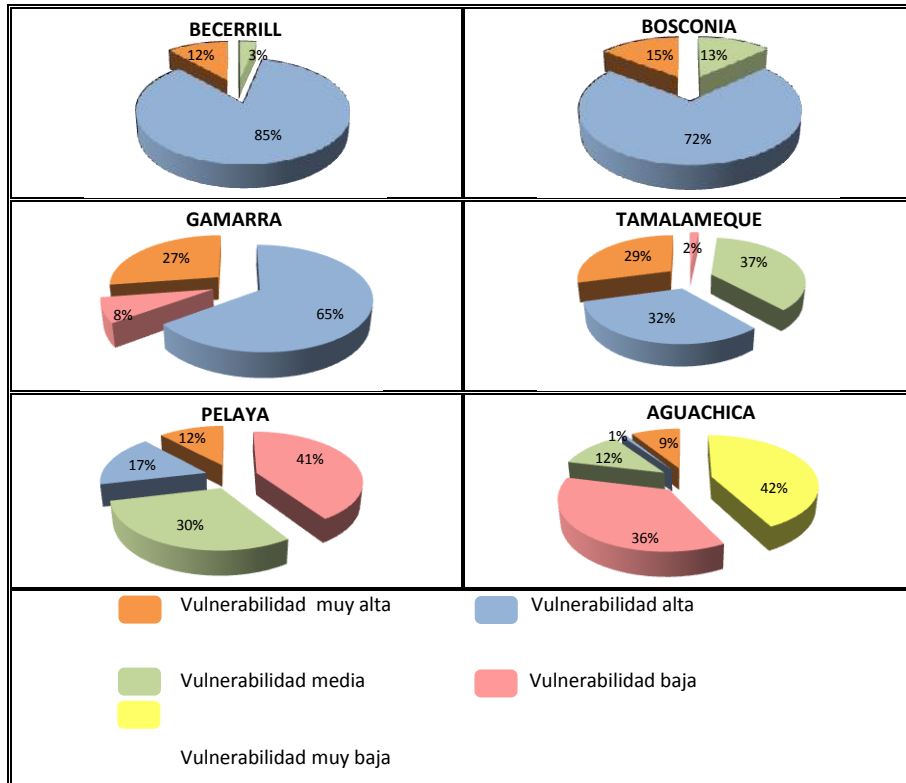
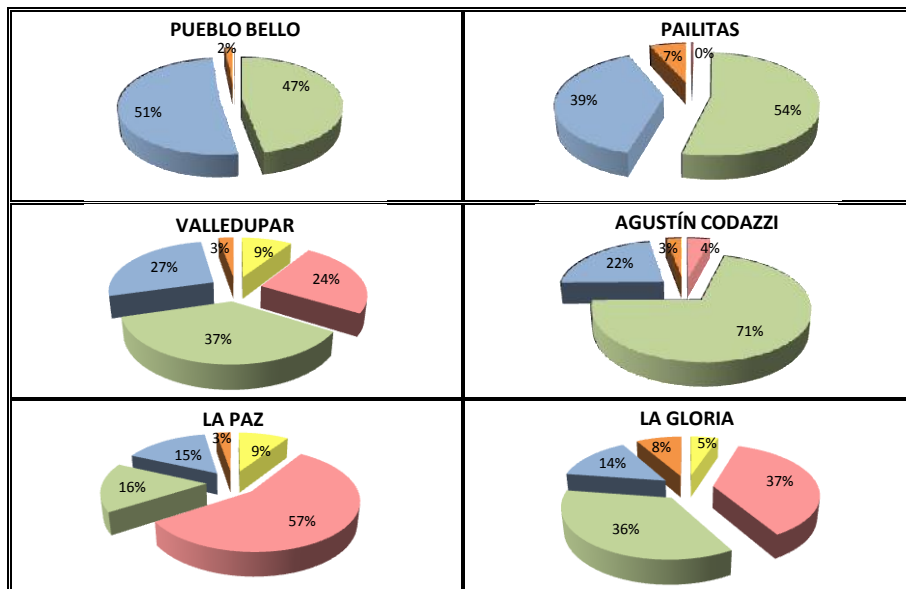
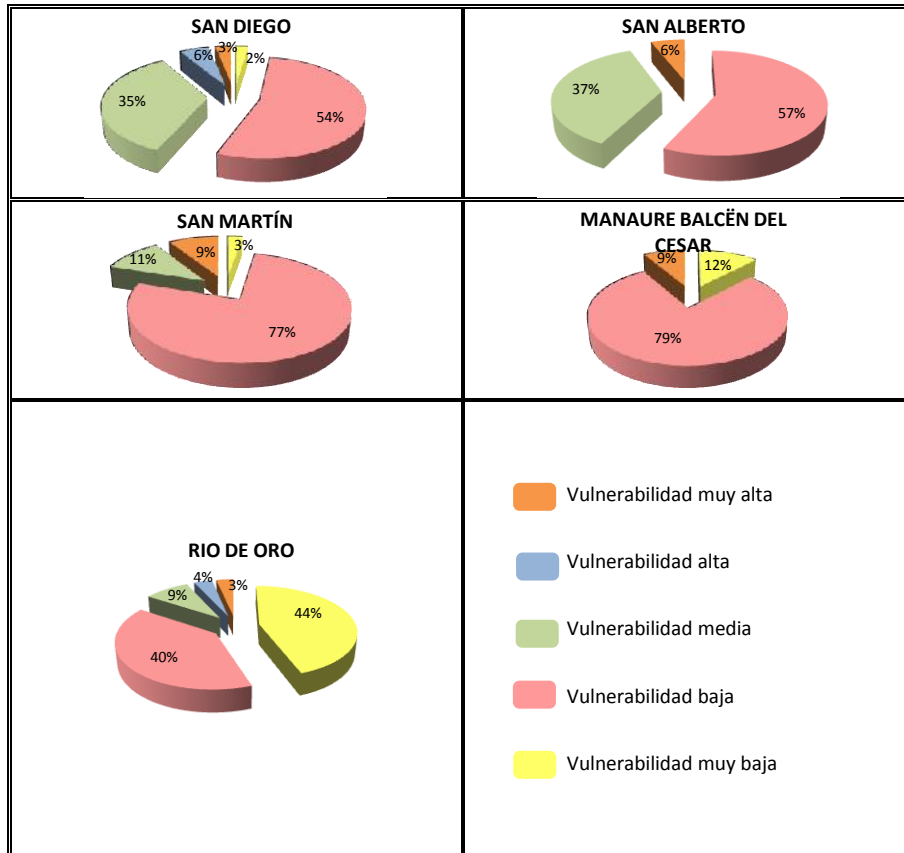


Figura 81. Categorías de vulnerabilidad de cada municipio del Departamento del Cesar dentro de la zona naranja. Los Porcentajes corresponden a las áreas dentro de cada categoría de vulnerabilidad.



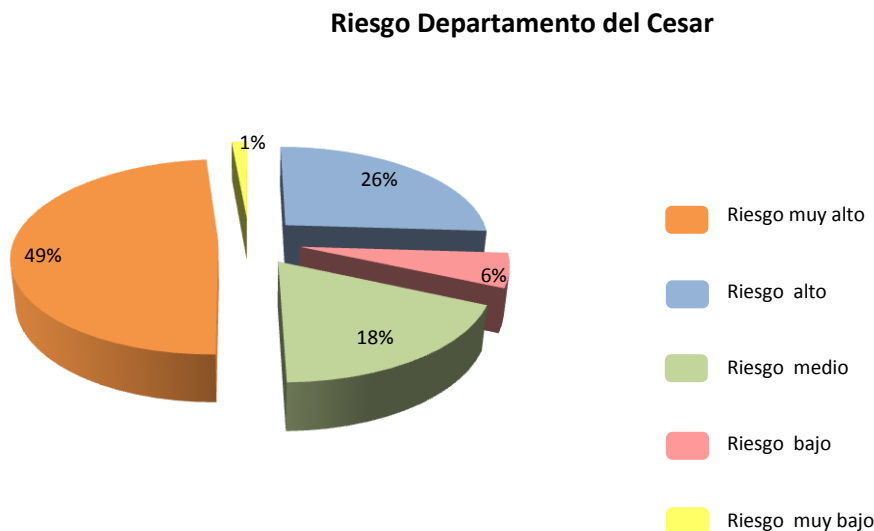




**Figura 82.** Categorías de vulnerabilidad de cada municipio del Departamento del Cesar dentro de la zona amarilla. Los Porcentajes corresponden a las áreas dentro de cada categoría de vulnerabilidad.

## 8 Descripción del riesgo

Del análisis del cálculo del riesgo, es decir de las pérdidas (e.g. vidas, inmuebles, economía, se encontró que casi la mitad del territorio del Departamento del Cesar (*Figura 11*) se encuentra en riesgo muy alto de sufrir tales consecuencias negativas por la ocurrencia de eventos de fuego. Del mismo modo varios municipios presentan casi la totalidad de su territorio en riesgo muy alto. Al comparar el mapa de evaluación de riesgos (*Figura 12*) y el de vulnerabilidad (*Figura 7*) se encuentra similitud entre estos dos criterios, dado que el riesgo se conjuga como producto de la amenaza y la vulnerabilidad.



**Figura 83.** Distribución general de las áreas en las diferentes categorías de vulnerabilidad dada la ocurrencia de incendios forestales en el Departamento del Cesar.

### 8.1 Municipios en zona roja o de alto riesgo (*Figura 57*)

Corresponde a aquellos municipios con mayor porcentaje de área en grado de riesgo muy alto, se localiza en una franja desde el norte hacia el centro del departamento. Cabe notar que todos los municipios presentes en esta zona tienen un área comprometida en esta zona de casi la totalidad de su territorio: La Jagua de Ibirico, El Copey y Chiriguaná con un porcentaje de área en categoría de riesgo muy alto del 100%, seguidos por Curumaní, Astrea, Chimichagua, El Paso, Becerril y Gonzalez con porcentaje de área en categoría de riesgo muy alto entre el 99 y 92%.



El hecho de que un municipio no presente gran área amenazada por la ocurrencia de incendios, no lo excluye de encontrarse en alto nivel de riesgo o vulnerabilidad, es el caso de Chiriguana, municipio que a pesar de presentar un área de solo el 7% en categoría de amenaza muy alta, la totalidad del municipio se encuentra en vulnerabilidad y riesgo muy alto. Lo anterior puede deberse a la capacidad de atención y manejo de las situaciones amenazantes.

Como la probabilidad de afectación de una zona por la ocurrencia de un fenómeno en este caso incendios forestales, puede afirmarse que el riesgo para el Departamento del Cesar se encuentra condicionada en menor grado a la cobertura vegetal, presentando vegetación con alto índice de combustión (i.e. pastos limpios, Arbustos y matorrales y pastos enmalezados o enrastrados) y en mayor grado a la afectación de las cabeceras municipales, siendo este el factor condicionante en el cálculo del riesgo de ocurrencia de incendios.

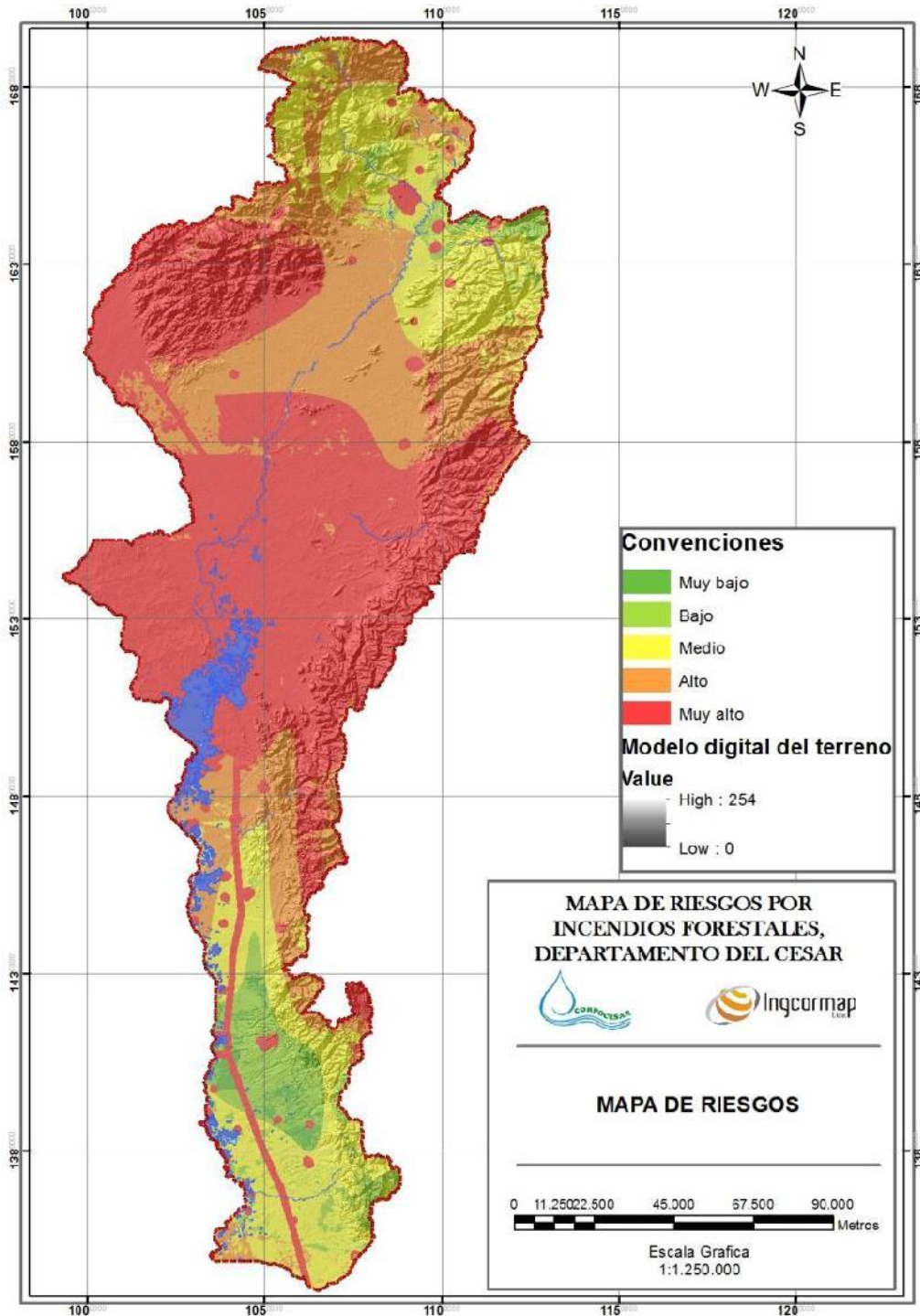


Figura 84. Mapa de riesgo por incendios forestales y cabeceras municipales en el Departamento del Cesar.

**Tabla 3.** Clasificación de mayor a menor nivel de riesgo por incendios forestales de los municipios del Departamento del Cesar. Los porcentajes corresponden al área dentro de la categoría muy alta para las variables de amenaza, riesgo y vulnerabilidad, \*(cuando no existe categoría muy alta, se describe el porcentaje de área en la siguiente categoría más alta, i.e. alta, media). Note la clasificación según el nivel de amenaza y vulnerabilidad y la similitud entre vulnerabilidad y riesgo.

MUNICIPIOS	RIESGO (%)	AMENAZA (%)	VULNERABILIDAD (%)
La Jagua de Ibirico	100	64	53
El Copey	100	60	63
Chiriguaná	100	7	100
Curumaní	99	66	53
Astrea	99	*(alta)	52
Chimichagua	97	50	79
El Paso	96	*(alta)	37
Becerril	93	70	12
Gonzalez	92	*(alta)	12
Bosconia	64	*(alta)	31
Pailitas	35	5	7
Pueblo Bello	30	*(alta)	24
Tamalameque	29	*(alta)	10
Valledupar	28	70	3
Agustín Codazzi	28	46	3
Gamarra	27	*(media)	79
Pelaya	22	*(alta)	25
La Gloria	20	5	8
La Paz	18	35	3
Aguachica	9	*(alta)	29
San Martín	9	*(alta)	0
Manaure Balcón del Cesar	8	*(media)	17
San Diego	8	0	3
San Alberto	6	*(media)	62
Río De Oro	3	*(media)	81

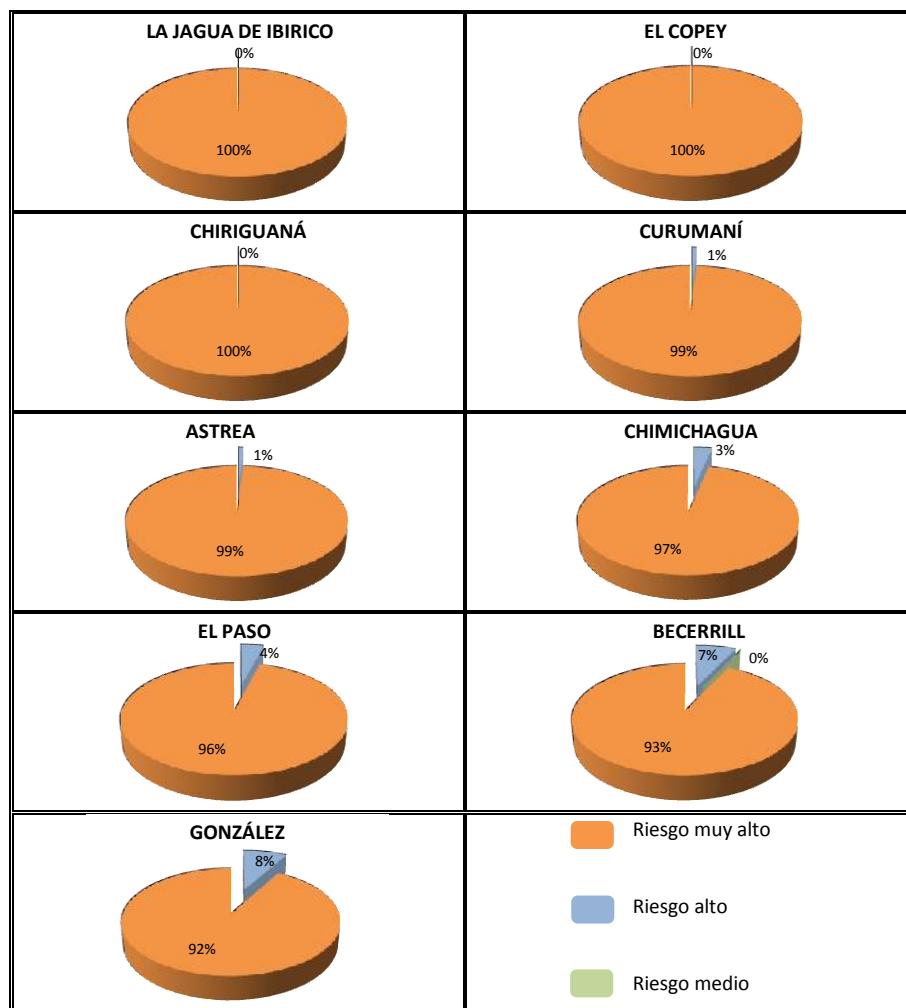
## 8.2 Municipios en zona naranja (Figura 48)

Dentro de los municipios con un riesgo medio, se encuentran Bosconia con un 64% del área en riesgo muy alto, seguido por Pailitas, Pueblo Bello, Tamalameque, Valledupar, Agustín Codazzi y Gamarra, con un rango entre el 35 y 27 % del área del territorio en categoría de riesgo muy alto. Finalmente, los municipios de Pelaya, La Gloria y La Paz presentan áreas entre 22 y 18%. En esta zona sigue observándose una tendencia de mayor riesgo en las zonas cercanas a la zona roja al norte y sur del departamento, relacionadas estrechamente a la cobertura vegetal, y la cercanía a

las cabeceras municipales. Se observa al sur del departamento en los municipios de Pailitas y La Gloria un porcentaje medio de riesgo pero con una amenaza baja, demostrarían que una amenaza baja de ocurrencia de incendios presentaría una alta afectación en el casco urbano.

### 8.3 Municipios en zona amarilla (Figura 59)

Los municipios de Aguachica, San Martín Manaure Balcón del Cesar y San Diego, presentan un nivel de riesgo bajo con porcentajes de área de afectación en categoría de riesgo muy alto por incendios entre el 9 y 6%.



**Figura 85.** Categorías de riesgo de cada municipio del Departamento del Cesar dentro de la zona roja. Los Porcentajes corresponden a las áreas dentro de cada categoría de riesgo.

El municipio de Rio de Oro presenta el porcentaje más bajo (3%) de amenaza. En esta nivel de riesgo, cabe resaltar que estos municipios presentan sus zonas en categoría muy alta directamente sobre el casco urbano del municipio, lo cual debe analizarse y evaluarse principalmente en términos de planes de respuesta, manejo y contingencia dada la ocurrencia de los eventos de fuego.

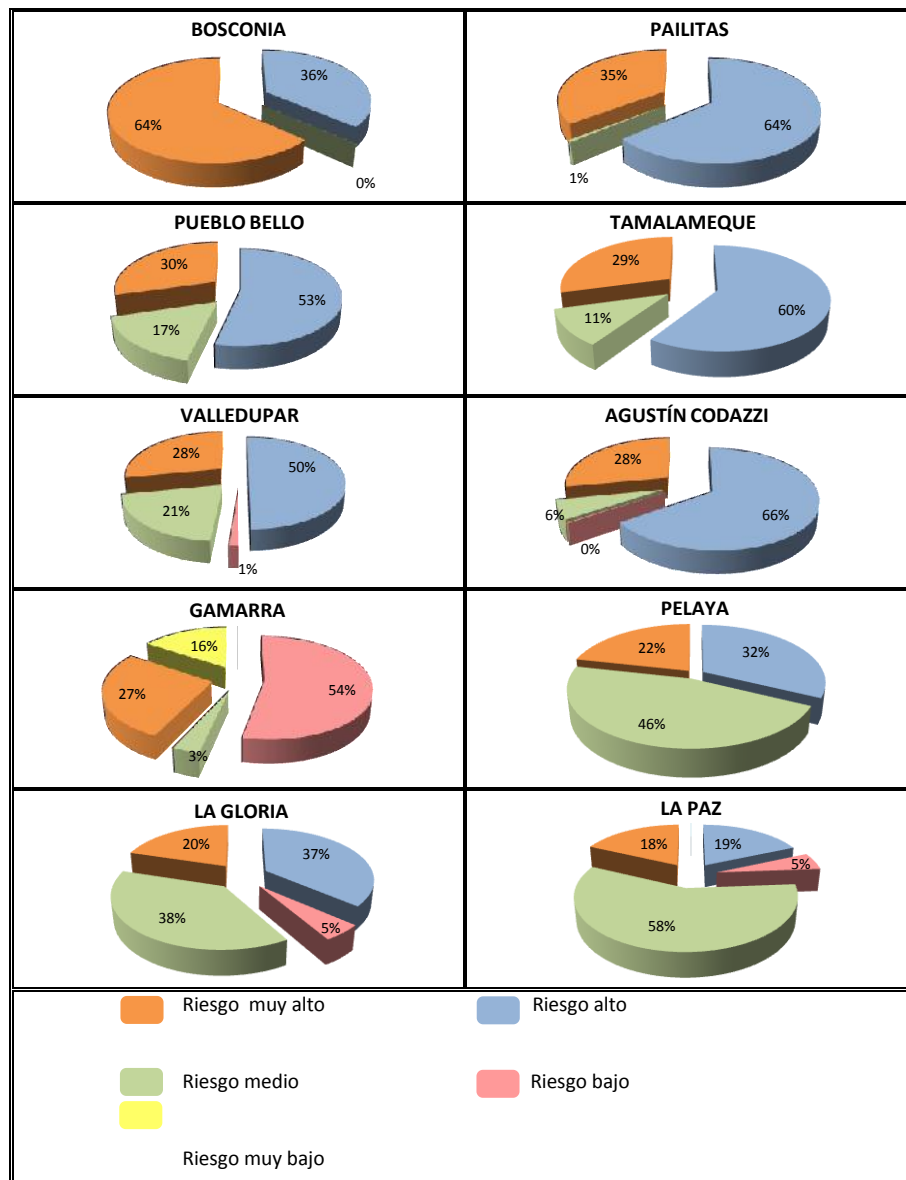


Figura 86. Categorías de riesgo de cada municipio del Departamento del Cesar dentro de la zona naranja. Los Porcentajes corresponden a las áreas dentro de cada categoría de riesgo.

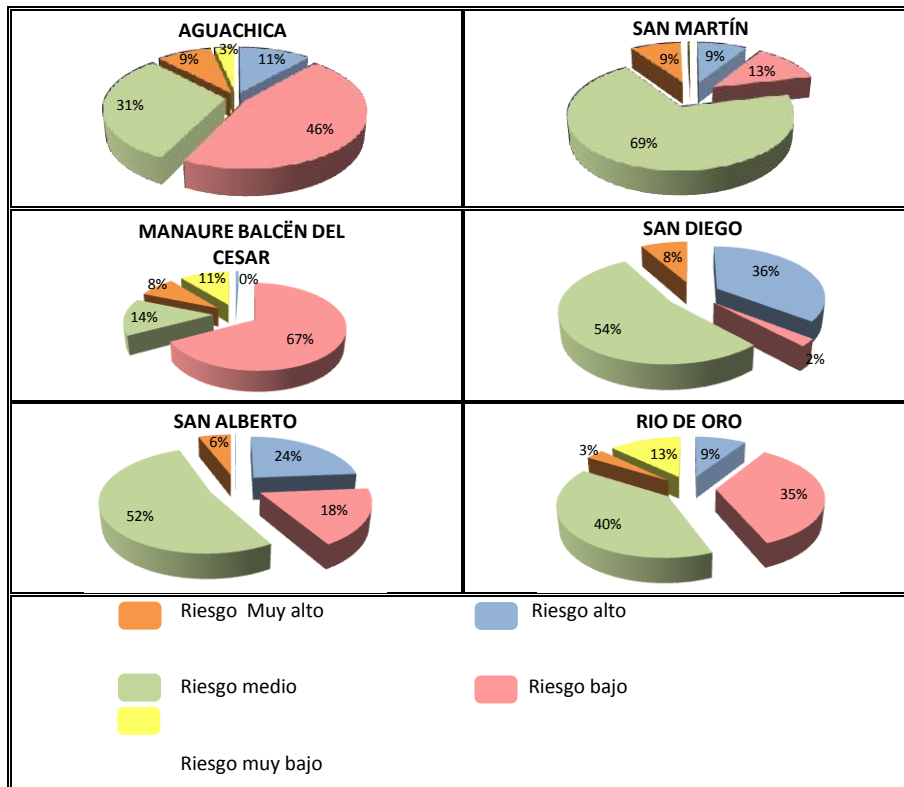


Figura 87. Categorías de riesgo de cada municipio del Departamento del Cesar dentro de la zona amarilla. Los Porcentajes corresponden a las áreas dentro de cada categoría de riesgo.



## 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La ocurrencia de incendios se ve favorecida por la temporalidad de las condiciones climáticas como: escasa precipitación, baja humedad, temperaturas máximas y velocidad media de los vientos, en ciertos períodos del año, y vegetación inflamable. En el departamento del Cesar, los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, están sujetos a un estrés en cuanto a las condiciones extremas que se manifiesta, pues se caracteriza por ser un período de aridez, altas temperaturas entre los 36 - 42°C, bajos valores de humedad representado en déficit de 0 – 400 mm de agua, escasas lluvias entre 0 – 40 mm, exposición solar promedio de 250 horas mes (máximo en enero) y velocidades de viento promedio de 5 m/s, en las áreas de llanura y estribaciones de los sistemas montañosos: Sierra Nevada de Santa Marta.

La fragmentación en el Departamento de Cesar está asociada a los efectos negativos derivados de las acciones antrópicas (i.e. cambios de cobertura vegetal) que conllevaron a una modificación intensa del territorio y que se traduce en una pérdida importante de los hábitats naturales, ocasionando la degradación y aislamiento de los fragmentos nativos de la región. Las principales causas de la fragmentación en el departamento son la expansión urbanística, la ganadería y la agricultura; proporcionando un mosaico de múltiples fragmentos, evidenciado en áreas pequeñas con relación a la totalidad del paisaje, de forma irregular y manifestada principalmente en diversidad de pastos, arbustos y matorrales; cuyo fin es el mantenimiento socio-económico de la región. Los diferentes tipos de pastizales, arbustos y matorrales ocupan casi la totalidad del territorio, y son el principal combustible en la propagación de incendios forestales.

La ocurrencia de incendios forestales esta relacionada con los fenómenos del niño, por lo cual las entidades que deben tomar decisiones han de considerar estos periodos, y multianualmente los periodos de diciembre a marzo, a una escala temporal menor son las horas de la tarde las que mayor alerta deben considerar ya que el 90% de los incendios registrados sucedieron entre las 2 y 6 de la tarde.

El uso de los SIG como herramientas en la elaboración de análisis de riesgo de incendios, teniendo en cuenta la cobertura vegetal y los puntos de fuego de la región, así como variables ambientales tales como temperaturas máximas, demostraron que el comportamiento de los incendios, evidenciados en los puntos de fuego y focos de calor reportados para el departamento, se encuentran fuertemente relacionados, mostrando una dispersión homogénea por toda la región, fuertemente relacionada con la distribución de pastos, arbustos y matorrales. Debido la conexión entre los parches herbáceos como pastos y demás, el área de borde que hay entre ellos y la facilidad como combustible en la ignición y propagación del fuego, existe una gran probabilidad que los incendios forestales ocasionados por agentes naturales o factores antrópicos de manera accidental o provocada, puedan propagarse con rapidez entre los parches y seguir el grado de

influencia del viento, debido a su alto nivel de peligrosidad pueden ocasionar la pérdida de los relictos boscosos naturales y plantados de la región, así como cultivos y demás fuentes agroindustriales. Aunque existe una relación entre la temperatura y los incendios forestales causados de manera natural o por influencia antrópica indirecta, no se evidenció la influencia entre los mayores niveles de temperatura y los puntos de fuego, mostrando una distribución homogénea por toda el departamento.

Las áreas limitadas por estas condiciones se traslapan con otras capas de información como pendiente del terreno y distribución de la cobertura vegetal con propiedades inflamables.

La estadística paramétrica y en especial los índices utilizados para el desarrollo de un trabajo de este tipo nos permite contar con datos precisos que contribuyen en forma racional a la planeación de las prioridades de prevención y atención de incendios forestales.

Se recomienda realizar el presente análisis a nivel intramunicipal, para ello se debe contar con una base de datos pormenorizada, así como con cartografía actualizada.

Los asentamientos humanos se encuentran ubicados en mayor proporción en las Cabeceras Municipales, aspecto que indica un alto índice de concentración poblacional urbano.

La mayoría de asentamientos humanos se encuentran localizados a lo largo de la red vial principal, en este caso, la vía troncal del Caribe, que recorre el departamento de sur a norte. Así mismo las características biofísicas del departamento del Cesar (relieve, clima, hidrografía, fisiografía) que determinan la oferta ambiental, tienen una directa relación con la distribución de los asentamientos humanos y con la infraestructura vial y de servicios públicos, aspectos estos que finalmente determinan la tendencia en lo referente al grado de concentración y dispersión.

En el departamento del Cesar se aprecia que la división político-administrativa, no obedece a un ordenamiento territorial lógico ni a una eficiente distribución espacial con respecto a la repartición poblacional municipal. Es así como existen cabeceras municipales con un alto número de entidades político-administrativas menores; en cambio, hay otras cabeceras municipales que no tienen subdivisiones. Asimismo, existen unidades político-administrativas menores (inspecciones municipales, corregimientos, veredas) conformadas por grupos mínimos de habitantes que al no contar con la infraestructura vial ni de servicios públicos, se ven afectados en su calidad de vida. Este aspecto tiene incidencia directa con el grado de subdesarrollo que subsiste en algunos entes territoriales; situación esta que impacta negativamente en el control y aún en la misma prevención de incendios forestales.

Se aprecia que la mayor parte de la población de los diferentes municipios de la zona plana, se localiza en las cabeceras municipales, y a pesar de la buena oferta ambiental en el sector rural, se minimiza el grado de dispersión, posiblemente por afectación de dos grandes problemas:



- a. Políticas agrarias deficientes e ineficaces
- b. Falta de vías de comunicación

El análisis de variables para llegar a una propuesta de priorización de área para la prevención y atención, debe incluir de manera equilibrada los aspectos biofísicos, sociales, económicos, culturales y políticos, indiscutiblemente, bajo la coordinación de una entidad que pueda mantener la información en la WEB y que pueda sinergizar otras entidades que apoyen en la solución de problemáticas relacionadas con los incendios forestales.

En consecuencia, los indicadores analizados durante el presente trabajo, se constituyen en una herramienta importante debido a la posibilidad de ser espacializados, lo que facilita el análisis final cuando se deban interrelacionar las diferentes variables biofísicas que, generalmente se representan cartográficamente, brindando todas las facilidades para una acertada toma de decisiones.



## 10 BIBLIOGRAFIA

APARICIO MIJARES FRANCISCO JAVIER. 1999. Fundamentos de Hidrología de superficie. Limusa Noriega Editores, México

DANE Colombia. Estadísticas Censo Poblacional. 2005.

DEL CANTO FRESNO Consuelo. Et.all. Trabajos prácticos de Geografía Humana. Editorial Síntesis. Madrid España 1993.

HENAO S. Jesús Antonio. Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas. USTA – RNR. 1998

IDEAM. El Medio Ambiente en Colombia. La Atmósfera, el Tiempo y el Clima. 2000

IDEAM. Estudio Nacional del Agua. 2000

IDEAM. Atlas Climatológico de Colombia., ISBN 958-8067-14-6. Capítulo 2

IDEAM Instituto de Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales y UPME Unidad de Planeación Minero Energética. Atlas de radiación solar de Colombia.

LOPEZ DE MEZA Luis: La formación de la Nación colombiana; Bolsilibros Bedout; De. Bedout; Medellín 1970.

Manual para el procedimiento del cálculo de oferta y demanda de agua. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca.

MONSALVE SAENZ, Germán. Hidrología en la ingeniería. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. Edición Julio 2008, Colombia.

PARDO PARDO Alberto. Geografía Económica y Humana de Colombia. Editorial Tercer Mundo. Bogotá 1972.

REMENIERAS, G. Tratado de Hidrología Aplicada. Editora Técnicos y Asociados. Barcelona, 1971. Primera edición. Pág. 25

VARGAS, Nelson Omar. Evaluación del Patrimonio Hídrico. Apuntes de conferencia. San Gil, 2008.

VIGNOLA, Raffaele. Importancia de los bosques para la adaptación de la sociedad al cambio climático. Grupo Cambio Global, CATIE, 2006.



## **ANEXOS**



## APLICATIVO DE CONSULTA SIG

### MANUAL DEL USUARIO, CONCEPTOS SIG Y PORTALES SEMEJANTES.

#### 10.1.1 Conceptos referentes al SIG

Aunque la información acerca de los sistemas de información geográfica se ha popularizado y hoy ya la mayoría de las corporaciones ambientales de Colombia cuentan con personal capacitado en el tema y existen varias universidades del país preocupadas por prestar los servicios de capacitación, ya sea nivel de pregrado o postgrados no sobra establecer algunos parámetros básicos acerca de la pertinencia del uso de estas metodologías y esta tecnología en los proyectos ambientales como lo es el desarrollo del mapa de riesgo por incendios forestales en el área de jurisdicción de la corporación autónoma del Cesar Corposesar.

Con los siguientes párrafos lo único que se busca es que el lector de este informe tenga herramientas básicas y algunos conceptos que le permitan comprender más fácilmente algunos términos técnicos involucrados en el resto del documento, nunca brindar una capacitación completa ya que ello estaría fuera del alcance de este proyecto.

#### *Definición*

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) involucran dos (2) conceptos claramente diferenciables: Sistemas de Información y Geografía. Por ser un Sistema de Información se trata de un conjunto de datos, procesos y herramientas que se relacionan en forma integrada para apoyar las actividades de una organización y servir como herramienta de apoyo en el proceso de la toma de decisiones. Por ser Geográfica, se trata del manejo de los datos que se referencian a un Sistema de Coordenadas.

Es decir, un SIG es un conjunto de Equipos, Programas y Procedimientos que permite Almacenar, Combinar, Analizar y Recuperar información acerca de datos referenciados espacialmente, para cumplir unos objetivos organizacionales. El avance tecnológico informático, el refinamiento de las técnicas de cartografía y la definición de modelos de análisis espacial, propiciaron notablemente el desarrollo de los SIG digitales, de tal manera que un modelo llevado al computador representa elementos con una localización exacta en la superficie terrestre, con información asociada en una base de datos y con facilidades para realizar análisis y producir nuevos resultados.

La Federal Interagency Coordinating Committee define los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como: “Un Sistema Computarizado de Hardware, Software y Procedimientos designados para soportar la Captura, Gestión, Manipulación, Análisis, Modulación y Despliegue de datos Referenciados Espacialmente para resolver problemas complejos en Planeación y Gestión”.

Un Sistema de Información Geográfica (SIG o GIS, en su acrónimo inglés) es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñado para capturar, almacenar,

manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión. También puede definirse como un modelo de una parte de la realidad referido a un sistema de coordenadas terrestre y construido para satisfacer unas necesidades concretas de información. En el sentido más estricto, es cualquier sistema de información capaz de integrar, almacenar, editar, analizar, compartir y mostrar la información geográficamente referenciada. En un sentido más genérico, los SIG son herramientas que permiten a los usuarios crear consultas interactivas, analizar la información espacial, editar datos, mapas y presentar los resultados de todas estas operaciones.

La tecnología de los Sistemas de Información Geográfica puede ser utilizada para investigaciones científicas, la gestión de los recursos, gestión de activos, la arqueología, la evaluación del impacto ambiental, la planificación urbana, la cartografía, la sociología, la geografía histórica, el marketing, la logística por nombrar unos pocos. Por ejemplo, un SIG podría permitir a los grupos de emergencia calcular fácilmente los tiempos de respuesta en caso de un desastre natural, el SIG puede ser usado para encontrar los humedales que necesitan protección contra la contaminación, o pueden ser utilizados por una empresa para ubicar un nuevo negocio y aprovechar las ventajas de una zona de mercado con escasa competencia.

Con el objetivo de desarrollar un Sistema de Organización y Control, capaz de constituirse en un herramienta para la toma de decisiones, la Corporación Autónoma Regional del Cesar decidió realizar la contratación de la generación del mapa de riesgo por incendio forestales en el departamento modelando la información por medio de un sistema de información geográfica SIG.

Técnicamente se puede definir un SIG como una tecnología de manejo de información geográfica formada por equipos electrónicos (hardware) programados adecuadamente (software) que permiten manejar una serie de datos espaciales (información geográfica) y realizar análisis complejos con éstos siguiendo los criterios impuestos por el equipo científico (personal).

Son por tanto cuatro los elementos constitutivos de un sistema de estas características:

1. Hardware.
2. Software.
3. Datos geográficos.
4. Equipo humano.

Aunque todos ellos han de cumplir con su cometido para que el sistema sea funcional, existen diferencias en cuanto a su importancia relativa. A lo largo del tiempo, el peso de cada uno de los elementos dentro de un proyecto S.I.G. ha ido cambiando mostrando una clara tendencia: mientras los equipos informáticos condicionan cada vez menos los proyectos S.I.G. por el abaratamiento de la tecnología, los datos geográficos se hacen cada vez más necesarios y son los que consumen hoy día la mayor parte de las inversiones en términos económicos y de tiempo.

Así, hoy día el condicionante principal a la hora de afrontar cualquier proyecto basado en SIG lo constituye la disponibilidad de datos geográficos del territorio a estudiar, mientras que hace diez años lo era la disponibilidad de ordenadores potentes que permitieran afrontar los procesos de cálculo involucrados en el análisis de datos territoriales.



Figura 88. Definición de atributos en un SIG

Pero además de ser un factor limitante, la información geográfica es a su vez el elemento diferenciador de un Sistema de Información Geográfica frente a otro tipo de Sistemas de Información; así, la particular naturaleza de este tipo de información contiene dos vertientes diferentes: por un lado está la vertiente espacial y por otro la vertiente temática de los datos.

Mientras otros Sistemas de Información (como por ejemplo puede ser el de un banco) contienen sólo datos alfanuméricos (nombres, direcciones, números de cuenta, etc.), las bases de datos de un S.I.G. han de contener además la delimitación espacial de cada uno de los objetos geográficos.

Por ejemplo, un lago que tiene su correspondiente forma geométrica plasmada en un plano, tiene también otros datos asociados como niveles de contaminación. Pongamos otro ejemplo para que esto se entienda mejor: supongamos que tenemos un suelo definido en los planos de clasificación de un planeamiento urbanístico como "urbanizable". Este suelo urbanizable tiene una serie de atributos, tales como su uso, su sistema de gestión, su edificabilidad, etc. Pero es que además, el urbanizable tiene una delimitación espacial concreta correspondiente con su propia geometría definida en el plano.



Por tanto, el SIG tiene que trabajar a la vez con ambas partes de información: su forma perfectamente definida en plano y sus atributos temáticos asociados. Es decir, tiene que trabajar con cartografía y con bases de datos a la vez, uniendo ambas partes y constituyendo con todo ello una sola base de datos geográfica.

Esta capacidad de asociación de bases de datos temáticas junto con la descripción espacial precisa de objetos geográficos y las relaciones entre los mismos (topología) es lo que diferencia a un SIG de otros sistemas informáticos de gestión de información.

### *Funcionamiento de un SIG*

El SIG funciona como una base de datos con información geográfica (datos alfanuméricos) que se encuentra asociada por un identificador común a los objetos gráficos de un mapa digital. De esta forma, señalando un objeto se conocen sus atributos e, inversamente, preguntando por un registro de la base de datos se puede saber su localización en la cartografía.

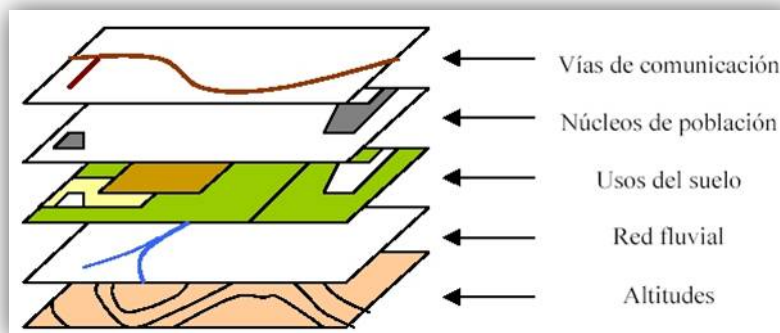


Figura 89. Capas en un SIG.

La razón fundamental para utilizar un SIG es la gestión de información espacial. El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando al profesional la posibilidad de relacionar la información existente a través de la topología de los objetos, con el fin de generar otra nueva que no podríamos obtener de otra forma.

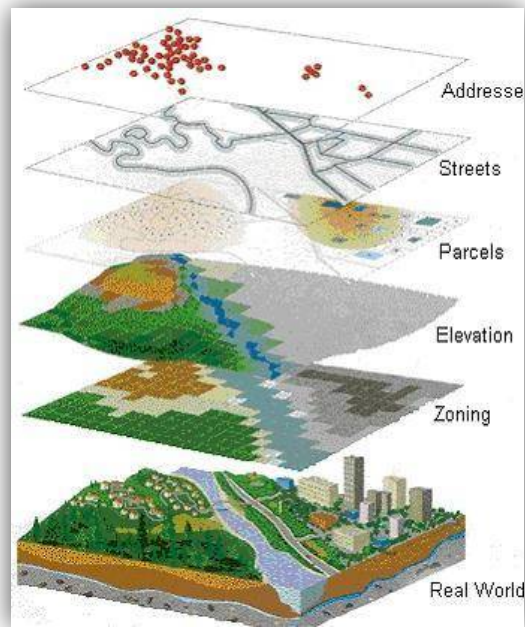


Figura 90. Distribución de layers.

### *Base de datos geográfica*

La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada asequible para el lenguaje de los ordenadores actuales. Este proceso de abstracción tiene diversos niveles -como iremos viendo- y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir.

Pero la estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas conlleva cierto nivel de dificultad. En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren las máquinas implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos.

En segundo lugar, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar; es lo que se denomina topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos.

Aunque a nivel geográfico las relaciones entre los objetos son muy complejas, siendo muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad, la topología de un S.I.G. reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas, como por ejemplo conocer el polígono (o polígonos) a que pertenece una determinada línea, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada carretera.

Existen diversas formas de modelizar estas relaciones entre los objetos geográficos o topología. Dependiendo de la forma en que ello se lleve a cabo se tiene uno u otro tipo de Sistema de Información Geográfica dentro de una estructura de tres grupos principales:

- S.I.G. Vectoriales.
- S.I.G. Raster.
- S.I.G. Orientados a Objetos.

No existe un modelo de datos que sea superior a otro, sino que cada uno tiene una utilidad específica, como veremos a continuación.

### *Modelo de datos y tipos de sig*

En función del modelo de datos implementado en cada sistema, podemos distinguir tres grandes grupos de Sistemas de Información Geográfica: SIG Vectoriales, SIG Raster y SIG con modelo de datos Orientados a Objetos. En realidad, la mayor parte de los sistemas existentes en la actualidad pertenecen a los dos primeros grupos (Vectoriales y Raster).

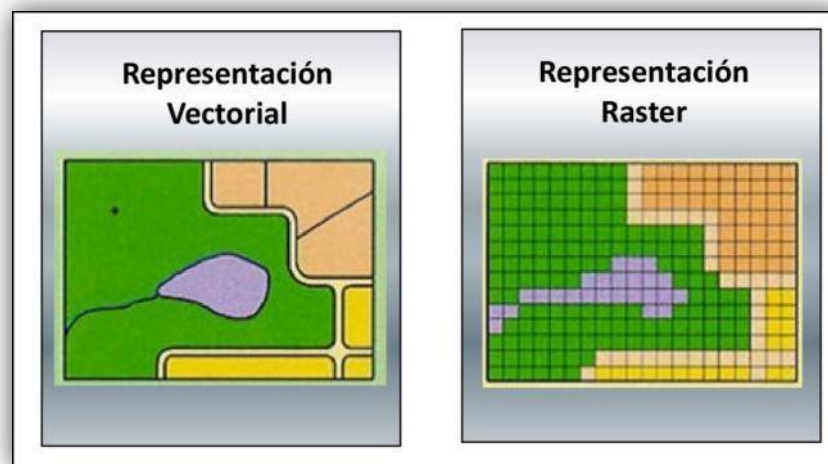


Figura 91. Modelo de datos SIG.

Aunque veremos posteriormente las diferencias entre ambos con más detalle, adelantaremos que los vectoriales utilizan vectores (básicamente líneas), para delimitar los objetos geográficos, mientras que los Raster utilizan una retícula regular para documentar los elementos geográficos que tienen lugar en el espacio.

### *SIG Vectoriales*

Son aquellos Sistemas de Información Geográfica que para la descripción de los objetos geográficos utilizan vectores definidos por pares de coordenadas relativas a algún sistema cartográfico.

Con un par de coordenadas y su altitud gestionan un punto (e.g. un vértice geodésico), con dos puntos generan una línea, y con una agrupación de líneas forman polígonos. De entre todos los métodos para formar topología vectorial la forma más robusta es la topología arco-nodo, cuya lógica de funcionamiento trataré de detallar en los siguientes esquemas:

La topología arco-nodo basa la estructuración de toda la información geográfica en pares de coordenadas, que son la entidad básica de información para este modelo de datos. Con pares de coordenadas (puntos) forma vértices y nodos, y con agrupaciones de éstos puntos forma líneas, con las que a su vez puede formar polígonos. Básicamente esta es la idea, muy sencilla en el fondo.

Para poder implementarla en un ordenador, se requiere la interconexión de varias bases de datos a través de identificadores comunes. Estas bases de datos, que podemos imaginarlas como tablas con datos ordenados de forma tabular, contienen columnas comunes a partir de las cuales se pueden relacionar datos no comunes entre una y otra tabla.

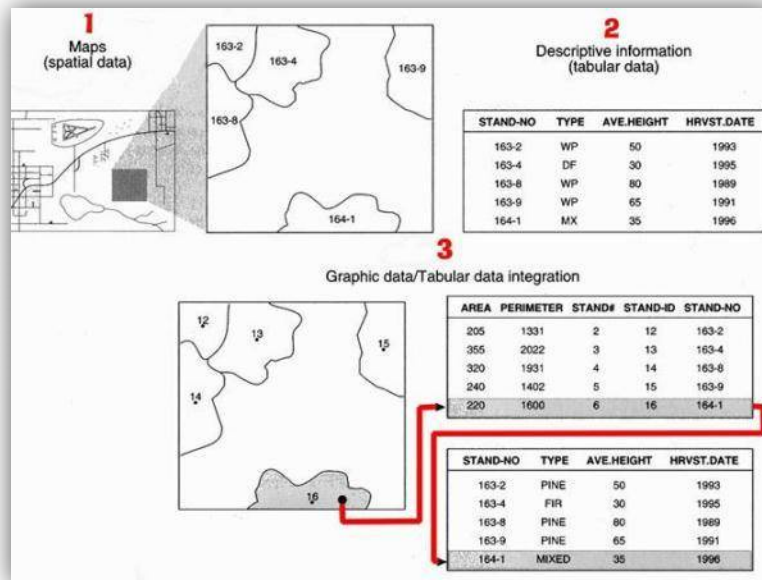


Figura 92. SIG Vectorial.

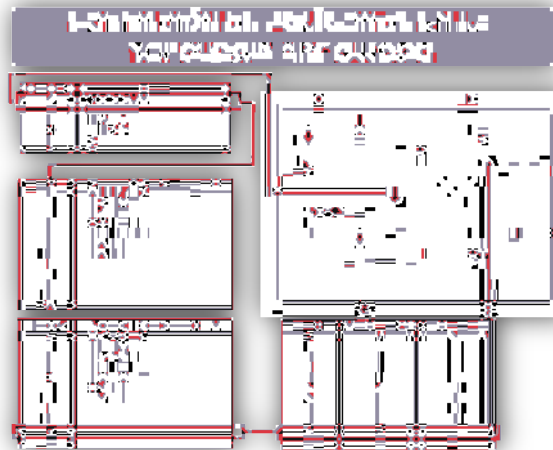


Figura 93. Formación de Polígonos.

En general, el modelo de datos vectorial es adecuado cuando trabajamos con objetos geográficos con límites bien establecidos, como pueden ser fincas, carreteras, etc.

### SIG Tipo Raster

Los Sistemas de Información Raster basan su funcionalidad en una concepción implícita de las relaciones de vecindad entre los objetos geográficos. Su forma de proceder es dividir la zona de afección de la base de datos en una retícula o malla regular de pequeñas celdas (a las que se denomina pixel) y atribuir un valor numérico a cada celda como representación de su valor temático. Dado que la malla es regular (el tamaño del pixel es constante) y que conocemos la posición en coordenadas del centro de una de las celdas, se puede decir que todos los píxeles están georreferenciados.

Lógicamente, para tener una descripción precisa de los objetos geográficos contenidos en la base de datos el tamaño del pixel ha de ser reducido (en función de la escala), lo que dotará a la malla de una resolución alta. Sin embargo, a mayor número de filas y columnas en la malla (más resolución), mayor esfuerzo en el proceso de captura de la información y mayor costo computacional a la hora de procesar la misma.



Figura 94. Modelo de datos Raster.

No obstante, el modelo de datos Raster es especialmente útil cuando se tiene que describir objetos geográficos con límites difusos, como por ejemplo puede ser la dispersión de una nube de contaminantes, o los niveles de contaminación de un acuífero subterráneo, donde los contornos no son absolutamente nítidos; en esos casos, el modelo Raster es más apropiado que el vectorial.

### SIG Orientado a Objetos

No existe una definición clara ni un acuerdo general en la comunidad de usuarios acerca de la entidad de los modelos orientados a objetos, pero sí existe unanimidad en cuanto a las características que debe tener un S.I.G. de este tipo.

En primer lugar, los S.I.G. orientados a objetos plantean un cambio en la concepción de la estructura de las bases de datos geográficas; mientras los modelos de datos vectorial y Raster estructuran su información mediante capas -como ya hemos dicho anteriormente- los sistemas orientados a objetos intentan organizar la información geográfica a partir del propio objeto geográfico y sus relaciones con otros. De este modo, los objetos geográficos están sometidos a una serie de procesos y se agrupan en clases entre las cuales se da la herencia.

En segundo lugar, los S.I.G. orientados a objetos introducen un carácter dinámico a la información incluida en el sistema, frente a los modelos de datos vectoriales y Raster que tienen un carácter estático.

Por ello, el modelo orientado a objetos es más aconsejable para situaciones en las que la naturaleza de los objetos que tratamos de modelar es cambiante en el tiempo y/o en el espacio.



Figura 95. Modelo de datos orientado a objetos.

Para poner un ejemplo de organización de la información con este modelo de datos, pensemos en un subcompartimento forestal, dentro del cual se dan muchos árboles, cada uno de ellos sometido a unos procesos (por ejemplo el crecimiento); este crecimiento es heredado por el subcompartimento y da como resultado que la altura del mismo sea cambiante con el tiempo.

Por lo tanto, en este caso los atributos temáticos de cada objeto geográfico son el resultado de aplicar unas determinadas funciones que varían según las relaciones del objeto de referencia con su entorno.

Sin duda alguna, este modelo de datos es más aconsejable que cualquier otro para trabajar con datos geográficos, pero se encuentra con dificultades de implementación en los actuales Sistemas de Gestión de Bases de Datos (SGBD), y por lo tanto también con dificultades de implementación en los S.I.G. Hoy en día comienzan a verse implementaciones de este tipo de organización de datos en algunos GIS comerciales, si bien son a nuestro entender aproximaciones en cierto modo incompletas cuya su funcionalidad tiene que ser mejorada en los siguientes años.

La ventaja fundamental que permite esta estructura de datos frente a las demás es la dinamicidad de los datos. Es decir, a partir de una serie de parámetros establecidos en el comportamiento de los objetos geográficos, podemos simular su evolución futura, lo que constituye un gran avance si se trabaja en entornos en los que se requiere simulación de situaciones potenciales.

## 10.2 Marco de referencia

Según el documento de términos de referencia se estima que en Colombia el 95% de los incendios forestales son originados por el hombre, al respecto se considera que se relacionan directamente con el uso de la tierra, la red vial, la concentración de la población y las actividades socioculturales. Dada la ocurrencia cada vez mayor de los incendios forestales, los daños que ocasionan tanto a nivel ambiental, social y económico, el reconocimiento a nivel global de sus consecuencias y la tendencia general al incremento de la superficie quemada, la intensidad de los fuegos, la severidad de los incendios y de la prolongación de las épocas de peligro por estos incidentes; es prioritario que el nivel regional y local cuenten con instrumentos de planificación que permitan una oportuna y adecuada prevención y control de los incendios forestales. (Guía para la formulación de planes de contingencia en incendios forestales, convenio CONIF – MAVDT)

En la jurisdicción de Corpocesar se presentan fenómenos naturales, que modifican la conformación del medio ambiente y con ello a la población asentada en él. Así, eventos de sequía, sismicidad, remoción en masa, inundaciones, vendavales, suceden con alguna frecuencia, en lugares en los que históricamente se ha tenido su ocurrencia a pesar de lo cual la población sigue ocupándolos, con las consecuencias que ello implica. De manera especial, dadas las características de la topografía cesarense, representadas por dos macizos montañosos (Sierra Nevada de Santa Marta y Serranía de los Motilones) de altas pendientes, y como consecuencia de la interacción de los agentes climáticos, se presentan anualmente hasta dos épocas de lluvias que generan crecientes de los ríos que nacen en las citadas cuerpos orográficos, que eventualmente resultan en desbordamientos de sus cauces en las zonas bajas (valles) y, dependiendo de las condiciones del suelo, en movimientos superficiales del suelo ocasionando con ello deslizamientos de tierra, con lo que cobra importancia la protección de las cuencas hidrográficas y la adecuada ocupación de los espacios por parte de los asentamientos poblacionales, ya sea urbanos, corregimentales o veredales.



Para el caso particular de los incendios forestales se considera que un plan de contingencia es un instrumento que permite estar preparados y planificar la forma de intervención antes, durante y después de las temporadas de incendios forestales. El Plan de Contingencia en Incendios Forestales – PCIF debe definir los procedimientos operativos específicos y preestablecidos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante la manifestación o la inminencia de un incendio forestal; así como los recursos, las instituciones ejecutoras y responsables con el objeto de dar una respuesta rápida, oportuna y ordenada a situaciones de emergencia generadas por estos eventos. Un elemento esencial del plan de contingencia es la Zonificación y análisis para la definición de áreas con prioridad de protección según se establece en el Contenido del Plan de Contingencia en Incendios Forestales, (Guía para la formulación de planes de contingencia en incendios forestales, convenio CONIF – MAVDT), por lo que la Corporación ha considerado adelantar dicha zonificación mediante la elaboración del mapa de riesgos por incendios forestales en su jurisdicción, en la cual se tiene como elemento importante el uso de la tecnología de los sistemas de información geográfica.

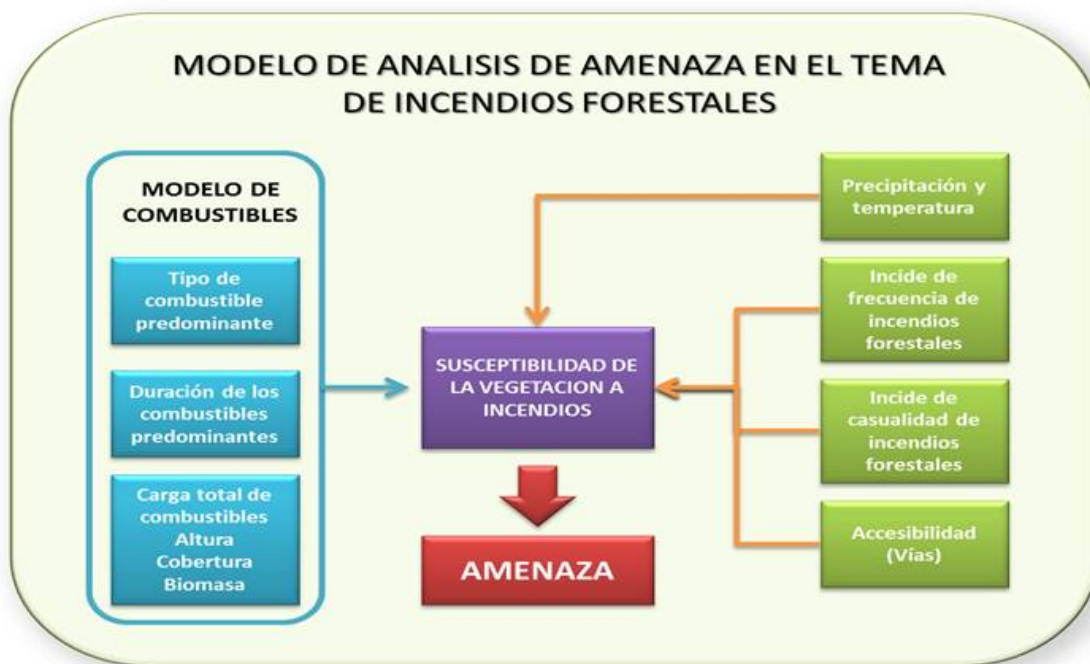


Figura 96. Modelo de análisis de amenaza por incendios forestales

La evaluación de la amenaza se realizó a partir de la zonificación y calificación de los factores expresados en la figura 19 que son propios del territorio y le confieren una mayor o menor probabilidad de ser afectados por incendios.

Toda la información solicitada en esta metodología es llevada a mapas en los cuales se representan las diferentes variables, la mayoría de estos mapas se encuentran a nivel municipal, sin embargo existen algunas variables que se mapifican de forma local o puntual, esta información expresada en mapas se integra a un sistema de información geografía dentro del cual se realizan las diferentes operaciones necesarias para obtener los mapas resultado, el siguiente es el listado de mapas que serán requeridos en esta parte del proceso.

- Mapa base que contenga límites político administrativos, centros poblados, hidrografía,
- curvas de nivel, vías)
- Mapa de cobertura vegetal
- Mapa de precipitación media multianual (isoyetas)
- Mapa de temperatura media multianual (isotermas)
- Mapas históricos de existencia de incendios forestales a nivel municipal (cantidad de incendios y causas de los mismos)
- Mapa vial

El estudio de la amenaza por incendios forestales se encuentra muy de moda en el mundo entero por dos razones específicas, la primera es el valor tan grande que tienen hoy en día los bosques como centro de equilibrio para la conservación y la conciencia global acerca del calentamiento global que ya no es una teoría y se ha convertido en una realidad que ha ocasionado un cambio climático mundial con lo cual se han llegado a tener inviernos más pronunciados y de la misma forma sequías más fuertes con temperaturas más altas, a continuación se presentan extractos de algunos documentos escritos en diferentes partes del mundo acerca del tema que demuestran la preocupación mundial acerca de los incendios forestales.

## 10.2.1 Uruguay



Ilustración 1 Sistema nacional de emergencias de Uruguay

Este tipo de desastre no ha tenido un alto nivel de ocurrencia en nuestro país, aun siendo los de mayor riesgo potencial, particularmente en épocas estivales, ya que la superficie forestada ha crecido considerablemente en los últimos años y los períodos relativamente largos de sequía, producto en parte del cambio climático, se han ido consolidando.

El Parque Nacional de Santa Teresa (departamento de Rocha) fue escenario en febrero de 1989 de un incendio de enormes proporciones, que pudo haber derivado en tragedia de no haber aplicado el Ejército (el parque depende de esa arma) un plan de contingencia que permitió evacuar con seguridad a varios miles de acampantes.

Por negligencia y malas prácticas, entre otras causales, es común que en cada verano miles de hectáreas sean arrasadas por el fuego. Las sequías, cada vez más habituales, han agravado el panorama.

A comienzos de 2005 se registraron incendios de grandes proporciones en el departamento de Rocha, uno en el balneario La Esmeralda (1.800 hectáreas) y otro en Punta del Diablo, que se extendió al Parque Nacional de Santa Teresa (casi 5.000 hectáreas). No hubo fallecidos, pero las pérdidas económicas fueron significativas. La colaboración de varios organismos estatales y el apoyo de voluntarios, bajo la responsabilidad y coordinación operativa de la Dirección Nacional de Bomberos, posibilitó una respuesta rápida y eficaz.

En diciembre de 2010 el SINAE lanzó el Plan Nacional de Prevención de Incendios Forestales. El dispositivo incluyó un fondo de gestión de riesgos costeros dotado de 1:500.000 dólares y destinado a una novedosa unidad de bomberos comunitarios y a adquirir nuevo equipamiento.

Ambas medidas se implementaron en el curso del verano 2010-2011. El Plan previó igualmente el reforzamiento de las sanciones a los responsables de los incendios.

En esta última temporada, a pesar de que las superficies quemadas fueron de una magnitud relativamente importante (equivalentes a unos 28 barrios de Montevideo, para manejar un dato), la estructura nacional del SINAE no debió ser puesta en funcionamiento.

### 10.2.2 USA

Estados Unidos cuenta con una robusta página en internet que mantiene reportes diarios de la actividad termica del suelo monitoreada con diversos dispositivos; desde seguimiento satelital a las anomalías térmicas hasta sensores en cambios de la visibilidad y calidad del aire, cuenta con apoyos de diversas páginas entre ellas MODIS que no solamente monitorean su territorio sino que prestan de manera gratuita el servicio a todo el mundo.



Figura 97. Servicio en internet de los incendios forestales en Estados Unidos.

La página ofrece diversos link, cursos, herramientas y una gran cantidad de datos interesantes..

### 10.2.3 Guatemala



Figura 98. Página de la oficina de reducción de desastres de Guatemala.

Este vínculo ofrece reportes diarios y sistemas de alerta para los diversos eventos que pueden afectar el territorio Guatemalteco, aunque no presenta estadística se convierte en uno de los tantos esfuerzos por mantener el monitoreo de todo su territorio.

#### 10.2.4 Chile

Debido a la condición chilena de ser un país con una vocación forestal muy amplia, el gobierno realiza esfuerzos permanentes en el monitoreo de este tipo de eventos y en la prevención de los mismos a través de la corporación nacional forestal, la cual lleva una estadística detallada de la ubicación e intensidad de todos los incendios que se presentan en el país y una ubicación de los mismos en tiempo real, además de la publicación de datos de manera permanente en su página web.



Figura 99. Pagina web de la corporación nacional forestal de Chile.

En esta página se encuentran datos estadísticos de la ocurrencia de incendios forestales desde 1964 hasta nuestros días con información de intensidad, ubicación espacial y cantidad de hectáreas afectadas.

## 10.2.5 Colombia



Figura 100. Página web del sistema de información ambiental para Colombia

El sistema de información ambiental para Colombia SIAC es un portal web que es administrado por el IDEAM y en el se encuentran los diferentes ítems de temas relacionados con el clima en el país, por ejemplo los boletines diarios de amenazas por inundaciones o incendios forestales, estos boletines son generados por medio de un sistema de información geográfica y son presentados por medio de mapas y se encuentran publicados en una página llamada [www.pronosticosyalertas.gov.co](http://www.pronosticosyalertas.gov.co).

Cabe aclarar que los informes presentado en esta página web son datos generados por un modelo de cálculo geográfico y lo que mapifican es la posible ocurrencia de un incendio forestal en algún sector específico del territorio del país no la ocurrencia real, estos informes son generados desde el mes de marzo del año 2010, por lo tanto se puede asegurar que en Colombia no se tienen estadística reales de la ocurrencia de incendios forestales

Existe otra página web que es la del fondo nacional para la atención y prevención de desastres, dentro de la cual se encuentran algunas noticias relacionadas con los incendios forestales pero se reafirma lo declarado en el párrafo anterior, no existen estadísticas acerca de la ocurrencia real de incendios forestales en el país.



Figura 101. Página del sistema nacional para la prevención y atención de desastres.