

**Análisis de Amenazas por incendios forestales en el Parque Nacional
Natural Paramillo**

Dayanis Patricia Benítez Flórez

**Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Especialista en Sistemas de Información Geográfica**

Análisis y Modelamiento Espacial

Grupo de Investigación y Desarrollo en Informática y Telecomunicaciones

Universidad de Manizales

Facultad de Ciencias e Ingeniería

Especialización en Sistemas de Información Geográfica

Manizales, 2023

Resumen

El presente trabajo tiene como principal objetivo generar la zonificación de Amenaza por incendios forestales a escala 1:25.000, en el Parque Nacional Natural Paramillo, tomando como referencia la metodología correspondiente al “protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal” por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM) en el año 2011, esta metodología incumbe la evaluación de cinco componentes susceptibilidad de la vegetación a incendios, los cuales son: factor relieve, accesibilidad, factor histórico y factor climático; a este último se incorporan tres variables adicionales: solana-umbría, brillo solar y dirección de vientos predominantes. La elaboración de esta investigación tiene una gran importancia, dado que, se va a poder identificar las posibilidades que tiene esta área protegida al ocasionarse un incendio forestal. De igual manera, se tendrá el mecanismo para la preparación, prevención y mitigación por este fenómeno. Para ello, se buscará implementar un sistema de información geográfica – SIG que permita el almacenamiento, procesamiento analítico y la visualización de resultados a nivel espacial.

Palabras clave: (Zonificación, Amenazas, Incendios, cobertura vegetal, SIG).

ABSTRACT

The main objective of this work is to generate the zoning of the threat of forest fires at a scale of 1:25,000, in the Paramillo National Natural Park, taking as a reference the methodology corresponding to the "protocol for the realization of zoning maps of fire risks of the vegetation cover" by the Institute of Hydrology, Meteorology and Environmental Studies of Colombia (IDEAM) in 2011, this methodology involves the evaluation of five components susceptibility of vegetation to fires, which are: relief factor, accessibility, historical factor and climatic factor; Three additional variables are incorporated into the latter: sunshine-shade, solar brightness and direction of prevailing winds. The elaboration of this investigation is of great importance, since it will be possible to identify the possibilities that this protected area has when a forest fire occurs. In the same way, there will be a mechanism for the preparation, prevention and mitigation of this phenomenon. For this, it will seek to implement a geographic information system - GIS that allows the storage, analytical processing and visualization of results at a spatial level.

Keywords: (Zoning, Threats, Vulnerability, Fires, vegetation cover, SIG).

CONTENIDO

	Pág.
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN Y SU JUSTIFICACIÓN	8
1.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA PROBLEMÁTICA.....	8
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	13
1.3 JUSTIFICACIÓN	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3. ANTECEDENTES	16
4. REFERENTE NORMATIVO Y LEGAL	19
5. REFERENTE TEÓRICO	21
6. METODOLOGÍA	24
6.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	24
6.2. TIPO DE ESTUDIO	24
6.3. PROCEDIMIENTO.....	24
7. DESARROLLO Y RESULTADOS DE LA METODOLOGÍA	29
7.1. DESCRIPCIÓN DE INSUMOS PARA GENERAR EL MAPA DE ZONIFICACIÓN DE AMENAZA A INCENDIOS FORESTALES EN EL PNN PARAMILLO	29
7.1.1 Jurisdicciones municipales del PNN Paramillo, IGAC.....	29
7.1.2 Infraestructura vial	30
7.1.3 Cobertura y uso de suelo	31
7.1.4 Pendiente (Topografía).....	34
7.1.5 Precipitación.....	35
7.1.6 Temperatura	36
7.1.7 Focos de calor o anomalías térmicas.....	37
7.2. PROCESAMIENTO DE LA METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA AMENAZA A INCENDIOS FORESTALES EN EL PNN PARAMILLO	38
7.2.1 SUSCEPTIBILIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL A LOS INCENDIOS.....	38
7.2.1.1 Susceptibilidad por tipo de combustible	39
7.2.1.2 Duración de combustible.....	42
7.2.1.3 Carga de combustible	44
7.2.1.4 Susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales en el PNN Paramillo.....	47

7.2.2 FACTORES CLIMÁTICOS	50
7.2.2.1 Temperatura	50
7.2.2.2 Precipitación.....	52
7.2.3 FACTOR RELIEVE	54
7.2.4 FACTOR ACCESIBILIDAD	55
7.2.5 FACTOR HISTÓRICO.....	57
7.3 AMENAZA POR INCENDIOS FORESTALES EN EL PARQUE NACIONAL NATURAL PARAMILLO	62
8. CONCLUSIONES	68
9. RECOMENDACIONES	70
10. REFERENCIAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1 Ubicación Parque Nacional Natural Paramillo (2021);	Error! Marcador no definido.	11
Figura 2 Modelo lógico de la metodología para la zonificación de amenaza por incendios.		27
Figura 3 Jurisdicciones municipales del PNN Paramillo, IGAC	Error! Marcador no definido.	30
Figura 4 Infraestructura Vial al interior del PNN Paramillo, IGAC, 2018...;	Error! Marcador no definido.	31
Figura 5 Cobertura y uso del suelo del PNN Paramillo, PNNC 2021		32
Figura 6 DEM ALOS PALSAR2 de la zona del PNN Paramillo.....;	Error! Marcador no definido.	34
Figura 7 Distribución de pendientes en el PNN Paramillo. ALOS PALSAR.		35
Figura 8 Precipitación en el PNN Paramillo, IDEAM 2010.....;	Error! Marcador no definido.	36
Figura 9 Temperatura en el PNN Paramillo, IDEAM 2010.		37
Figura 10 Focos de calos o anomalías térmicas en el PNN Paramillo y su zona aledaña, NASA 2012-2022	Error! Marcador no definido.	38
Figura 11 Susceptibilidad por tipo de combustible en el PNN Paramillo.		41
Figura 12 Susceptibilidad por duración del combustible en el PNN Paramillo	Error! Marcador no definido.	44
Figura 13 Susceptibilidad por carga de combustible en el PNN Paramillo.....		47
Figura 14 Susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales en el PNN Paramillo.....;	Error! Marcador no definido.	49
Figura 15 Amenaza por temperatura a incendios forestales en el PNN Paramillo.		51
Figura 16 Amenaza por precipitación a incendios forestales en el PNN Paramillo	Error! Marcador no definido.	53
Figura 17 Amenaza por relieve (Pendientes) a incendios forestales en el PNN Paramillo.		54
Figura 18 Amenaza accesibilidad a incendios forestales en el PNN Paramillo	Error! Marcador no definido.	56
Figura 19 Frecuencia de incendios forestales en el PNN Paramillo.		58
Figura 20 Registro de Focos de calor año 2012 -2022, en los municipios con jurisdicción del PNN Paramillo	Error! Marcador no definido.	60
Figura 21 Densidad de focos de calor al interior del PNN Paramillo.....		61
Figura 22 Amenaza por incendios forestales en el Parque Nacional Natural Paramillo	Error! Marcador no definido.	66

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Cobertura y uso de suelo PNN Paramillo, PNNC 2021.	33
Tabla 2 Tipo de combustible predominante según la cobertura vegetal.....	39
Tabla 3 Calificación de la cobertura por el tipo de combustible.....	40
Tabla 4 Duración de combustible según la cobertura vegetal	42
Tabla 5 Calificación de la cobertura por la duración del combustible.....	43
Tabla 6 Carga del combustible según la cobertura vegetal.....	45
Tabla 7 Calificación de la cobertura por la carga de combustible	46
Tabla 8 Calificación de la susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales	49
Tabla 9 Calificación factor temperatura.....	50
Tabla 10 Calificación factor precipitación.....	52
Tabla 11 Calificación factor pendiente.....	53
Tabla 12 Calificación por factor accesibilidad	55
Tabla 13 Calificación factor histórico.....	57
Tabla 14 Registro de Focos de calor año 2012 -2022, en los municipios con jurisdicción del PNN Paramillo	59
Tabla 15 Calificación amenaza por incendios forestales en el PNN Paramillo.....	62
Tabla 16 Calificación de la amenaza a incendios forestales por municipio en el PNNP.....	64

1. Planteamiento del problema de investigación y su justificación

1.1 Descripción del área problemática

Castillo, Pedernera y Peña (2003) anotan en el contexto global, que desde 1970 se ha observado la mayor tasa de destrucción de los ecosistemas tropicales producto de los incendios, esto se da a causa de la tala de bosques y de la utilización del fuego para la adecuación de terrenos para usos agrícolas y pecuarias. La situación se agrava en los ecosistemas forestales cuya tasa de deforestación se eleva a una tasa anual promedio de 11,2 millones de hectáreas, correspondiente a 20 hectáreas por minuto. Es así, que tal estimación deja ver la tendencia hacia la desaparición de los bosques en un tiempo aproximado a los 50 años.

Los autores Castillo, Pedernera y Peña (2003) anotan lo siguiente:

El fuego es un regulador natural de algunos ecosistemas, por lo cual la ocurrencia de incendios forestales en muchas partes del mundo responde a comportamientos climáticos y a la susceptibilidad natural o adaptación de la vegetación a la ignición y la inflamabilidad, especialmente en períodos de sequedad. Las tormentas eléctricas y erupciones volcánicas son las causas naturales más frecuentes por las cuales el fuego se hace presente (p.1).

Los regímenes de fuego histórico traen consecuencias negativas para la biodiversidad, denominándose perturbaciones, según precisa Pausas (2020). Particularmente en el Parque Nacional de Yellowstone (oeste de los EEUU), -más antiguo del mundo, creado en 1872, y una de las reservas internacionales de la Biósfera y Patrimonio Mundial de la Unesco-, ha sufrido varios incendios forestales los cuales afectaron más de 500.000 hectáreas (Pausas, 2020). Los registros históricos evidencian la recuperación de los bosques en un estado similar al anterior, en un período de diez años.

Nuevamente Pausa (2020) afirma que en la Tierra existen puntos calientes de biodiversidad donde hay ecosistemas tropicales y algunos de montaña. La mayor parte de los incendios forestales se ocasionan en la Cuenca Mediterránea, California, sur de Australia, sur de África.

Según la Oficina de Asistencia para Desastres en América Latina y el Caribe (USAID, 2001), los incendios forestales son fuegos en bosques naturales o plantados producidos por la acción del ser humano o causados por la naturaleza, y que avanzan sin ningún control, ocasionando impactos que van desde daños en los recursos suelo, agua, ecológicos, climáticos, económicos, sociales y culturales. Este tipo de emergencia genera afectaciones ambientales de difícil cuantificación, que incrementan con las prácticas culturales incorrectas que han pasado de generación en generación, por ejemplo, con la realización de las llamadas quemadas controladas, las cuales fácilmente pueden perder su control y dar paso a un incendio forestal.

Para Colombia, en relación a la información disponible, se estima que gran porcentaje de la totalidad de los incendios forestales tienen origen antrópico, incluyendo los generados con fines de ampliación de las fronteras agrícolas, como los causados por negligencia cuando no se toman las precauciones necesarias en actividades de quemadas agrícolas o por descuido a raíz de fogatas, fumadores y actividades que involucran la quema de pólvora y cacería de animales. También se incluyen los incendios forestales generados de manera accidental a partir de la caída de redes eléctricas sobre la vegetación y atentados terroristas (Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático [IDIGER], s.f.).

Colombia es un país económicamente desarrollado basado principalmente en el uso de recursos naturales, aunque muy rico en este tipo de recursos, la explotación inadecuada de estos ha creado una degradación diaria principalmente en la calidad de vida. En el año 2016, se identificó 72.416 hectáreas (ha) de bosque afectadas por incendios asociados a deforestación. La ocurrencia de los incendios forestales es una situación multicausal, son altamente dinámicos en el tiempo, el espacio y generador de impactos sobre el medio natural y social. En este sentido, es importante mencionar que, al menos el 95% de los eventos reportados en Colombia son causados por el ser humano. (IDEAM, 2017).

Aguilera et al (2009) en su trabajo “Distribución geográfica y temporal de incendios en Colombia utilizando datos de anomalías térmicas” sustenta que los porcentajes de focos de calor

detectados, menos del 10 % ocurren dentro Áreas Protegidas (3.3%), como lo es el caso del Parque Nacional Natural Paramillo y que el porcentaje más elevado, como era de esperar, del 90.5% ocurren en el resto del país, sin embargo, esto no excluye que en algún momento el parque el Paramillo se vea afectado por este tipo de fenómeno.

Así mismo, los departamentos de Córdoba y de Antioquia son muy vulnerables a los efectos del cambio climático, debido a la alta sensibilidad y la baja adaptabilidad de los socioecosistemas del territorio, por ejemplo, a escala interanual la variabilidad climática de la época seca y lluviosa en Colombia y por tanto en Córdoba y Antioquia, están controladas principalmente por el evento El Niño, éste se define como un patrón climático recurrente que implica cambios en la temperatura de las aguas en la parte central y oriental del Pacífico tropical.

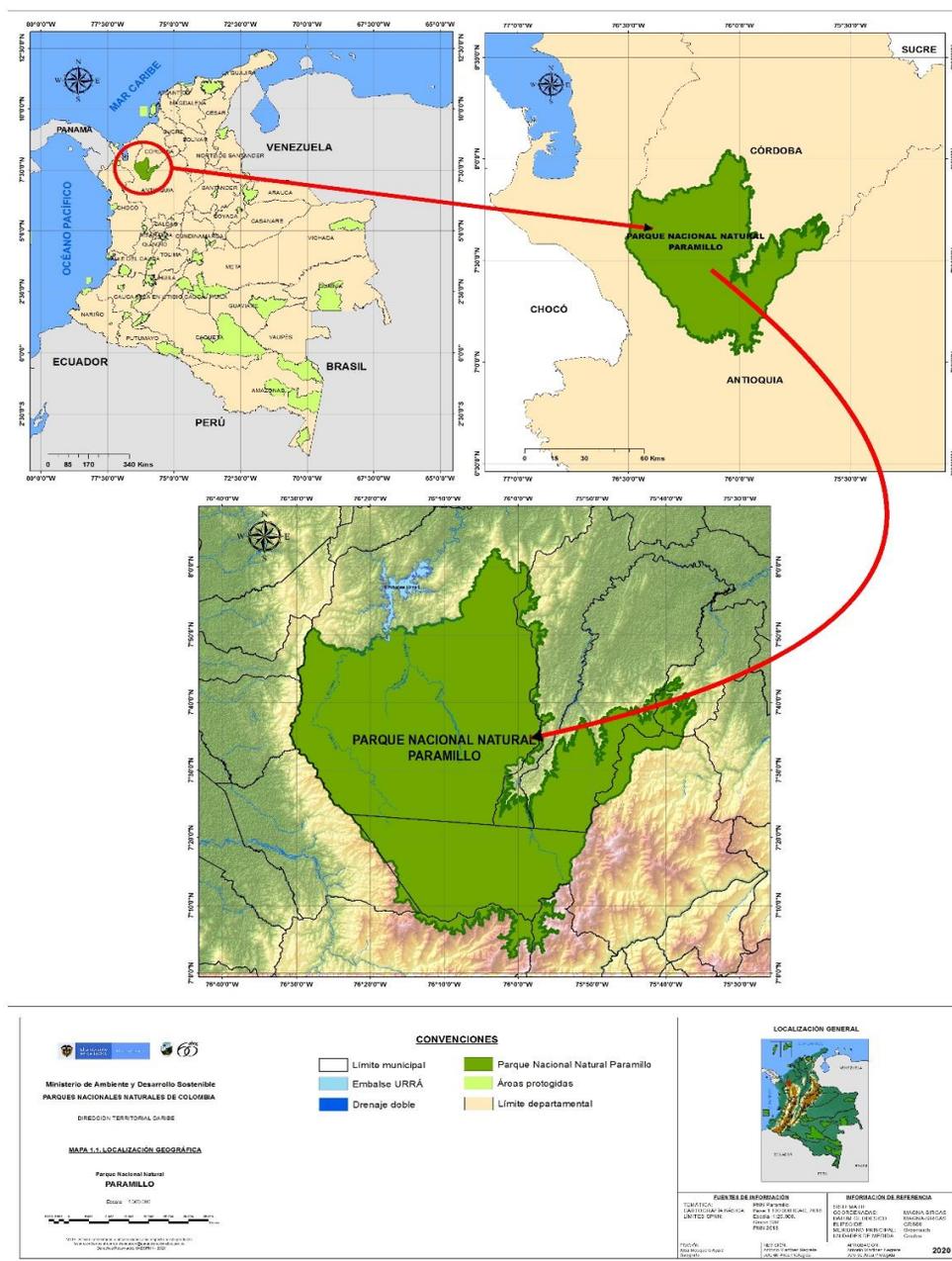
La Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS (2019), arguye que el fenómeno del Niño lo provoca el aumento de la temperatura del ambiente y la disminución de lluvias en el primer trimestre de cada año y como consecuencia genera una disminución de los niveles de los ríos y un incremento acelerado de las alertas rojas por incendios forestales.

Por su parte, la Unidad Administrativa Especial Parques Nacionales Naturales de Colombia (UAESPNN), en proceso de actualización del Plan de Manejo (2016) indica que el Parque Nacional Natural Paramillo hace parte de las 62 áreas protegidas de Colombia y es la décima más grande del país, representando el 4% del territorio nacional. Es considerado como una región estratégica que cuenta con una extensión de 504.643 hectáreas, localizado en el extremo norte de la Cordillera Occidental de los Andes colombianos. De acuerdo con la resolución que declara al Parque Nacional Natural Paramillo y según indican los límites departamentales oficiales que ofrece el IGAC, se estima que un 72,88% del área protegida está en jurisdicción del departamento de Córdoba con jurisdicción en los municipios de Tierralta, Montelíbano, Puerto Libertador, San José de Uré y el 27,12% en Antioquia en los municipios de Ituango, Peque, Dabeiba, Mutatá, Chigorodó y Carepa (UAESPNN, 2016). Ver figura 1.

En el Parque Nacional Natural Paramillo (PNNP) se protege los ecosistemas naturales del Alto Nudo del Paramillo y gran parte de las estribaciones de las serranías de Abibe, San Jerónimo

y Ayapel, en el que se conservan ecosistemas de gran importancia como la selva húmeda tropical, planos inundables, bosques andinos y subandinos. De igual manera, cuenta con humedales y páramos que se distribuyen en pisos altitudinales que oscilan entre los 125 M.S.N.M en su parte norte hasta los 3.960 M.S.N.M en el sur.

Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Natural Paramillo



Fuente: Parque Nacional Paramillo (2021).

Cabe decir que, en el segundo trimestre de 2018, la deforestación se focalizó al sur del departamento de Córdoba, en proximidad al Parque Nacional Natural Paramillo, más específicamente en el municipio de Chigorodó, sobre los ríos Guapa y León, según la noticia de Moreno (2018), reporte registrado en el boletín número 15 del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

Así las cosas, “(...) Se identifican actividades agrícolas de uso lícito e ilícito que promueven la ampliación de la frontera agrícola. Estas actividades son dinamizadas a través de los incendios provocados. Por último, la extracción de madera para el uso local y comercial. Se presume que la mayoría de actividades que afectan los bosques son promovidas por grupos armados”, advierte el informe” (Moreno, 28 de agosto de 2018).

Es importante reconocer que el área protegida (AP) ha presentado en la última década la pérdida de aproximadamente el 10% de su cobertura vegetal natural, siendo el área protegida del SPNN con el mayor índice de deforestación, situación que está evidentemente relacionada con la ocupación de grupos humanos representados en veintitrés sectores de ocupación campesina, el cual se sintetiza en una cifra cercana a las 2.223 familias campesinas que han colonizado el AP, afectando un área aproximadamente de 92.000 hectáreas, lo que corresponde el 20% del Parque. Para ello, se han creado vías de acceso terrestre secundarias y terciarias (caminos, carretables y senderos) y existen tres territorios indígenas de la etnia Emberá Katío traslapados en un 24% del área protegida. Las principales presiones en el área protegida son la tala selectiva, cacería, ganadería, agricultura, establecimiento de cultivos de uso ilícito y minería, todas estas presiones causadas principalmente por la ocupación campesina.

Estas comunidades campesinas hacen un uso del territorio desarrollando actividades de tumba, quema, para el establecimiento de cultivos de pan coger y posteriormente establecimiento de pastos para introducir vacunos. De igual manera, para el establecimiento de cultivos de uso ilícito, las actividades mencionadas anteriormente están asociadas a las formas de colonización del PNN Paramillo, actividades que actúan como ejes de la economía inicial y permiten darle sostenibilidad económica al proceso de colonización espontánea.

Por otro lado, la población indígena está constituida por familias de la etnia Emberá-Katíos y Emberá Chamí, las cuales están agrupadas por comunidades, que se localizan a lo largo de los cauces de los principales ríos, Verde, Sinú y Esmeralda. Éstas hacen uso del territorio, de manera que explotan chagras o áreas donde cultivan en sistemas tradicionales (tumba y quema), cultivando así: arroz, maíz, yuca. En este caso, el PNN Paramillo presenta incendios controlados al igual que en su zona aledaña, con una frecuencia de ocurrencia. De igual manera, han tenido una tradición de explotación del recurso forestal, el cual ha trascendido hasta hoy y se considera que son uno de los mayores depredadores del recurso al interior del AP, dado que en los últimos 20 años recibían un pago bimensual por la licencia de construcción y compensación de Urrá, y hoy, al no tenerlo están en la búsqueda de recursos para sostener a sus familias.

1.2 Formulación del problema

Debido a la riqueza ecosistémica que alberga la biodiversidad del PNN Paramillo, se presentan amenazas ocasionadas por la ocurrencia de los incendios forestales, ésto lo origina la actividad antrópica (expansión agrícola y pecuaria, cultivos de uso ilícito), debido a que producen quemas controladas que vuelven susceptibles a la cobertura vegetal. Los factores climáticos, el relieve, la accesibilidad a la zona (vías secundarias y terciarias) y los factores históricos inciden en los niveles de amenaza.

¿Cuáles son las zonas de amenaza por la ocurrencia de los incendios forestales en el Parque Nacional Natural Paramillo según sus niveles y factores asociados con base en la aplicación de los sistemas de información geográfica?

1.3 Justificación

Se puede decir que los incendios forestales pueden constituir uno de los factores de degradación más graves del patrimonio ambiental y una amenaza para bienes materiales e incluso vidas humanas, en especial cuando se convierten en grandes incendios. Sus repercusiones pueden ser más devastadoras cuando afectan a las Áreas Naturales Protegidas (AP), al ser éstos los lugares albergues de los mayores valores naturales y culturales del país (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación; Gobierno de España Sf).

Dado lo anterior, esta investigación surge de la necesidad de fortalecer el conocimiento en la lucha contra los efectos negativos del fuego, especialmente en área ecosistémicas de gran importancia ambiental y cultural, como lo es el Parque Nacional Natural Paramillo, con el fin de evitar que se ocasione o en el caso de que tenga lugar, tratar de controlarlo y así poder reducir al mínimo las pérdidas ambientales y humanas que habitan el PNNP; es por ello que sería de gran importancia dado que este análisis brindaría una zonificación acertada teniendo en cuenta todos los parámetros para poder establecer, en cierto modo, un esquema el cual va a ser de gran utilidad para el PNNP en su gestión, también a los organismos gubernamentales en las diversas estrategias de protección y prevención de riesgos de incendios en la región, a las alcaldías municipales, dado que gran porción de sus territorios se encuentran traslapados por el PNNP.

En la actualidad existe personal capacitado para control y el manejo del fuego, sin embargo, conocer las áreas propensas o con mayor riesgo a presentar incendios en la cobertura terrestre, será de vital importancia, ya que, se podrá actuar de manera anticipada sobre el medio, de este modo la prevención y la zonificación de amenaza por incendio forestal juega un papel fundamental. ICONA (1983-1985), de todo ello se deriva la necesidad de emplear un sistema de información geográfica que permita la consulta de los niveles de amenaza (climáticos, históricos, de relieve, accesibilidad a la zona) a los incendios forestales (poblacional, patrimonial, económica, infraestructura y territorial), de la interacción de los factores implicados para tener un conocimiento espacial de las áreas susceptibles a incendios, con el propósito de identificar las zonas que signifiquen algún grado de amenaza y así apoyar en la atención, articulación y planeación de proyectos para poder mitigar estos efectos.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Analizar las Amenazas por incendios forestales en el Parque Nacional Natural Paramillo, según sus niveles y factores asociados, mediante el uso de sistemas de información geográfica para la toma de decisiones en la gestión del PNN Paramillo.

2.2. Objetivos específicos

- Identificar los principales factores e información para la determinación de la amenaza a incendios forestales
- Describir la distribución de los focos de calor en el Parque Nacional Natural Paramillo en un periodo de 10 años.
- Identificar la zonificación de amenazas de incendios de acuerdo a la interacción de los factores climáticos, históricos, de relieve y accesibilidad a la zona .

3. Antecedentes

En el tema de investigación son diversos los avances y estudios realizados para controlar y prevenir incendios forestales, para ello cada año los diferentes organismos de control en todo mundo competentes en el tema, generan cartografía precisa de las zonas más vulnerables a la presencia de estos episodios. A nivel global Chuvieco et al. (2014) diseñaron un mapa de vulnerabilidad por el fuego que evalúa el daño de los incendios forestales a los ecosistemas del mundo. Para ello, consideraron tres componentes de la vulnerabilidad, los cuáles fueron: la provisión de servicios ecosistémicos, la riqueza y la fragilidad ecológica y el valor de las casas en la interfaz urbano-forestal, con el fin de estimar los valores ecológicos a partir de la relevancia de la biodiversidad, el estado de conservación y la fragmentación.

El retraso de la regeneración ecológica se estimó a partir de la adaptación a los incendios y el potencial de erosión del suelo. Para evaluar el valor de las casas se tuvo en cuenta los precios de mercado de bienes raíces y terrenos por cada país, el nivel de desarrollo económico y la densidad poblacional. En el resultado obtenido con este estudio, se encontró que las áreas más vulnerables son los bosques tropicales de la cuenca del Amazonas, África central y el sudeste asiático; los bosques templada de Europa, América del Sur y el noreste de América, y los corredores ecológicos de América Central y del sudeste asiático. Como tesis de grado doctoral en la Universidad politécnica de Madrid, Vicente y López, Francisco Javier de (2012), en el que diseñaron un modelo de riesgo integral de incendios forestales mediante técnicas multicriterio y su automatización en sistemas de información geográfica, aplicado en la Comunidad Valenciana.

Vargas y Campos (2018) realizaron un estudio en el Área de Conservación Guanacaste en Costa Rica, cuyo propósito fue el de implementar un modelo de vulnerabilidad a incendios forestales que permitiera identificar áreas prioritarias para el control del fuego. El modelo fue diseñado, de manera que, integrara componentes ecológicos como calidad visual y biodiversidad, y componentes socioeconómicos como infraestructura y servicios ecosistémicos presentes en el área de estudio. Teniendo como resultados del análisis, se pudo encontrar que en las áreas más vulnerables a incendios forestales existe un sin número de especies de alto valor ecológico y mayor desarrollo de servicios ecosistémicos en el área de conservación Guanacaste en Costa Rica.

Por su parte, Guzmán y Rodríguez (2008) diseñaron un modelo espacial para evaluar el riesgo y la vulnerabilidad a incendios forestales en un área protegida, el cual es el Parque Nacional Tunari en el departamento de Cochabamba, Bolivia. Utilizaron el método de Análisis Espacial Multicriterio y la estructura del índice de peligro de incendios forestales, en el que incluyeron tres componentes: combustibles forestales que tienen una alta o baja densidad de cobertura; componente meteorológico, que se estructuraron con la integración de la temperatura superficial, la precipitación total mensual y vientos predominantes, de igual manera le incluyeron el componente de causa derivado de la evaluación de elementos socioculturales y de uso del suelo. Tuvieron como resultado que los valores finales del índice de riesgo y vulnerabilidad mantienen un buen nivel de correlación entre dicho índice y los incendios que se producen por el aumento de vientos y por la época seca se le suma las prácticas agrícolas de los campesinos como lo son las quemadas controladas.

En el ámbito Nacional se han realizado diversos estudios, aplicando sistemas de información geográfica en lo correspondiente a los incendios forestales, tal es el caso de (Ossa, 2013), el cual realiza la estructuración y montaje de un sistema de información geo-referenciada como instrumento de apoyo para la formulación y puesta en marcha del programa regional para la prevención y mitigación de incendios forestales en Caldas, este trabajo comprende a los municipios de Manizales, Villamaría y Neira, donde se localiza la Zona con función Amortiguadora o área aledaña del Parque Nacional Natural de los Nevados. Para el desarrollo del trabajo se emplearon herramientas de los sistemas de información geográfica, que comprendía la parte forestal, ya que cuentan con las herramientas necesarias para manejar la información geográfica de una manera fácil y confiable; también, se dispuso de una metodología propuesta por el Ministerio del Medio Ambiente, la cual sirvió como retroalimentación de una matriz que comprende todas las variables utilizadas en el trabajo.

En el trabajo de investigación (Forero, 2016) “Identificación del Riesgo por Incendios Forestales en el Municipio de Villa de Leyva, Boyacá a Través de un Sistema de Información Geográfica y Percepción Remota como Complemento al Plan de Atención y Prevención de Desastres y Gestión del Riesgo Municipal”, en el cual el resultado se genera a partir de la integración y ponderación de factores de análisis espaciales asociados a vulnerabilidades y amenazas de acuerdo a la metodología establecida en el “Protocolo para la realización de mapas

de zonificación de riesgos a incendios forestales de la cobertura vegetal Escala 1:100000” elaborado por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia – IDEAM.

En este mismo año, El documento “Zonificación de amenazas por incendios forestales en el sector rural del municipio de Tota Boyacá con el empleo de SIG” realizado por Arias (2016), que especifica “Su objetivo se centra en producir un mapa de amenazas por incendios forestales en el sector rural del municipio de Tota, mediante la implementación de una nueva propuesta metodológica con el empleo de SIG”. Adicionalmente, se relaciona estudios que han utilizado de base dicha metodología, sumado a la implementación de un Sistema de Información Geográfica S.I.G. “Zonificación de Riesgos a incendios forestales en la cuenca del Río Coello en el Departamento del Tolima” (Mejía Quesada, 2017). Este estudio se enfoca en evaluar la amenaza, susceptibilidad, vulnerabilidad histórica, territorial y ecosistémica de la cuenca del río Coello ante los incendios forestales definiendo las áreas de mayor riesgo, cuantificándolas y reportándolas.

Se realizó el mapa de Riesgo por Incendios Forestales en el Departamento del Cesar realizado por Corporación Autónoma Regional del Cesar [CORPOCESAR], 2011, este proyecto tuvo como objetivo central obtener la zonificación de la amenaza por ocurrencia de incendios forestales en jurisdicción de CORPOCESAR, en que se evaluó la amenaza y vulnerabilidad ocasionada por estas conflagraciones, con el fin de obtener mediante la ponderación de estas dos variables el riesgo total a estos eventos, en que se tuvo como resultado el mapa de zonificación del territorio en unidades homogéneas.

Por otro lado, en el proyecto de grado en la universidad Francisco De Paula Santander Ocaña, Herrera (2016), realiza la determinación de zonas de riesgo por incendios forestales en el área de distribución del bosque seco tropical, en el municipio de Ocaña - Norte de Santander. para ello, se emplearon como principales herramientas, las tecnologías de la información geográfica, para la gestión de datos e información necesaria, que permitió implementar un protocolo diseñado por el instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) en el año 2011, que se basa en el análisis previo de amenaza y vulnerabilidad para posteriormente obtener las zonas de riesgo.

4. Referente normativo y legal

Teniendo en cuenta lo dispuesto en la constitución política de Colombia, se han reglamentado diferentes políticas y normas que permiten fijar criterios y orientar una atención ideal para evitar desastres o acontecimientos que afecten la biodiversidad del país, en la que no solo los funcionarios del sector público deben acatar y cumplir sino, también, la misma comunidad tanto campesinas como indígenas del país, para poder tener un adecuado seguimiento y evaluación ante los factores de riesgo que se lleguen a presentar.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MAVD en conjunto con la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres – UNGRD, han trabajado en conjunto desde el año 1991 con la institución vigente a esa época, el Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente – IDERENA4 y posteriormente con el MAVD en el marco del Decreto 919 de 1989 y actualmente, bajo la Ley 1523 de 2012 mediante la Comisión Asesora para la Prevención y Mitigación de los Incendios Forestales integrando actores municipales, departamentales y regionales que aporten, de acuerdo a su ámbito de estudio y profesión, soluciones acordes establecidas de acuerdo a las siguientes reglamentaciones:

Ley 3572 de 2011: Se crea la Unidad Administrativa Especial Parques Nacionales Naturales de Colombia

Normatividad Descripción Ley 2 de 1959: Se reglamentan reservas forestales junto a la protección de suelos y agua

Ley 2811 de 1974: Se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente

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 de Desastres

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. Crea las CAR

Ley 115 de 1994: Ley general de educación, adquisición de conciencia para la conservación, protección y mejoramiento del medio ambiente y prevención de desastres

Documento CONPES 2384 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 mitigación de Incendios Forestales en el nivel nacional, regional y local, y asignación de funciones y responsabilidades

Decreto 93 de 1998: Plan Nacional para la Atención y Prevención de Desastres

Documento CONPES 3125 de – 2001: Plan Nacional de Desarrollo Forestal

En el Subprograma “Protección en Incendios Forestales” se estableció 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 implementa mecanismos y sistemas de detección y monitoreo de Incendios Forestales.

5. Referente teórico

El IDEAM (2011), a través de una consultoría con el biólogo Gabriel Páramo, se estableció el protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal a escala 1:100.000, se hizo con el fin de poder ser aplicado por los entes regionales y locales encargados de la gestión del riesgo en Colombia como lo son las Corporaciones Autónomas Regionales CAR, Gobernaciones, Municipios y Áreas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales – UAESPNN, y así poder brindar un marco de referencia que permita realizar análisis estandarizados y resultados comparables entre sí. El protocolo se estructura en forma de fichas metodológicas, que corresponden a cada etapa o fase que es necesario seguir. Se requiere que para una mayor facilidad de aplicación se utilice como herramienta de modelamiento espacial un sistema de información geográfica o SIG.

El Protocolo desde el año 2011 se constituye en el documento oficial para la determinación de áreas de riesgo por incendios forestales en Colombia, el cual permite identificar escenarios de amenaza de una manera detallada a partir de la información suministrada por las diferentes entidades oficiales a nivel nacional y regional, integrando un estudio más detallado, siguiendo lineamientos internacionales y nacionales de acuerdo con la legislación establecida para tal fin.

Este proyecto corresponde a una investigación aplicada, mediante la implementación de la metodología estandarizada establecida por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), en el año 2011, que tiene como eje principal el Parque Nacional Natural Paramillo y su área de influencia. Es preciso mencionar que esta metodología se adapta a la escala de trabajo, utilizando los insumos a escala 1:25.000 y fundamentando en el modelo metodológico, el modelo metodológico parte del reconocimiento de 4 principales variables explicativas tales como: La susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales, factores climáticos, factor relieve y la accesibilidad vial.

A continuación se realiza una breve ilustración de los términos utilizados en dicho proyecto:

Incendio de la cobertura vegetal: Se define como el fuego que se propaga, sin control sobre la cobertura vegetal, cuya quema no estaba prevista. (IDEAM, 2011)

Amenaza: Peligro latente que representa la posible manifestación de un fenómeno particular (en este caso un incendio de la cobertura vegetal), de origen natural, socio-natural o antropogénico, en un territorio particular, que puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes, los servicios y el ambiente (IDEAM, 2011).

Susceptibilidad de la vegetación frente a los incendios de la cobertura vegetal: Características intrínsecas de la vegetación y los ecosistemas (carga de combustibles, disposición y combustibilidad), que le brindan cierto grado de probabilidad de incendiarse, propagar y mantener el fuego. Hace parte de la amenaza. (IDEAM, 2011)

Amenaza por Incendio Forestal: Es un factor de riesgo sobre un elemento o grupo de elementos expuestos (vegetación), que se expresa como la probabilidad de que un evento (incendio) se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un tiempo definido. (IDEAM, 2011).

Sistema de Información Geográfica (SIG): Es un conjunto de hardware, software, datos y personas, que mediante procesos orientados facilitan la manipulación, análisis, modelado y representación de información geográficamente referenciada, para dar solución a problemas de planificación y gestión. Un SIG permite interactuar con dicha información para lograr objetivos concretos (Beltrán, 2013).

Un SIG analiza la ubicación espacial y organiza la información visualizándolas mediante capas y escenas 3D, con estas capacidades se pueden revelar información más profunda sobre los datos, como patrones, relaciones y situaciones que sirven de ayuda a los usuarios en la toma de decisiones (Esri, 2019).

El SIG permite encontrar información geográfica organizada, a través de identificadores asociados a los objetos gráficos de un mapa digital, señalando un objeto para conocer sus atributos o preguntando por un registro en la BBDD para conocer su localización en la cartografía (Valdiviezo Castro, 2019).

Componentes de un Sistema de Información Geográfica: Según Olaya (2014) un Sistema de Información Geográfica tiene los siguientes componentes:

Datos: Son la materia prima para el desarrollo de un SIG, contiene la información geográfica.

Métodos: Conjunto de metodologías y formulaciones que se aplican sobre los datos.

Hardware: Equipo para ejecutar el software.

Personas: Se encargan de diseñar y utilizar el software.

Software: Aplicación informática que trabaja con los datos e implementa métodos. Asqui Poma (2015) manifiesta que el software es la parte medular porque gestiona las funciones, herramientas, procesos y visualización de los entes geográficos.

Por su parte Hernández Yoc (2014) indica que el software se compone de los siguientes elementos:

- Herramientas para la entrada y manipulación de información geográfica.
- Un Sistema Manejador de Base de Datos.
- Herramientas de búsqueda, análisis y visualización geográfica.
- Una interfaz gráfica de usuario (GUI) para el fácil acceso a sus herramientas.

Base de datos – BD: E un almacén de datos relacionados con diferentes formas de organización, representan aspectos del mundo real que son de interés de los usuarios, son almacenados para un propósito específico; esta organización permite que un programa del ordenador seleccione los datos rápidamente para que puedan ser recobrados, actualizados, insertados o borrados (Gutiérrez, 2009).

En la actualidad es muy importante almacenar los datos espaciales en un SIG mediante una geodatabase, con la finalidad de que la información sea masiva y ayude en la toma de decisiones. Una geodatabase permite escalar en tamaño y operatividad, su mecanismo de almacenamiento es por medio de tablas en un disco del servidor (Asqui Poma, 2015).

6. Metodología

6.1. Enfoque metodológico

Cuantitativo con aplicación de los sistemas de información geográfica que integra variables: La susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales, factores climáticos, factor relieve y la accesibilidad vial.

6.2. Tipo de estudio

El tipo de estudio considerado en esta investigación es aplicado, mediante la utilización de técnicas de análisis espacial que se espera tener como fundamento conocer y caracterizar los factores que influyen o condicionan el desarrollo de un incendio. Así mismo, las fuentes consultadas fueron de tipo documental, ya que no se realizó trabajo de campo ni se manipularon variables obtenidas de bases de datos primarias.

6.3. Procedimiento

Teniendo en cuenta la necesidad de generar un mapa de amenaza, como insumo para la prevención de incendios forestales o para la planificación en el control de posibles incendios en el Parque Nacional Natural Paramillo, para lo cual se adoptará el Protocolo propuesto por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia para la Realización de Mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal.

El protocolo utiliza parámetros climáticos en condiciones normales, mitigación, accesibilidad, sensibilidad de la vegetación y sucesos históricos como variables para determinar el nivel de riesgo de incendios forestales en el área. Por lo tanto, es necesario recopilar la información cartográfica necesaria con anticipación.

A continuación se detallará por actividades la consecución de cada objetivo planteado a desarrollar en la investigación:

Fase 1: Identificar los principales factores e información para la determinación de la amenaza a incendios forestales.

Actividad 1: El principal insumo para la definición de la metodología, como ya se ha mencionado anteriormente, es el protocolo del IDEAM que está destinado a la realización del mapeo de zonas de amenaza a incendios, y así llevar a cabo la zonificación. Ahora bien, se necesita realizar la respectiva recopilación de la información, utilizando los diferentes geoportales de las diferentes instituciones del país, donde se podrá realizar las descargas de la información en formato Shape de las capas a utilizar, para dicho recopilación se hará uso de: el Sistema de Información Ambiental Colombiano (SIAC), Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), portal de Datos Abiertos del Gobierno Nacional, NASA (FIRMS) Fire information for resource management system, entre otros.

En esta etapa se busca ponerse en contexto con la metodología y el alcance del proyecto identificando la calidad de la información disponible, así como el manejo del software en este caso ArcGIS 10.8. Es de resaltar que la capa de cobertura vegetales es un insumo fundamental con el que ya se cuenta para el PNNP año 2021, la cual fue generada a escala 1:25000 teniendo como referencia las clasificaciones y definiciones de la “Metodología CORINE Land Cover Adaptada para Colombia, escala 1:100.000.

Actividad 2: Teniendo en cuenta el modelo lógico de la metodología para la zonificación de amenaza por incendios de la cobertura vegetal, se define los procesos y las herramientas útiles para llevar a cabo los análisis, así mismo se crea una geodatabase temática. Con lo anterior se permitirá capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar de forma integral los datos de trabajo.

Fase 3: Describir la distribución de los focos de calor en el Parque Nacional Natural Paramillo en un periodo de 10 años mediante la implementación de un Sistema de Información Geográfica como base inicial en la identificación de las amenazas.

Actividad 1: Descargar la información estadística georreferenciada sobre incendios forestales generada a partir de información satelital NASA (FIRMS) Fire information for resource management system, en el periodo 2012 – 2022

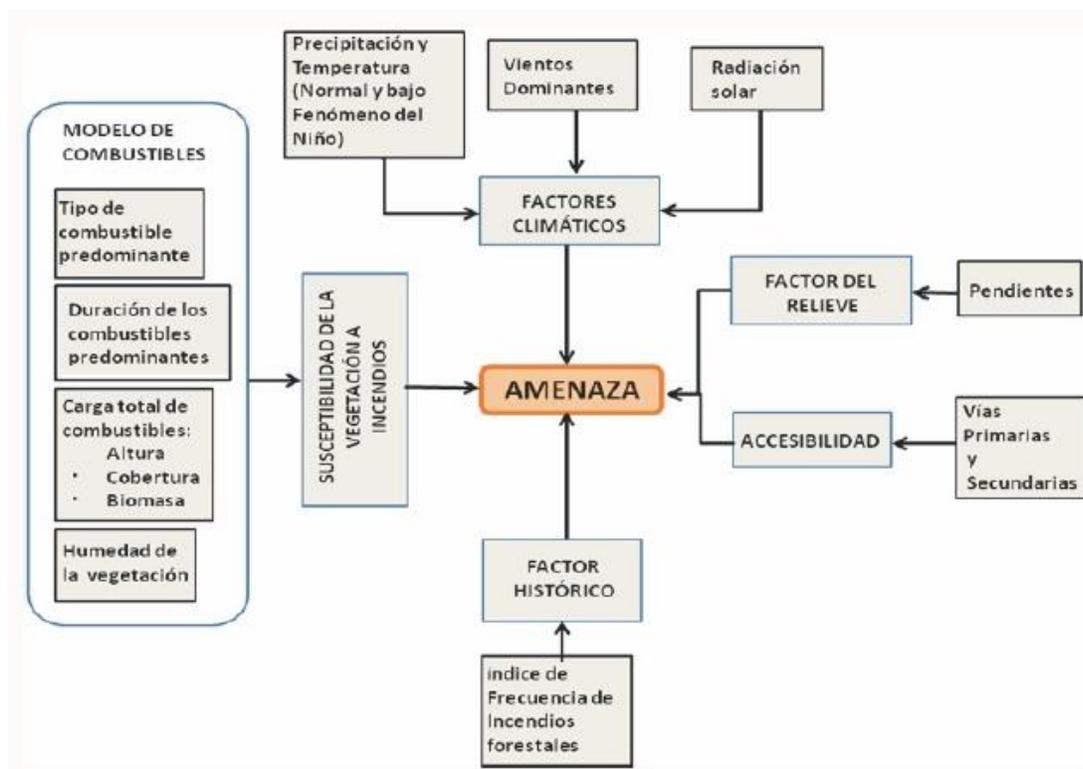
Actividad 2: Se procederá a realizar los diferentes cruces de la información con las capas que se tienen del PNNP como los son: Límites de los sectores de ocupación campesina, Límite de los resguardos indígenas que se traslapan con el Parque, con el fin de determinar la distribución que se tiene tanto espacial como temporalmente y las afectaciones que estas han tenido en el territorio.

Fase 4: Identificar la zonificación de amenazas de incendios de acuerdo a la interacción de los factores climáticos, históricos, de relieve y accesibilidad a la zona mediante los sistemas de información geográfica.

A través de las herramientas de SIG, se aplicará la metodología establecida en el protocolo IDEAM, que se basa en el uso de la información de factores climáticos, factores de relieve, factores de accesibilidad, factor histórico y la susceptibilidad de la vegetación a incendios, para establecer el grado de amenaza a incendios forestales al que está expuesto el Parque las comunidades al interior de está.

En la siguiente ilustración (figura 3) se presenta el proceso que se debe seguir en la metodología para obtener como producto final zonificación por amenaza, junto con los factores que se deben tener en cuenta para su desarrollo.

Figura 2. Modelo lógico de la metodología para la zonificación de amenaza por incendios



Fuente: Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal. IDEAM

Actividad 1: Para el tema de susceptibilidad de la vegetación a incendios se tomará una capa de cobertura 1:25.000 generada por Parques Nacionales Naturales de Colombia, luego se hará la reclasificación y se le asignaran valores entre 1 y 5, de acuerdo al tipo de cobertura y la capacidad de combustión que tienen estos. Teniendo en cuenta este paso se efectuará el mismo proceso para obtener las cuatro variables que determinan la capa de susceptibilidad de la vegetación a incendios.

Actividad 2: Para la variable de los factores climáticos se utilizará la información de la precipitación, radiación solar, vientos dominantes, las cuales se especializarán y reclasificarán de acuerdo al grado de amenaza establecido en el protocolo del IDEAM.

Actividad 3: En el factor relieve se utilizarán las pendientes que se generaran del modelo digital del terreno DEM de 12.5 metros del satélite Alos Palsar, y se clasificarán de acuerdo el grado de amenaza que representa.

Actividad 4: En el factor histórico se utilizarán los reportes existentes de focos de calor o anomalías térmicas de la plataforma FIRMS de la NASA, para generar la capa de frecuencia de incendios forestales al interior del área de estudio.

Actividad 5: Para la accesibilidad, se utilizará la información existente en la cartográfica Básica IGAC 1:25.000 y los recorridos de control y vigilancia generados por el Parque con relación al tema de las rutas de acceso al Parque, para generar la capa de análisis clasificada de acuerdo a su grado de amenaza.

Actividad 6: Posterior a la generación de los insumos anterior mente mencionados, se obtendrá el mapa de amenaza por incendios forestales de la suma ponderada de las variables, siguiendo la siguiente formula:

Amenaza = susceptibilidad de la vegetación X (0,17) + precipitación X (0,25) + temperatura X (0,25) + pendientes X (0,03) + frecuencia X (0,05) + accesibilidad x (0,03)

Actividad 7: Se procede 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, lo cual representará las zonas con mayor amenaza a incendios forestales en el Parque Nacional Natural Paramillo.

7. Desarrollo y resultados de la metodología

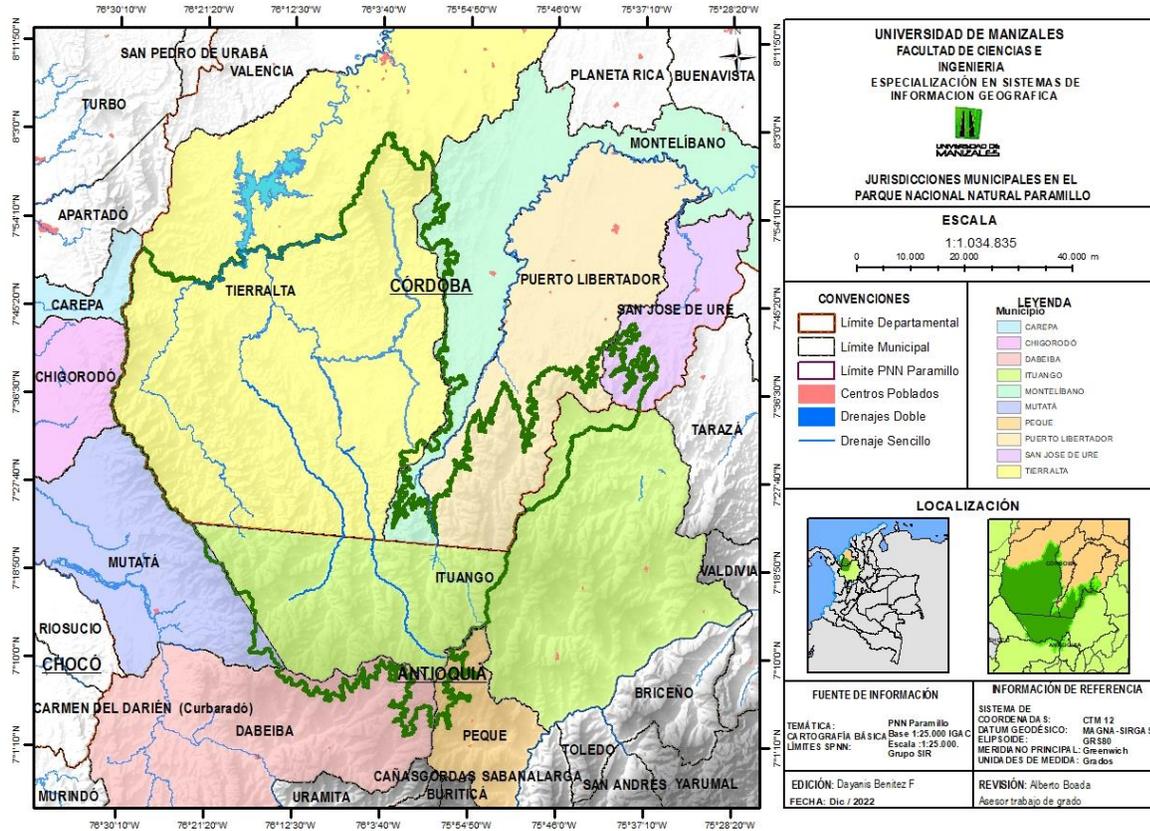
7.1 Descripción de insumos para generar el mapa de zonificación de amenaza a incendios forestales en el PNN Paramillo.

A continuación, se presenta los insumos preparatorios necesarios utilizados para la generación de la cartografía temática de la zonificación de la amenaza por incendios de la cobertura vegetal, estos insumos fueron descargados de los geoportales y páginas correspondientes de cada entidad y otros fueron suministrados por el Parque Nacional Natural Paramillo (PNN Paramillo), a las escalas de trabajo pertinentes, estos insumos fueron los siguientes: Cuencas hidrográficas, Infraestructura vial, Cobertura y uso del suelo, Pendiente (Topografía), Temperatura, Precipitación y anomalías térmicas o focos de calor.

7.1.1 Jurisdicciones municipales del PNN Paramillo, IGAC.

De acuerdo con los límites oficiales del IGAC, el Parque tiene jurisdicción en 11 municipios, Carepa, Chigorodó, Dabeiba, Tarazá, Ituango, Mutatá y Peque (pertenecientes a Antioquia) y Montelíbano, Tierralta, Puerto Libertador, San José de Uré en Córdoba, (Figura 3).

Figura 3. Mapa Jurisdicciones municipales del PNN Paramillo.

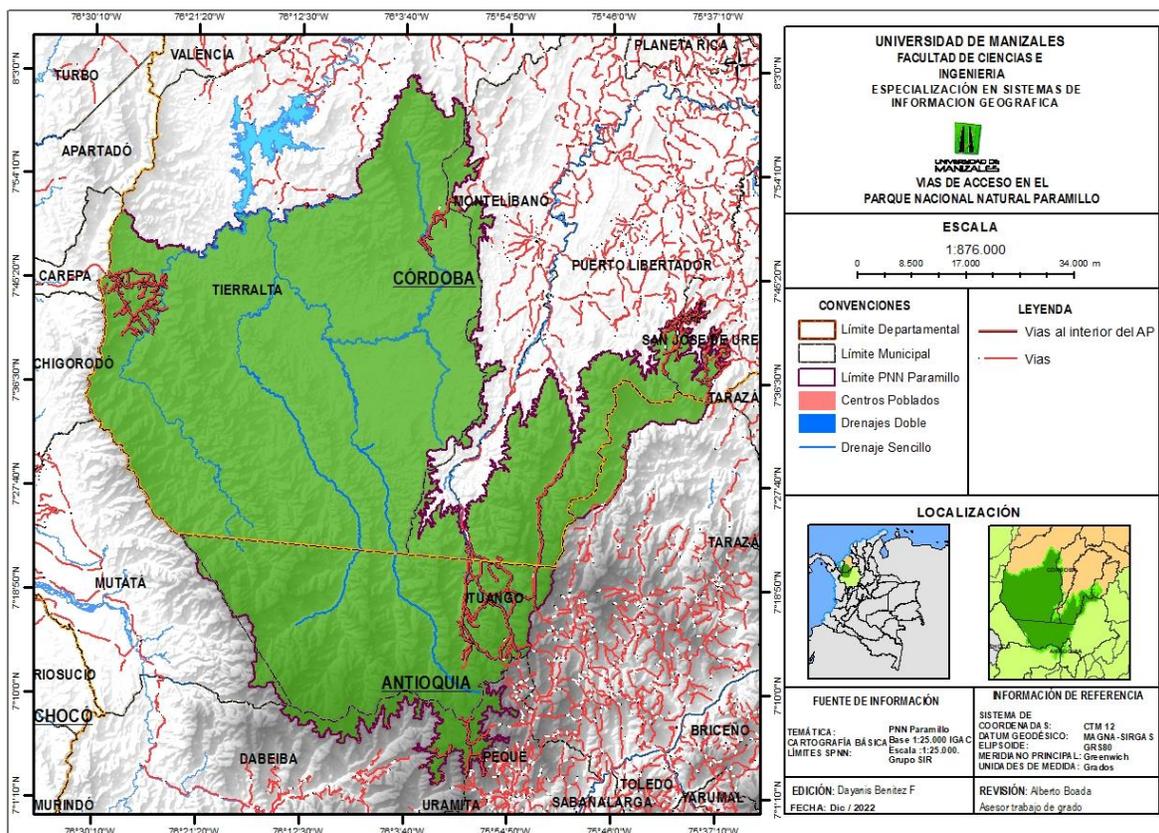


Fuente: Benítez 2022, a partir datos IGAC 2015.

7.1.2 Infraestructura vial

En cuanto el componente de infraestructura vial, se realizó la descarga de la información a escala 1:25.000 en la página del IGAC, de igual manera se hizo necesario completar en algunas planchas tramos de esta información, debido a que hay espacios en blanco en las planchas que no poseen información, para completar estas zonas se hizo con información a escala 1:100.000, (Figura 4).

Figura 4. Infraestructura Vial al interior del PNN Paramillo, IGAC, 2018.

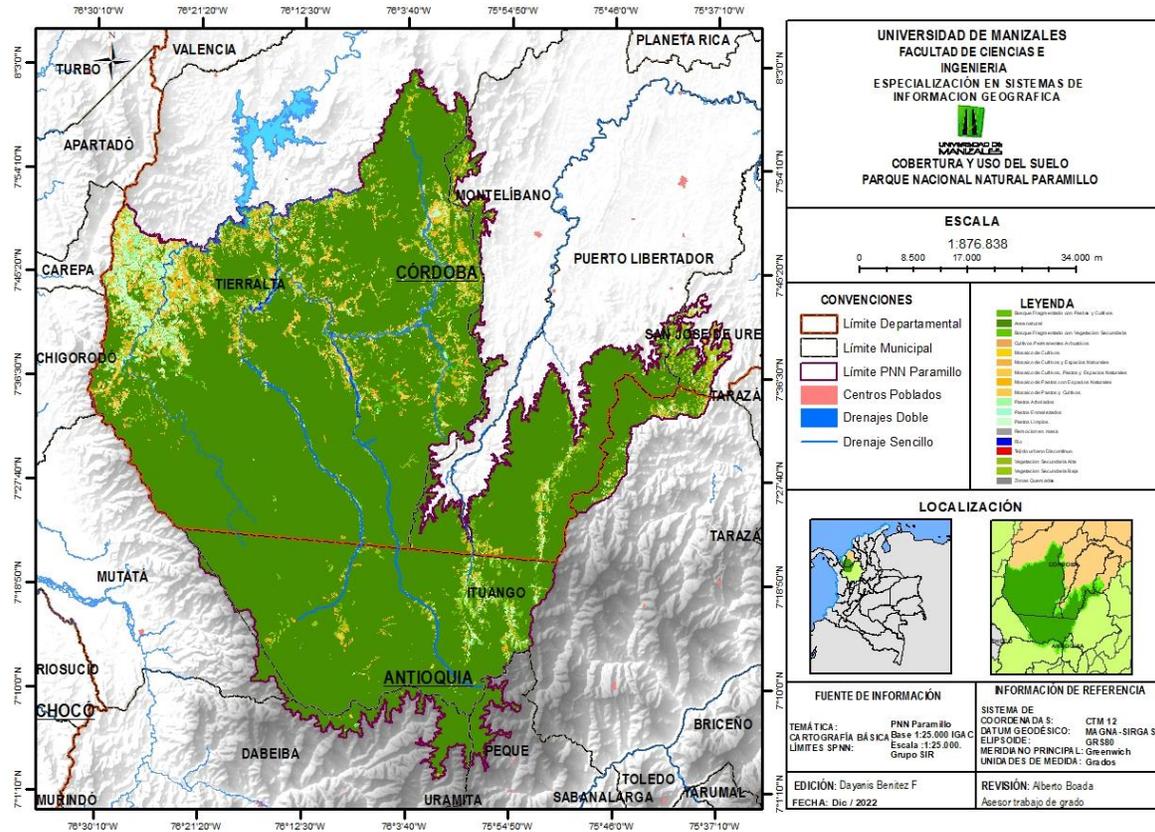


Fuente: Benítez 2022, apartir datos IGAC 2015.

7.1.3 Cobertura y uso de suelo

Es uno de los insumos de mayor importancia para este estudio, dado que es la base fundamental para el cálculo de la susceptibilidad de la vegetación a la ocurrencia de un incendio de la cobertura vegetal. Teniendo en cuenta lo anterior, se tomó la capa en formato shape de Cobertura y uso de suelo año 2021, generada por el equipo de gestión del conocimiento de Parques Nacionales Naturales de Colombia a escala 1:25.000 teniendo como referencia las clasificaciones y definiciones de la Metodología CORINE Land Cover, (Figura 5).

Figura 5. Cobertura y uso del suelo del PNN Paramillo.



Fuente: Benítez 2022, apartir datos PNNC 2021.

En este sentido, las características de la cobertura vegetal en el PNN Paramillo, se distribuyen espacialmente en el territorio en un total de área de 504.643,73 hectáreas donde la cobertura que más predominan es la de Bosque denso con 420.488,69 hectáreas, lo que representa el 83,32% del área de estudio. Posteriormente está la cobertura de Vegetación secundaria o en transición con un área de 28.051,98 hectáreas correspondientes al 5,56% del área total y por último, la cobertura Pastos limpios, con un área 14.360,39 hectáreas representa el 2,85% del área total a estudiar, (Tabla 1).

Tabla 1. Cobertura y uso de suelo PNN Paramillo, PNNC 2021.

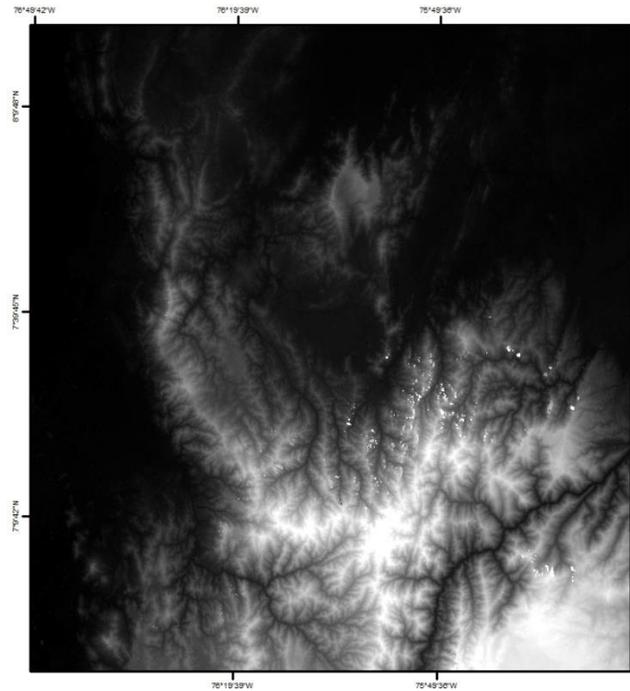
Tipo de cobertura (Corine Land Cover Nivel 3)	Área (has)	(%) en el AP
3.1.1. Bosque denso	420.488,69	83,32%
3.1.3. Bosque fragmentado	3.171,76	0,63%
2.2.2. Cultivos Permanentes Arbustivos	1.177,79	0,23%
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	7.342,05	1,45%
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	3.504,53	0,69%
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	6.785,29	1,34%
2.4.1. Mosaico de cultivos	34,10	0,01%
2.3.3. Pastos enmalezados	5.800,39	1,15%
2.3.2. Pastos arbolados	972,56	0,19%
2.3.1. Pastos limpios	14.360,39	2,85%
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	11.156,57	2,21%
5.1.1. Ríos	1.280,52	0,25%
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	45,19	0,01%
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	164,76	0,03%
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	28.051,98	5,56%
3.3.4. Zonas quemadas	307,16	0,06%

Fuente: Autor.

7.1.4 Pendiente (Topografía).

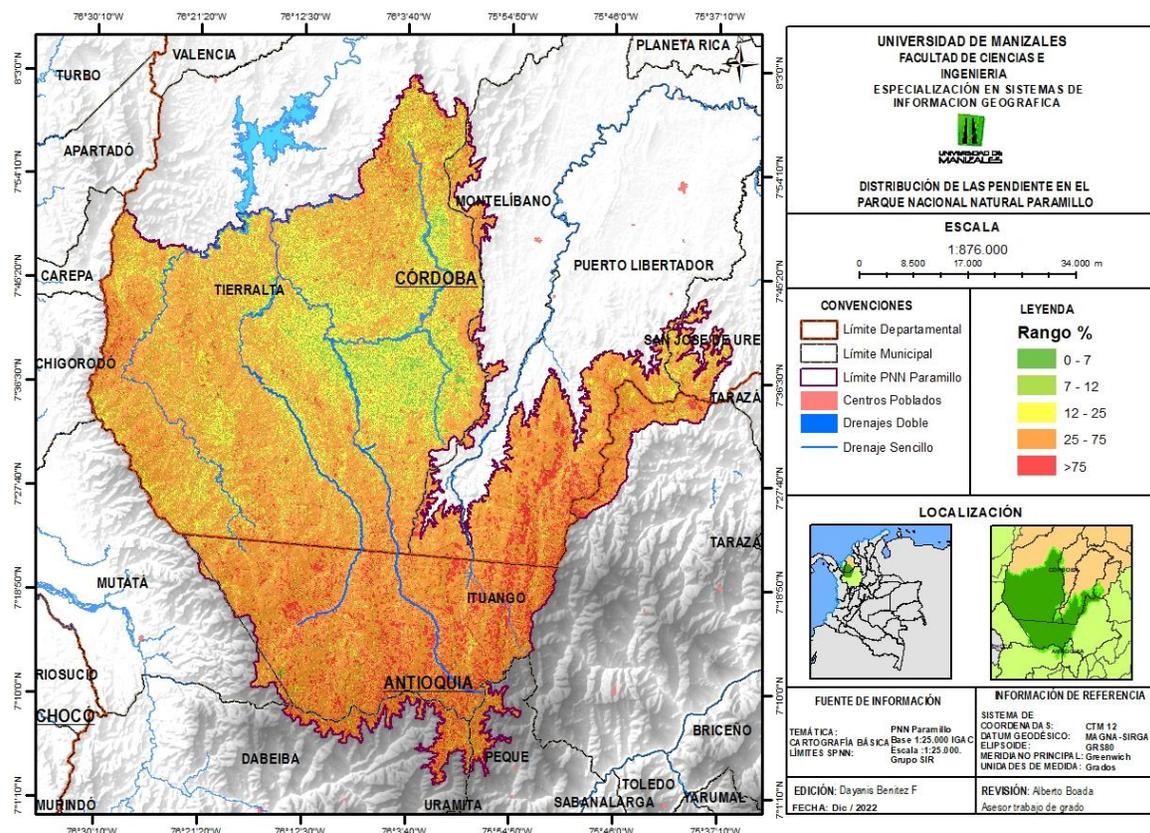
En cuanto al insumo de pendiente o topografía para el PNN Paramillo, a pesar de contar con la información de las curvas de nivel del IGAC a escala 1:25.000, se decidió buscar alternativas para mejorar la calidad del insumo, debido a que la información básica del IGAC en la zona del PNNP existen zonas donde no tiene información. Por lo tanto, se utilizó un modelo digital de elevación a una resolución de 12,5 m del programa ALOS PALSAR2; se obtuvo la imagen (ver figura 6) de la cual se generó la capa de pendiente con la cual se realiza el cálculo de la amenaza por incendios forestales, (Figura 7).

Figura 6. DEM ALOS PALSAR2 de la zona del PNN Paramillo



Fuente: Benítez 2022, apartir datos ALOS PALSAR 2011.

Figura 7. Distribución de pendientes en el PNN Paramillo.

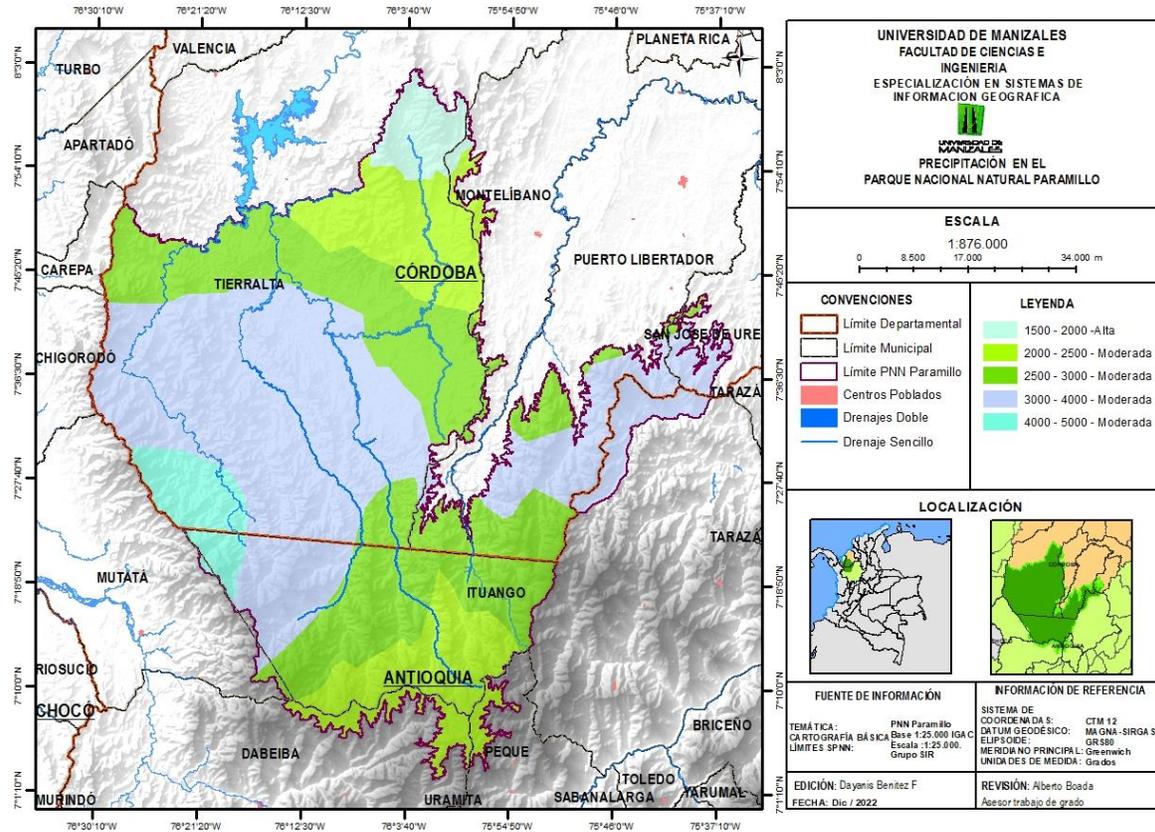


Fuente: Benítez 2022, apartir datos ALOS PALSAR 2011.

7.1.5 Precipitación

Según el IDEAM (2010) la precipitación media anual en PNN Paramillo va de 1.500 a 5.000 mm; los mínimos volúmenes de lluvias con valores de 1.500 a 2.000 mm se registran hacia el extremo nororiente, localizados alrededor del cerro Murrucucú, en los nacimientos del río Manso, quebradas La Juí, La Chica, Ratón y Tolová; y los máximos volúmenes en el Parque de 4.000 a 5.000 mm, se localizan en la parte alta de la microcuenca del río Verde. Estos máximos volúmenes de precipitación hacia el occidente del Área Protegida, son causados quizás por la formación de masas nubosas provocadas por el ascenso de las corrientes húmedas procedentes especialmente del océano Pacífico y del golfo de Urabá, que, a su paso por la vertiente a barlovento de la Cordillera Occidental, descargan gran parte del vapor de agua en forma de precipitación (IDEAM 2005), (Figura 8).

Figura 8. Precipitación en el PNN Paramillo.



Fuente: Benítez 2022, apartir datos , IDEAM 2010.

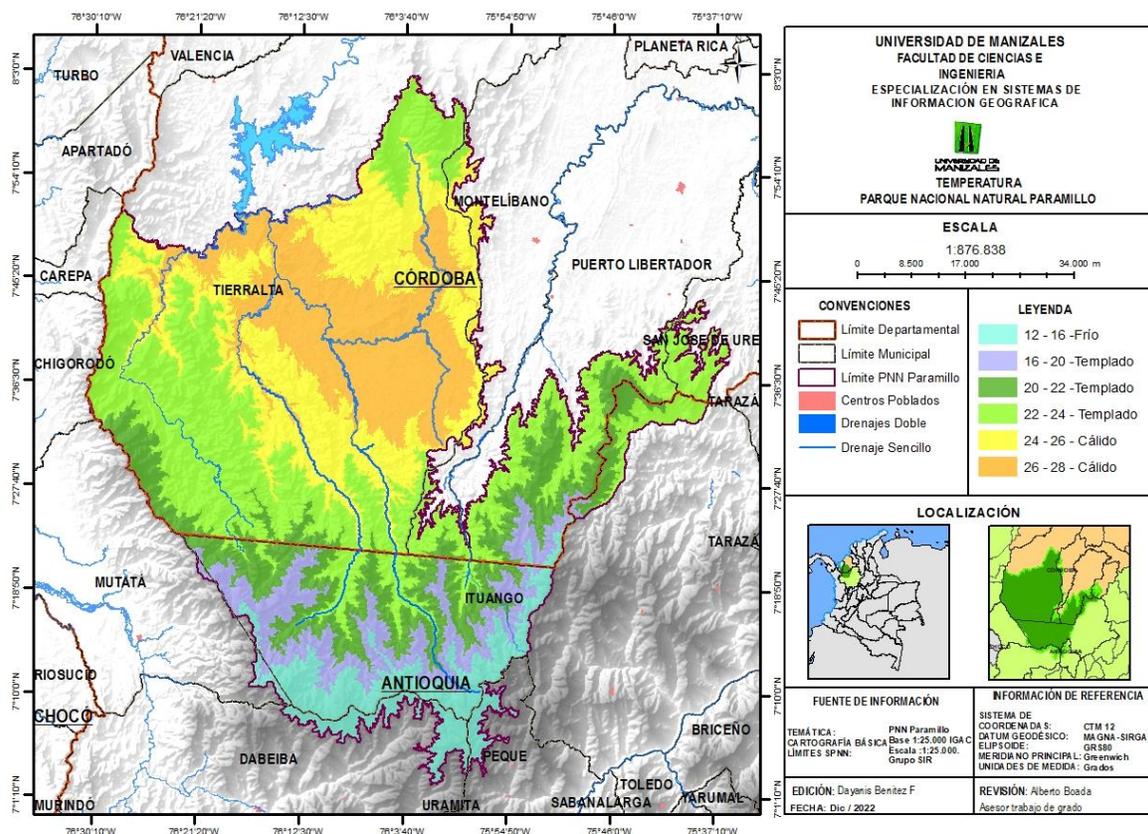
7.1.6 Temperatura

La temperatura tiene una estrecha correlación con la elevación; el PNN Paramillo registra alturas desde los 150 hasta los 3.900 m.s.n.m. lo que indica que hay un rango amplio de temperatura. La temperatura media en estas áreas se caracteriza por tener los llamados pisos térmicos, que son causados por la disminución de la temperatura con el aumento de altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (IDEAM, 2005).

De acuerdo a lo anterior, se estimó la temperatura a diferentes alturas desde los cero (0) m.s.n.m hasta los 4.200 m.s.n.m., se resalta que para alturas más bajas se estiman temperaturas más altas que van de 26°C a 28 °C, estas temperaturas se presentarían probablemente en las desembocaduras los ríos Verde y Esmeralda al río Sinú y gran parte de los ríos Manso y Tigre al

interior del AP y en las zonas más altas las temperaturas con mínimas, distribuidas al sur del PNN Paramillo que oscilan de 12°C a 20°C, (Figura 9).

Figura 9. Temperatura en el PNN Paramillo, IDEAM 2010.



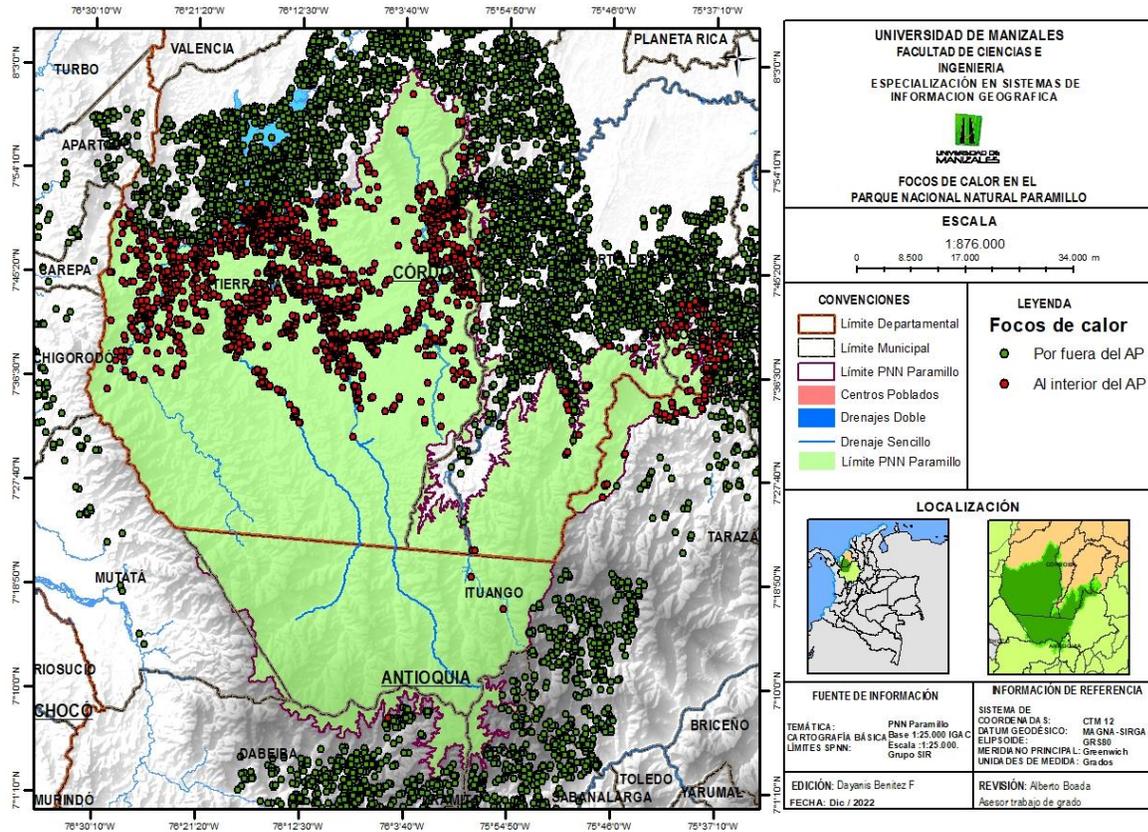
Fuente: Benítez 2022, apartir datos , IDEAM 2010.

7.1.7 Focos de calor o anomalías térmicas

Para este estudio se descargaron los focos de calor o anomalías térmicas de los últimos 10 años (2012 – 2022), captados por los satélites de la NASA, (<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>), para realizar dicha descarga, se generó un buffer con el límite del Parque, para conocer la información de la zona aledaña del parque y así estimar si al interior del parque estos incendios son más frecuentes que afuera.

Dado lo anterior se descargaron 9770 focos de calor, de los cuales ocurrieron al interior del parque 1.864 en los últimos 10 años, (Figura 10).

Figura 10. Focos de calos o anomalías térmicas en el PNN Paramillo y su zona aledaña.



Fuente: Benítez 2022, apartir datos , NASA 2012-2022.

7.2. Procesamiento de la metodología para el análisis de la amenaza a incendios forestales en el PNN Paramillo

7.2.1 Susceptibilidad de la cobertura vegetal a los incendios

Para determinar la susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales, se tuvo en cuenta el método establecido por el IDEAM, con el propósito de conocer los diferentes niveles de susceptibilidad de los tipos de coberturas de la tierra presentes en el área de estudio, esta

susceptibilidad está dada por el tipo, carga y duración del combustible, para ello se toma la capa de cobertura y uso del suelo como insumo principal, en la cual se realizan las diferentes calificaciones, ponderaciones y normalización de los resultados de cada uno de los pasos realizados a dicha capa, dado lo anterior, se generó la siguiente información:

7.2.1.1. Susceptibilidad por tipo de combustible

Dado que “los combustibles vegetales son cualquier material vegetal vivo o muerto que puede entrar en combustión al aplicársele calor y que según su tamaño pueden ejercer mayor o menor resistencia a la combustión por su contenido de humedad, su composición química, etc., pueden tener diferentes grados de condición calórica y de velocidad de encendido” (Páramo Rocha, 2011).

Para determinar el tipo de combustibles, se realiza una clasificación en la cual se asigna a cada tipo de cobertura el combustible predominante, para el caso de la cobertura presente en el PNN Paramillo se estableció el siguiente tipo de combustible, (Tabla 2)

Tabla 2. Tipo de combustible predominante según la cobertura vegetal

Tipo de cobertura	Tipo de combustible predominante
Bosque Fragmentado con Pastos y Cultivos	Pastos/hierbas
Bosque Denso	Árboles
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	Árboles y arbustos
Cultivos Permanentes Arbustivos	Arbustos
Mosaico de Cultivos	Hiervas
Mosaico de Cultivos y Espacios Naturales	Pastos/hierbas

Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	Pastos/hierbas
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	Pastos/hierbas
Mosaico de Pastos y Cultivos	Pastos/hierbas
Pastos Arbolados	Pastos/hierbas
Pastos Enmalezados	Pastos
Pastos Limpios	Pastos
Remoción en masa	No combustibles
Río	No combustibles
Tejido urbano Discontinuo	No combustibles
Vegetación Secundaria Alta	Arboles
Vegetación Secundaria Baja	Arbustos
Zonas Quemadas	Pastos/hierbas

Fuente: Benítez 2023.

Seguidamente, se realiza la categorización de la amenaza según el tipo de combustibles, las cuales se agruparon en cinco categorías, asignándole calificaciones que varían entre susceptibilidad muy baja a muy alta, a su vez se realiza la calificación que van del rango 1 al 5 otorgándole los mayores valores a aquellos factores que inducen a que exista una mayor susceptibilidad según el tipo de combustible, (Tabla 3).

Tabla 3. Calificación de la cobertura por el tipo de combustible

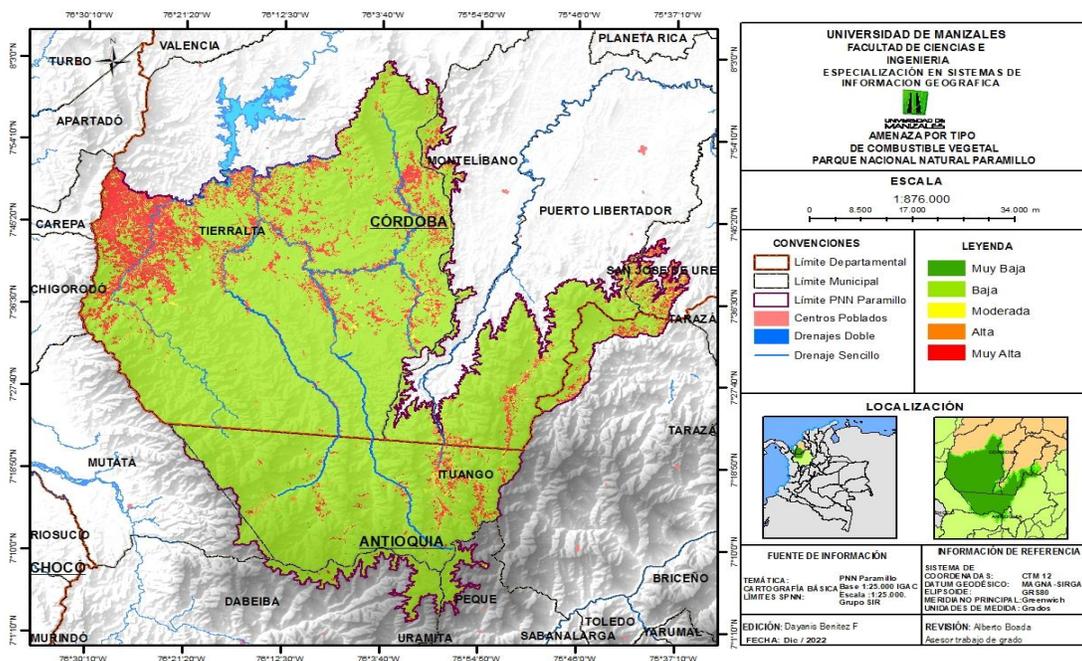
Tipo de combustibles	Categoría de amenaza	Calificación	Área (Has)	Porcentaje
Árboles	Baja	2	434578,458	86,12
Árboles y arbustos	Moderada	3	2825,185	0,56
Arbustos	Alta	4	15140,003	3,0
Hierbas	Alta	4	34,104501	0,01

Pastos / hierbas	Muy Alta	5	30414,735	6,03
Pastos	Muy Alta	5	20160,77524	4,0
No combustibles	Muy Baja	1	1445,2800	0,29
Áreas urbanas	Muy Baja	1	45,1919564	0,01

Fuente: Benítez 2023.

En relación al tipo de combustible en la cobertura del PNN Paramillo, se tiene una susceptibilidad Baja la cual representa el 86,12% del territorio, dentro de las que destacan las coberturas de bosque denso y vegetación secundaria alta, el tipo de combustible correspondiente son los árboles, es de resaltar que las zonas donde la susceptibilidad es Muy Alta la cobertura predominante son las hiervas y pastos con un 6.03%, que están asociados al estado presión que ejercen las comunidades tanto campesinas e indígenas al área protegida, en las actividades agropecuarias que han cambiado de una u otra manera el uso de suelo. (Figura 11).

Figura 11. Susceptibilidad por tipo de combustible en el PNN Paramillo.



Fuente: Benítez 2023.

7.2.1.2 Duración de combustible

Se entiende como “Tiempo necesario para que el contenido de humedad del combustible equilibre con la humedad del aire que lo rodea y pueda mantener su ignición; (...) la duración del combustible expresa de forma indirecta qué tan peligroso puede ser un incendio” (Páramo Rocha, 2011).

Siguiendo la metodología del IDEAM, se realiza la respectiva reclasificación a partir del mapa de cobertura y uso del suelo, en la que se interpreta los tipos de cobertura, asignando de acuerdo a las coberturas predominantes una calificación que van de los rangos 1 al 4 y se agrupan en cuatro categorías, desde muy baja a alta según la duración de los combustibles. Dado lo anterior para este estudio se tiene la duración de combustibles según la cobertura del PNN Paramillo, (Tabla 4).

Tabla 4. Duración de combustible según la cobertura vegetal

Tipo de cobertura	Duración del combustible
Bosque Fragmentado con Pastos y Cultivos	1 hora
Bosque Denso	100 horas
Bosque Fragmentado con Vegetación Secundaria	10 horas
Cultivos Permanentes Arbustivos	10 horas
Mosaico de Cultivos	10 horas
Mosaico de Cultivos y Espacios Naturales	1 hora
Mosaico de Cultivos, Pastos y Espacios Naturales	1 hora
Mosaico de Pastos con Espacios Naturales	1 hora
Mosaico de Pastos y Cultivos	1 hora
Pastos Arbolados	1 hora
Pastos Enmalezados	1 hora
Pastos Limpios	1 hora
Remoción en masa	No combustible
Río	No combustible

Tejido urbano Discontinuo	Áreas urbanas
Vegetación Secundaria Alta	100 horas
Vegetación Secundaria Baja	100 horas
Zonas Quemadas	10 horas

Fuente: Benítez 2023.

Tabla 5. Calificación de la cobertura por la duración del combustible.

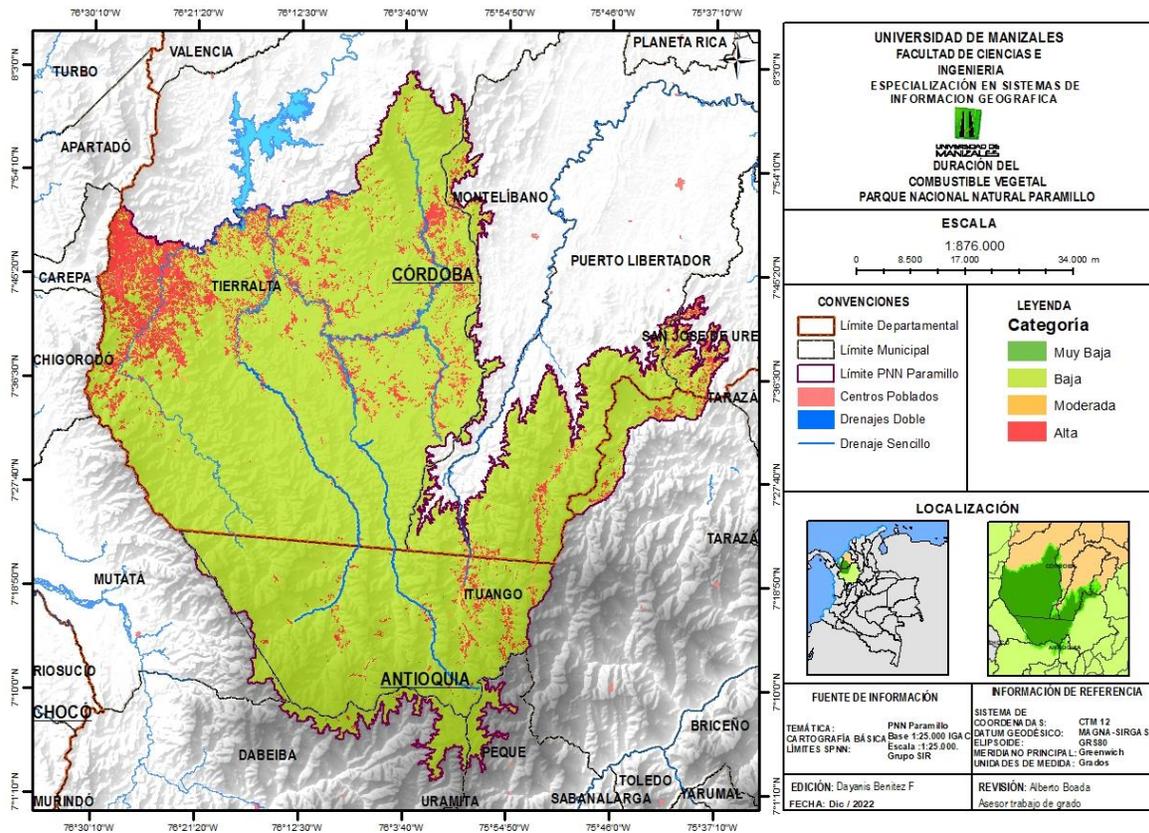
Duración del combustible	Categoría de amenaza	Calificación	Área (Has)	Porcentaje %
No combustibles	Muy baja	1	1445,2801	0,29
Áreas urbanas	Muy baja	1	45,19195647	0,01
100 horas (Predominio de árboles)	Baja	2	448540,671	88,88
10 horas (Predominio de arbustos y hierbas)	Moderada	3	4344,241121	0,86
1 hora (Predominio de pastos)	Alta	4	50268,3512	9,96

Fuente: Benítez 2023.

La duración del combustible para la cobertura en el PNN Paramillo es Baja, la cual representa un 88,88% de área del PNNP, en la que la duración del combustible es de 100 horas ya

que su cobertura es bosque denso y vegetación secundaria alta, siendo este tipo de biomasa (árboles) son más lentos para quemarse en caso de un incendio forestal, caso contrario ocurre con el combustible de pastos, los cuales en este análisis representa el 9.96% en la categoría de amenaza alta, que indica que esta cobertura es más rápida para quemarse en caso de un incendio su duración es de 1 hora, (Tabla 5, Figura 12).

Figura 12. Susceptibilidad por duración del combustible en el PNN Paramillo.



Fuente: Benítez 2023.

7.2.1.3 Carga de combustible

Este parámetro involucra “cuatro factores fundamentales que definen la combustibilidad de la vegetación: altura, cobertura (proyección de la vegetación sobre el suelo), biomasa aérea total y humedad de la vegetación” (Páramo Rocha, 2011).

Según el protocolo del IDEAM, a partir del mapa de cobertura vegetal y de información específica que se tenga sobre la biomasa de los diferentes tipos de cobertura (expresada en toneladas por hectárea) se genera la reclasificación de los tipos de cobertura, asignando de acuerdo a las coberturas predominantes y a su contenido de biomasa (carga de combustibles), agrupándolas en cuatro categorías, a las cuales se les da una calificación en los rangos de 1 a 4 según la susceptibilidad a la carga de combustible, (Tabla 6).

Tabla 6. Carga del combustible según la cobertura vegetal

Tipo de cobertura	Carga del combustible
3.1.3. Bosque fragmentado	Moderada (50-100 ton/has)
3.1.1. Bosque denso	Muy alta (más de 100 ton/has)
3.1.3. Bosque fragmentado	Muy alta (más de 100 ton/has)
2.2.2. Cultivos Permanentes Arbustivos	Baja (1-50 ton/has)
2.4.1. Mosaico de cultivos	Baja (1-50 ton/has)
2.4.5. Mosaico de cultivos y espacios naturales	Moderada (50-100 ton/has)
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Moderada (50-100 ton/has)
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Moderada (50-100 ton/has)
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Moderada (50-100 ton/has)
2.3.2. Pastos arbolados	Baja (1-50 ton/has)
2.3.3. Pastos enmalezados	Baja (1-50 ton/has)
2.3.1. Pastos limpios	Baja (1-50 ton/has)
3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	No Combustible
5.1.1. Ríos	No Combustible
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	No Combustible
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	Muy alta (más de 100 ton/has)
3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	Muy alta (más de 100 ton/has)
3.3.4. Zonas quemadas	Baja (1-50 Ton/Ha)

Fuente: Benítez 2023.

Tabla 7. Calificación de la cobertura por la carga de combustible

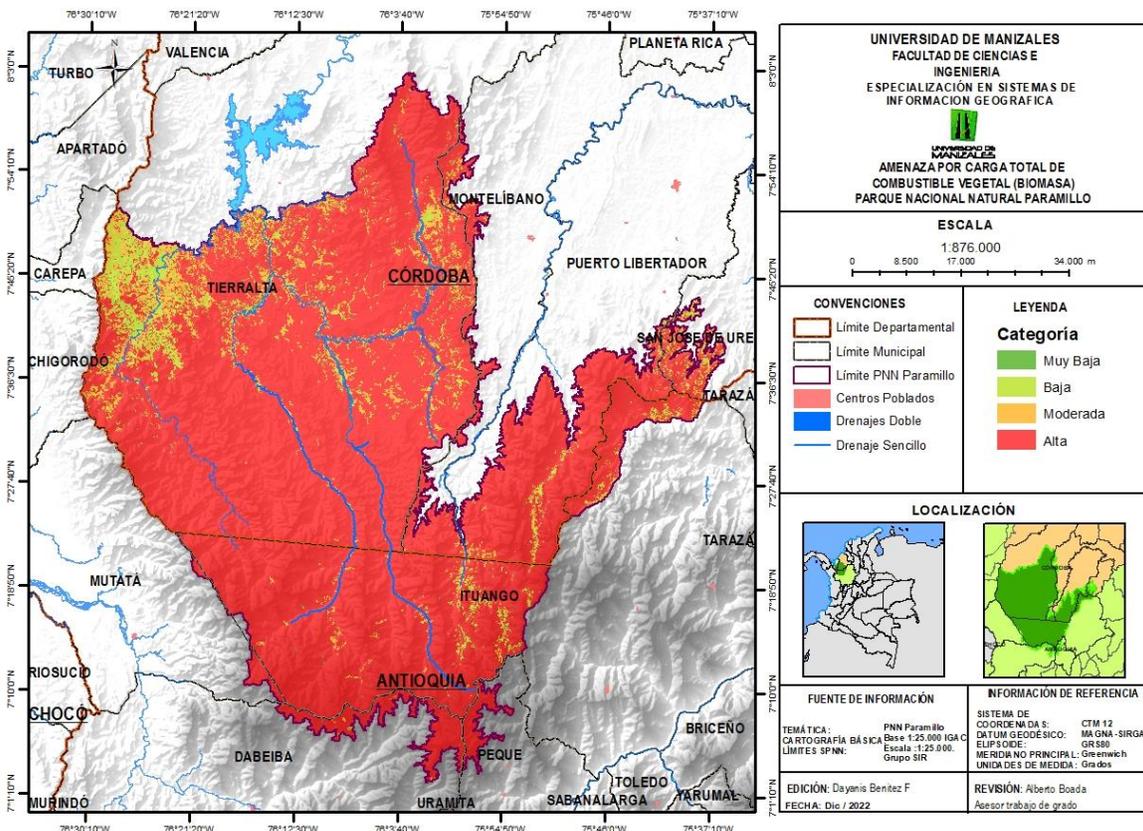
Carga de combustibles	Categoría de amenaza	Calificación	Área (Has)	Porcentaje %
No combustibles	Muy baja	1	1445,280	0,28
Áreas urbanas (menos de 1 Ton/Ha)	Muy baja	1	45,191	0.009
Baja (1-50 Ton/Ha)	Baja	2	22652,394	4,49
Moderada (50 a 100 Ton/Ha)	Moderada	3	29135,012	5,77
Muy Alta (más de 100 Ton/Ha)	Alta	4	451365,857	89,44

Fuente: Benítez 2023.

La categoría de susceptibilidad por carga de combustible para el PNN Paramillo arrojó 89,44% en la categoría Alta con 451.365,85 hectáreas del territorio establecida a partir del análisis espacial realizado, considerando la carga de combustible de mayor a 100 ton/ha, dentro de las que se encuentran las coberturas de bosques densos, bosques fragmentados y vegetación secundaria o

en transición y con menor representación las áreas que no se consideran combustibles como Tierras desnudas y degradadas, Ríos y Tejido urbano discontinuo con un área de 1445,280 hectáreas que representan 0,28% del territorio, (Tabla 7, Figura 13).

Figura 13. Susceptibilidad por carga de combustible en el PNN Paramillo.



Fuente: Benítez 2023.

7.2.1.4 Susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales en el PNN Paramillo

Para establecer la susceptibilidad de la vegetación, se generaron y analizaron el tipo, la duración y la carga de combustible, luego se realizó la suma ponderada; según el IDEAM 2011, el resultado obtenido se agrupa posteriormente en 5 categorías mediante una distribución de

frecuencias y a cada grupo se le asignó 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.

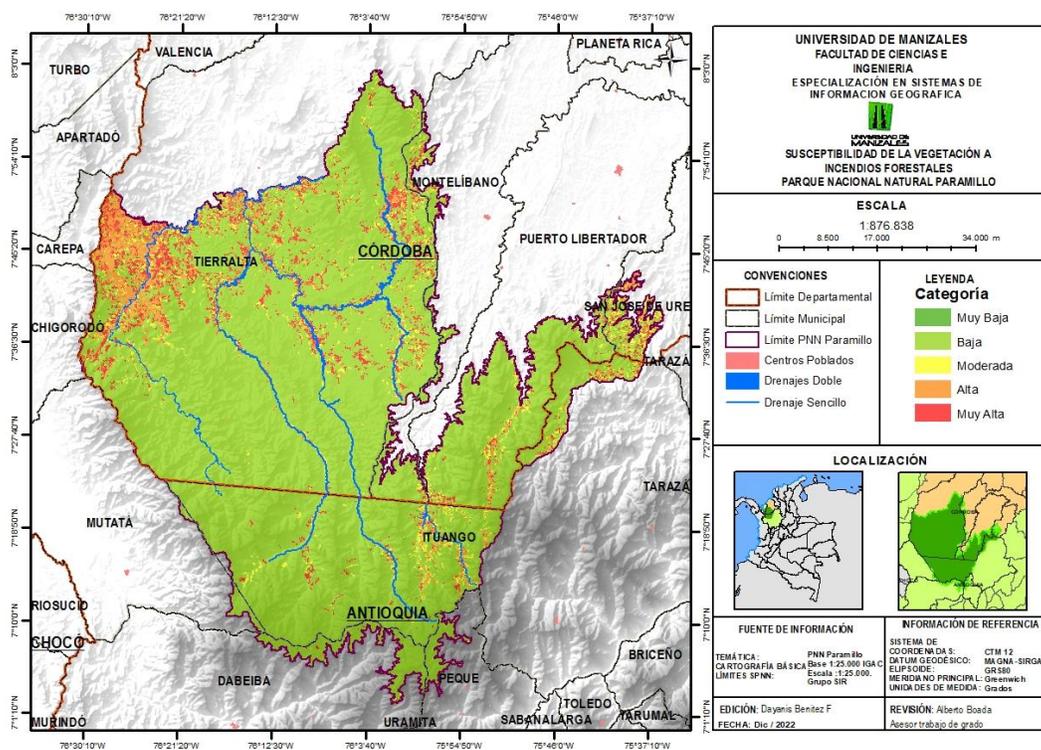
Para el caso de Paramillo, el resultado de este ejercicio arrojó una susceptibilidad baja del 86,12% aproximadamente del área de su territorio, debido a que la cobertura predominante es la de bosque denso, cobertura que se caracteriza por tener una baja facilidad de ignición como se muestran en los primeros dos factores (Tipo y duración del combustible), además se caracteriza por tener alta carga de combustible debido a su alta cantidad de biomasa disponible para su combustión, lo que indica un punto a tener en cuenta en el tema de la propagación de incendios, (Tabla 8).

Las zonas con categoría altas y muy altas, obedecen las coberturas de pastos, hierbas y cultivos, que a su vez se encuentran los asentamientos de humanos que habitan el área protegida y que de una u otra manera han transformado el paisaje en el área protegida, (Figura 14).

Tabla 8. Calificación de la susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales.

Categoría	Área (Has)	Porcentaje %
Muy Alta	29135,012	5,77
Alta	21133,3392	4,19
Moderada	18306,4539	3,63
Baja	434578,459	86,12
Muy Baja	1490,47205	0,30
Total	504643,736	100

Fuente: Benítez 2023.

Figura 14. Susceptibilidad de la vegetación a incendios forestales en el PNN Paramillo.

Fuente: Benítez 2023.

7.2.2 Factores climáticos

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. IDEAM 2011.

7.2.2.1 Temperatura

Teniendo en cuenta lo establecido en el protocolo de incendios del IDEAM, se establecieron los rangos de temperatura del PNN Paramillo y se agruparon en cuatro categorías, teniendo en cuenta lo anterior, al analizar la información de temperatura para el área protegida nos presenta temperaturas muy altas, como se muestra a continuación.

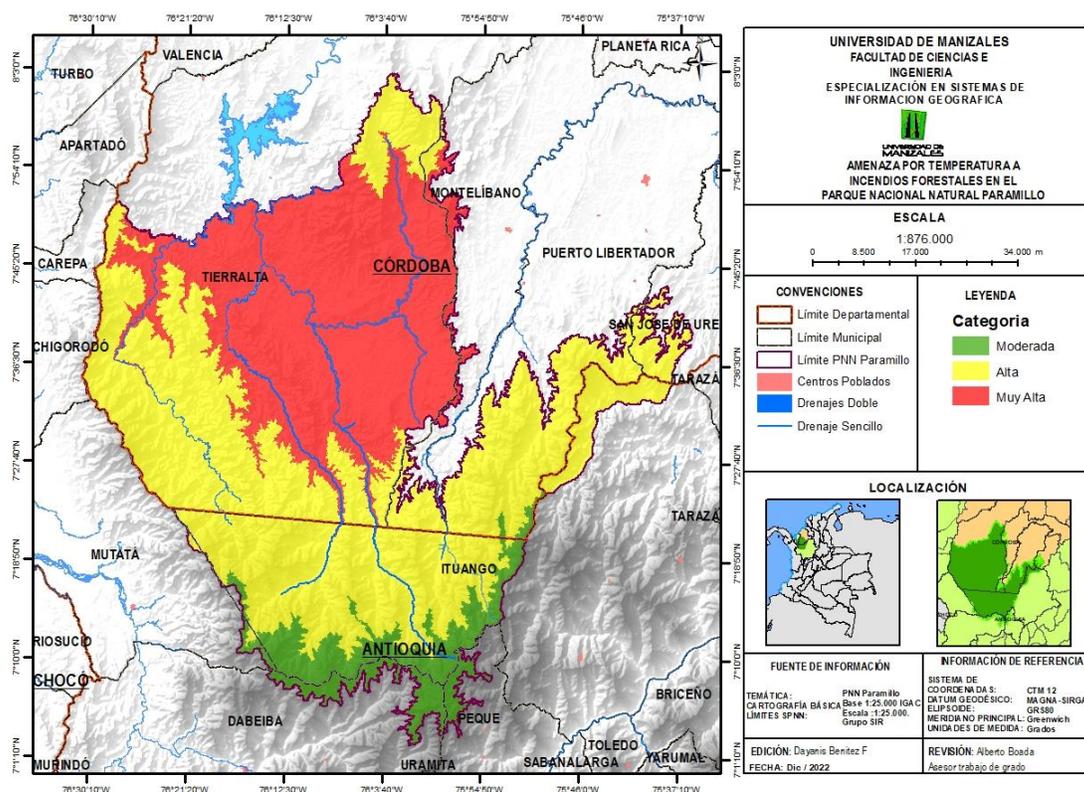
Tabla 9. Calificación factor temperatura.

Temperatura	Categoría	Área (Has)	Porcentaje %
12 - 16	Moderada	42.903	8,50
16 - 20	Alta	39.457	7,82
20 - 22	Alta	73.035	14,47
22 - 24	Alta	162.262	32,15
24 - 26	Muy Alta	96.793	19,18
26 - 28	Muy Alta	90.190	17,87
Total		504643,736	100

Fuente: Benítez 2023.

Teniendo en cuenta lo anterior, se evidencian que las zonas con amenaza por temperatura muy altas se concentran en la parte céntrica del PNN Paramillo, la cual se caracteriza por tener pendientes bajas, en estas zonas la temperatura oscila entre 24°C y 28°C, la categoría de amenaza alta representa el 37,05% del territorio lo que equivale a 1,869,845,158 hectáreas, lo que indica que existe una alta amenaza a incendios forestales en estas zonas. La amenaza alta se encuentra en la parte occidente y oriental del PNN Paramillo, de igual manera se observa una zona aislada al norte con las mismas categoría de amenaza, la amenaza moderada se distribuyen en la parte sur del PNNP con temperaturas que van de 12°C a 16°C y representa un 8,50% del área total, (Tabla 9 y Figura 15).

Figura 15. Amenaza por temperatura a incendios forestales en el PNN Paramillo.



Fuente: Benítez 2023.

7.2.2.2 Precipitación

Para el PNN Paramillo, se registra una amenaza moderada para el tema de precipitaciones debido a que estas oscilan entre 2000 y 5000 milímetros promedio anual, lo cual genera que las condiciones de humedad sean altas reduciendo así la capacidad de ignición de la cobertura.

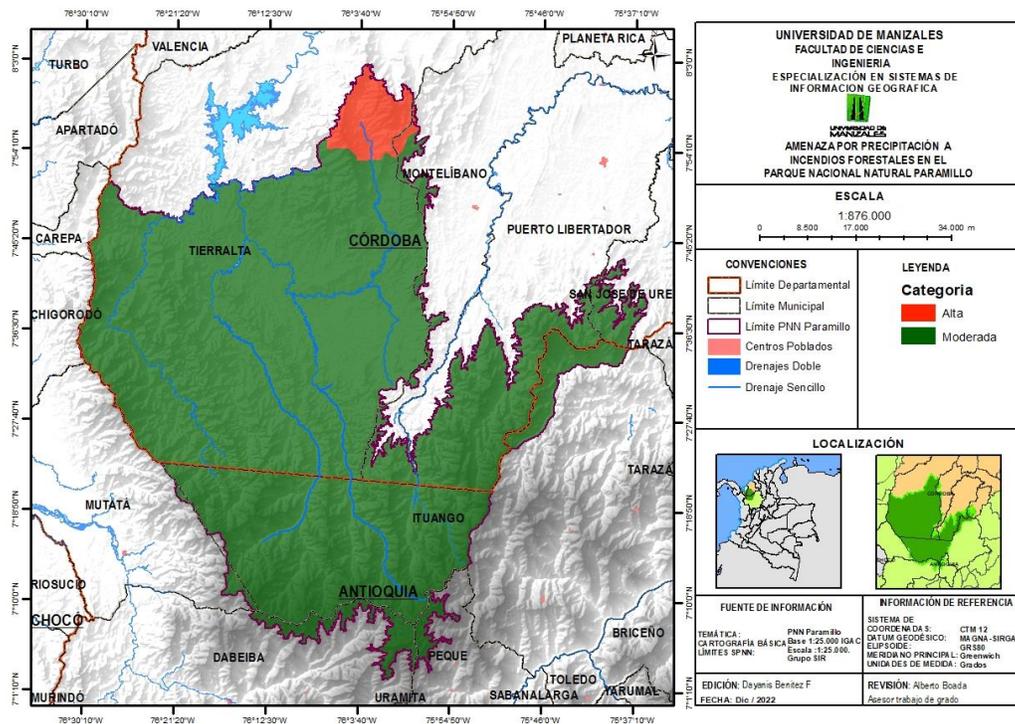
Tabla 10. Calificación factor precipitación.

Precipitación	categoría	Área (Ha)	%	Total %
1500 - 2000	Alta	16909,2087	3,35	3,35
2000 - 2500	Moderada	89201,0895	17,68	96,65
2500 - 3000	Moderada	159523,134	31,61	
3000 - 4000	Moderada	216356,333	42,87	
4000 - 5000	Moderada	22653,9701	4,49	
Total		504643,736	100	

Fuente: Benítez 2023.

Se observa que la amenaza alta se concentra en la zona norte del AP, que representa solo el 3.35% de área de estudio, lo que indica que en esta zona según las condiciones existe mayor amenaza a incendios forestales, para el resto del territorio, se categorizó en amenaza moderada, la cual representa el 96.35%, (Tabla 10 y Figura 16).

Figura 16. Amenaza por precipitación a incendios forestales en el PNN Paramillo.



Fuente: Benítez 2023.

7.2.3 Factor relieve

Mérida (como se citó en IDIGER, 2017) menciona que “la topografía y el relieve del terreno son aspectos importantes a considerar en el análisis de amenaza por incendios forestales, puesto que la pendiente del terreno define la propagación y el comportamiento del fuego”.

Tabla 11. Calificación factor pendiente.

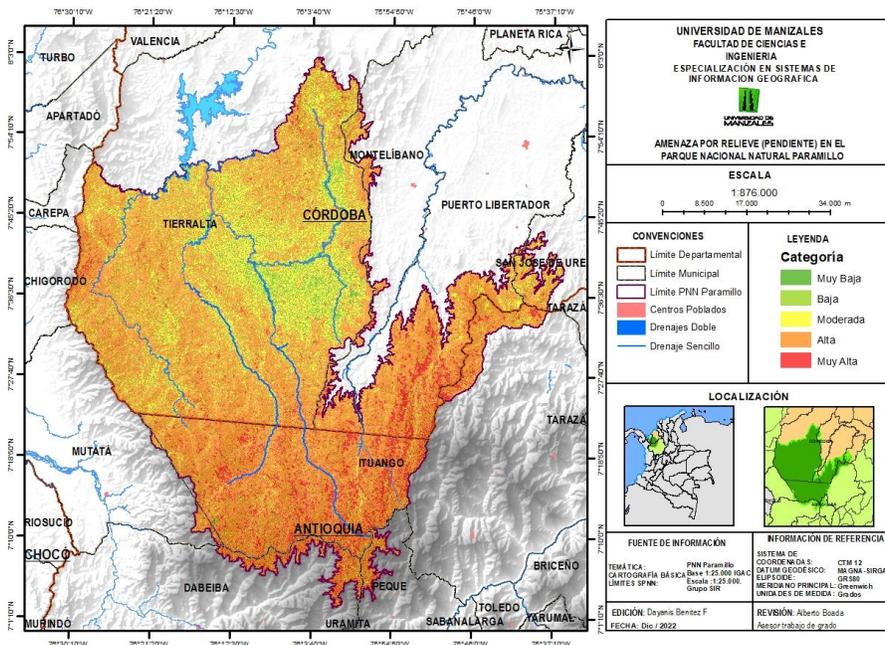
Pendiente %	Categoría	Área (Has)	%
0 - 7	Muy Baja	18839,03	3,73
7 - 12	Baja	28105,17	5,57
12 - 25	Moderada	103166,58	20,44

25 - 75	Alta	310093,37	61,45
>75	Muy Alta	44439,58	8,81
Total		504643,736	100

Fuente: Benítez 2023.

Dado lo anterior, se tiene una amenaza para el factor relieve, en categoría Muy Alta, en las zonas con pendientes mayores a 75% que son las zonas más altas del PNNP, que equivalen a 44.439,58 hectáreas, que a su vez representa sólo el 8,81% del área total, en este mismo sentido, la categoría de amenaza alta se encuentran las pendientes que oscilan 25% a 75% que representan el mayor área del PNN Paramillo con el 61,45%, las pendientes 12% a 25% representan la categoría de amenaza moderada con el 20,44% del territorio, las pendientes que van de 0 a 7% con menor representación en el territorio con un 3,73% se encuentran en categoría muy baja, (Tabla 11 y Figura 17).

Figura 17. Amenaza por relieve (Pendientes) a incendios forestales en el PNN Paramillo.



Fuente: Benítez 2023.

7.2.4 Factor accesibilidad

Para el factor de amenaza por accesibilidad, representa la facilidad con que las personas pueden acceder a zonas con cobertura vegetal que presenta diferentes grados de susceptibilidad ante la ocurrencia de incendios, (INDIGER 2019), es decir que gran parte de los incendios están relacionados con las actividades humanas, exceptuando las zonas menos pobladas que los rayos del sol son los causantes de dichos incendios.

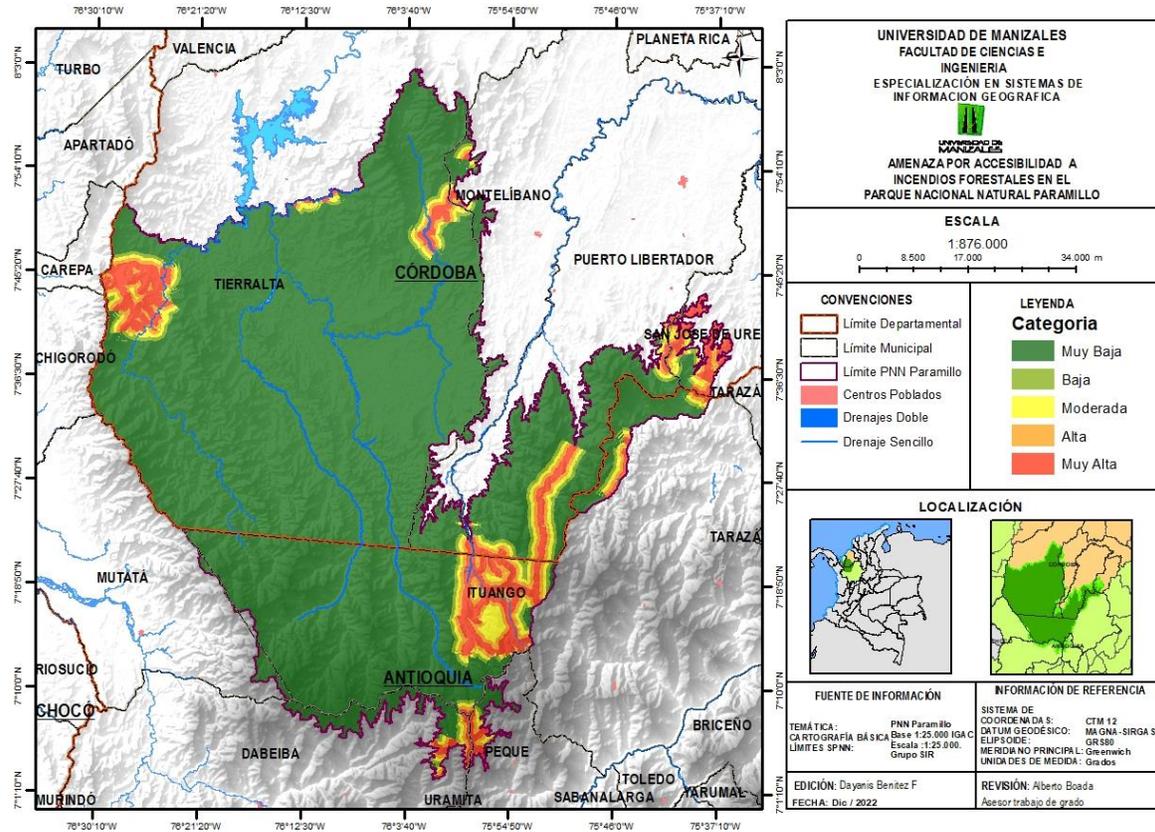
Tabla 12. Calificación por factor accesibilidad

Distancia a la vía (grosor del buffer en m)	Categorías	Área (Has)	%
> 2000	Muy Baja	434409.01	86,08
2000	Baja	10912.13	2,16
1500	Moderada	14445,39	2,86
1000	Alta	15902.09	3,15
500	Muy Alta	28975.09	5,74
Total		504643,736	100

Fuente: Benítez 2023.

Dado lo anterior, la categoriza de amenaza de acuerdo al tipo de vía o accesibilidad presente en el PNN Paramillo, con amenaza muy alta son las que tiene menor distancia, en un área de influencia de 500 metros, lo cual indica que la cobertura que se encuentra cerca a una via a esta distancia es la que tiene mayor amenaza a un incendio forestal, esta categoría representa el 5,74% del territorio, dado lo anterior, la amenaza por accesibilidad en el PNN Paramillo, es muy baja y está representada en un 86,08% del territorio estas se encuentran en un radio mayor de 2000 metros, teniendo en cuenta lo anterior, debido que son pocas las vías de acceso a la zona y estas son caminos por el cual transitan en mulares o en su defecto de a pie, solo existe una vía carretable por la cual se ingresa al Parque por el municipio de Carepa Antioquia, (Tabla 12, Figura 18).

Figura 18. Amenaza accesibilidad a incendios forestales en el PNN Paramillo.



Fuente: Benítez 2023.

7.2.5 Factor histórico

Para analizar y realizar el insumo de frecuencia de incendios de la cobertura vegetal, se obtuvo la información sobre los incendios generados dentro del área de estudio por un período de 10 años. con estos se calculó la frecuencia para los municipios que tienen jurisdicción con el PNN Paramillo, cuyo producto se reclasificó, lo que permitió obtener información sobre las áreas con mayor cantidad de eventos por esta amenaza y por consiguiente con mayor grado de amenaza ante la ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal, sean estos de origen natural o antrópico.

Tabla 13. Calificación factor histórico.

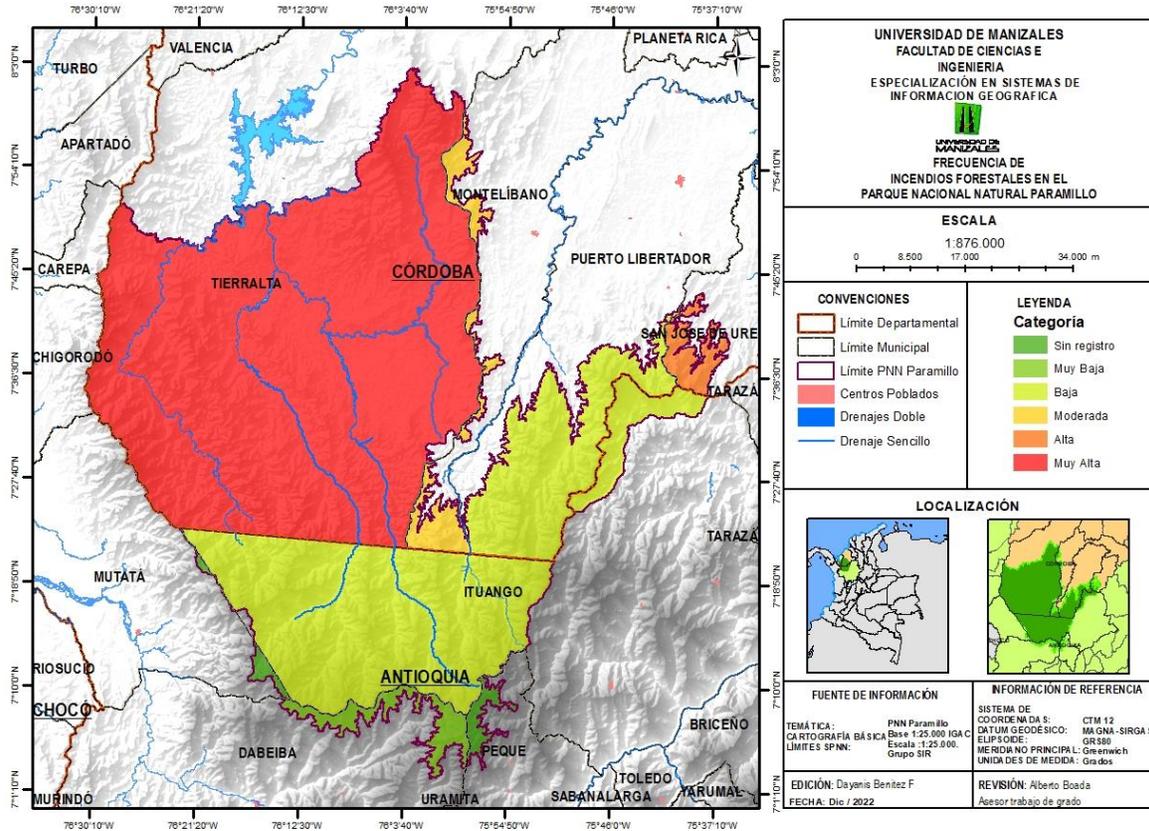
Municipio		Categoría	Calificación	Área (Has)	%
Carepa	0	Sin registro	0	35,1911734	0,007
Chigorodó	0	Sin registro	0	134,358506	0,027
Dabeiba	1	Muy Baja	1	10171,6111	2,016
Ituango	19	Baja	2	120627,515	23,903
Montelíbano	39	Moderada	3	14209,681	2,816
Mutatá	0	Sin registro	0	2109,5722	0,418
Peque	0	Sin registro	0	3729,14124	0,739
Puerto Libertador	24	Baja	2	48516,9646	9,614
San José de Uré	84	Alta	4	7882,57199	1,562
Tierralta	1.687	Muy Alta	5	297227,129	58,898
Total	1.864 focos de calor			504.643,736	100

Fuente: Benítez 2023.

Dado lo anterior, se pudo identificar que al interior del PNN Paramillo en los últimos diez años ocurrieron 1.864 incendios controlados, en este sentido, la mayor concurrencia de anomalías térmicas fue en el municipio de Tierralta con 1.687 registros, representando el nivel de amenaza muy alta con una 58,89% del área total de la zona de estudio (es el municipio con mayor área al interior de AP). Seguidamente se puede identificar el municipio de San José de Uré con 84 registros con amenaza alta, en amenaza moderada se encuentra el municipio de Montelíbano con un registro de 39 focos de calor, el municipio de Ituango registró 19 focos de calor lo cual lo posiciona en categoría de amenaza baja, con respecto al resto de municipios que tiene jurisdicción

en el Parque no se registraron anomalías térmicas o focos de calor tales son: Carepa, Chigorodó, Mutatá y Peque, (Tabla 13 y 14, Figura 19).

Figura 19. Frecuencia de incendios forestales en el PNN Paramillo.



Fuente: Benítez 2023.

Teniendo en cuenta lo anteriormente descrito, los años en que se presentaron mayores focos de calor fueron en los años 2015, (Figura 20). Dichos incendios controlados pudieron estar asociados a las prácticas agrícolas tradicionales de arreglar las tierras para cultivar, dado que es una tradición en la región en la cual el campesino piensa que si no quema la tierra donde va a cultivar, no tendrá una buena producción. De igual manera estos incendios en este periodo se pudieron generar por cambios de uso de suelo para la introducción de cultivos de uso ilícito en el territorio, siendo el municipio de Tierralta con mayores registros. Por otra parte, otro año en el que se presentó un incremento de focos de calor fue en el 2020, se presume que luego de terminar la cuarentena los campesinos retomaron sus actividades agrícolas con mayor intensidad, de igual

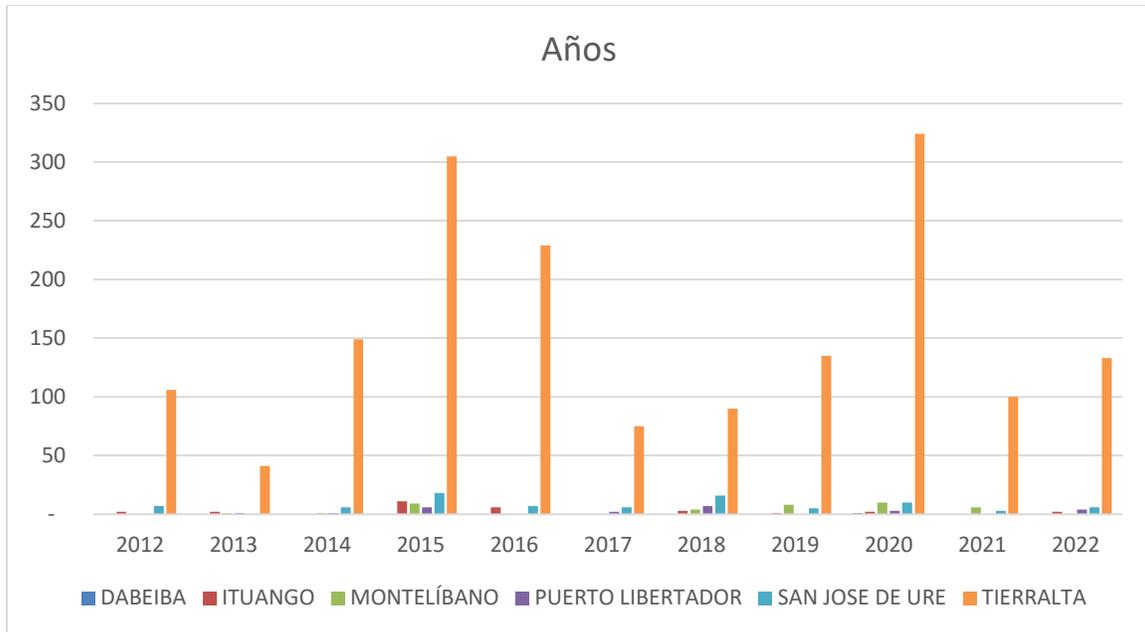
manera en este año se empiezan a aumentar los cultivos de uso ilícito en el área protegida debido al incumplimiento del acuerdo de paz por parte del estado, ya que a la fecha los campesinos inscritos al programa de sustitución voluntaria de cultivos de uso ilícito no habían recibido el primer pago y menos se habían cumplido con los proyectos productivos para la sustitución de los cultivos.

Tabla 14. Registro de Focos de calor año 2012 -2022, en los municipios con jurisdicción del PNN Paramillo

Municipio	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Total
Dabeiba	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1
Ituango	2	2	-	11	6	-	3	1	2	-	2	29
Montelíbano	-	1	1	9	-	-	4	8	10	6	-	39
Puerto Libertador	-	1	1	6	-	2	7	-	3	-	4	24
San José De Uré	7	-	6	18	7	6	16	5	10	3	6	84
Tierralta	106	41	149	305	229	75	90	135	324	100	133	1.687
Total	115	45	157	349	242	83	120	149	350	109	145	1864

Fuente: Benítez 2022, apartir datos , NASA 2012-2022.

Figura 20. Registro de Focos de calor año 2012 -2022, en los municipios con jurisdicción del PNN Paramillo.



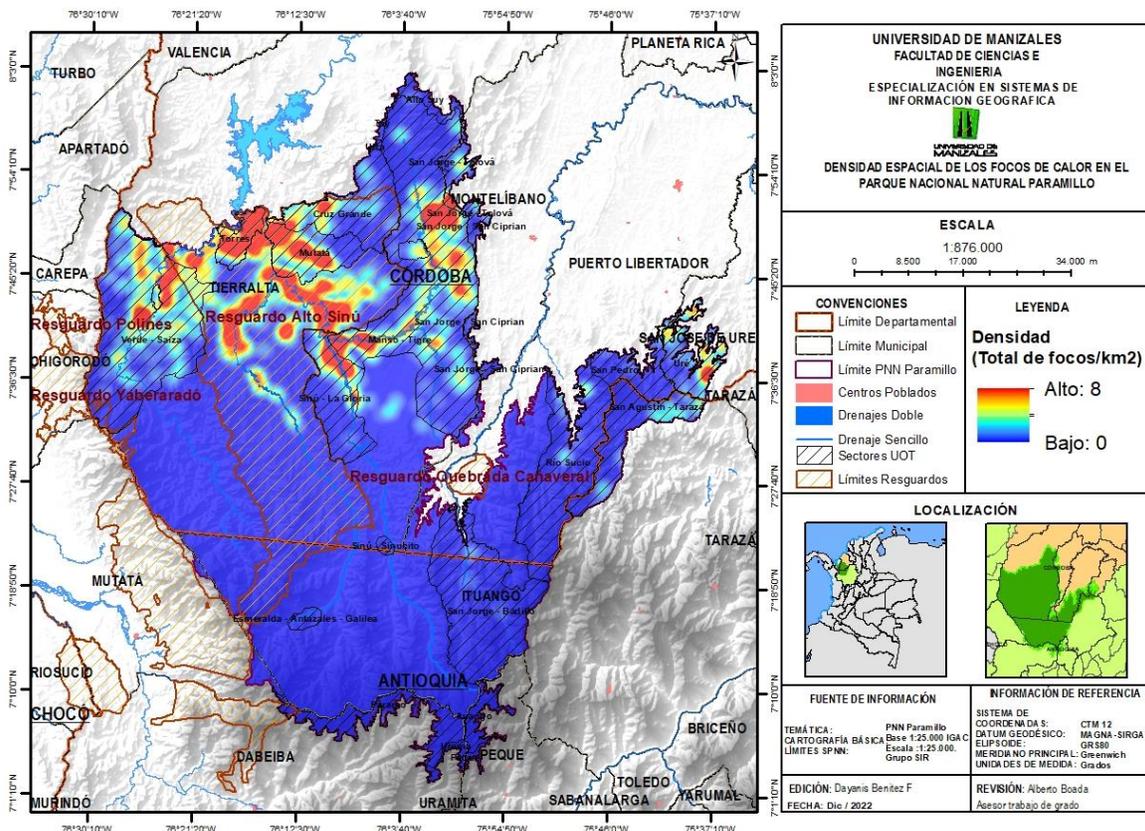
Fuente: Benítez 2022, apartir datos , NASA 2012-2022.

Con la finalidad de determinar los patrones de concentración de los focos de calor y su distribución espacial se utilizó la estimación de Densidad de Kernel, ésta consiste en crear un ráster de densidad (mapa de calor) de una capa de puntos de entrada (focos de calor o anomalías térmicas) por una unidad de superficie de cada kilómetro cuadrado, la cual se calcula con base en el número de puntos en una ubicación, de forma que un mayor número de puntos agrupados resulta en valores mayores.

La concentración espacial de focos de calor se concentra en la zona noroccidental del Parque Nacional en donde se concentran 8 focos por cada kilómetro cuadrado, específicamente, asociados a las actividades antrópicas del resguardo indígena del Alto Sinú y los sectores uso, ocupación y tenencia campesina Saiza – Verde, Sinú – Manso – Tigre y La Gloria en el municipio de Tierralta y en menor representación el sector Uré en el municipio de San José de Uré, departamento de Córdoba , los cuales se asocian a las actividades económicas de agricultura y otros, asimismo, la ausencia de servicios de recolección de residuos sólidos y aspectos culturales

asociados a la quema de basura que contribuyen al establecimiento y concentración espacial de las anomalías térmicas presentes en el territorio, además de las condiciones topográficas y climáticas que contribuyen al establecimientos de población sobre este sector, (figura 21).

Figura 21. Densidad de focos de calor al interior del PNN Paramillo



Fuente: Benítez 2023.

7.3 Amenaza por incendios forestales en el Parque Nacional Natural Paramillo

Luego de realizar las valoraciones de los factores mencionados anteriormente, se procede a calcular el nivel de amenazas por incendios forestales del Parque Nacional Natral Paramillo teniendo en cuenta la fórmula, la cual se manifiesta en el protocolo del IDEAM como una ecuación de relación, que fue elaborada por expertos nacionales e internacionales para establecer la ponderación de cada una de las variables de acuerdo del objetivo final propuesto.

Amenaza = Susceptibilidad de la vegetación X (0,17) + Precipitación X (0,25) + Temperatura X (0,25) + Pendientes X (0,03) + Frecuencia incendios X (0,05) + Accesibilidad x (0,03)

Obteniendo como resultado:

Tabla 15. Calificación amenaza por incendios forestales en el PNN Paramillo

Categoría	Área (Has)	%
Muy Alta	77533,54	15,36
Alta	71202,86	14,11
Moderada	144843,25	28,70
Baja	21581,96	4,28
Muy Baja	189482,13	37,55
Total	504643,736	100

Fuente: Benítez 2023.

En el PNN Paramillo, según el análisis realizado, en donde se utilizó los diferentes insumos y factores, se pudo determinar en primera instancia, que la amenaza a incendios forestales que mayor área representa en el territorio es la amenaza Muy Baja, corresponde al 37,54% del territorio (189.482,13 has), (Tabla 15). Dado lo anterior, los municipios en la cual se presenta una mayor representación de esta categoría son: el municipio de Tierralta con el 15,69% del total de la categoría (79.181,4 has), Municipio de Ituango con el 12,61% (63.621,2 has) y el municipio de Puerto Libertador con el 5,45% (27.507,0 has), (Tabla 16). Con en esto, en esta amenaza las áreas o zonas se caracterizan por presentar un nivel de amenaza ante el fenómeno de incendios de la cobertura vegetal muy baja, debido a la condición de susceptibilidad de la cobertura vegetal, baja combustibilidad, sumada a factores climáticos clasificados en amenaza baja y no hay accesibilidad en el zona, esta categoría se encuentra espaciadamente distribuida en la extremo occidental en el municipio de Tierralta departamento de Córdoba, colinadndo con la serranía Abbibe en limites con el departamento de Antioquia, en la parte sur con jurisdicción en los municipios de Ituango,

Peque y Dabeiba , de igual manera, en la parte oriental del PNN Paramillo en jurisdicción del municipio de Puerto Libertador e Ituango, (Figura 22).

En segunda instancia, se encuentra la amenaza Moderada con un total del 28,70% (144.843,25 has), esta zonas se encuentran ubicadas en la zona céntrica del PNN Paramillo, con mayor preponderancia en los municipios de Tierralta Córdoba, que representando el 14,69% de la categoría (74.127,2 has), Ituango Antioquia el 9,33% (47.059,2 has) y en el municipio de Puerto Libertador con el 3,39% (17.118,6 has), dado lo anterior, las áreas de la zona de estudio cuyo nivel de amenaza ante el fenómeno de incendios de la cobertura vegetal es Moderado, debido a la condición de la cobertura vegetal, combustibilidad clasificada como media, sumada a factores climáticos clasificados en amenaza media y accesibilidad media, en esta zona es de resaltar que se encuentran los ríos más importantes que nacen en el área protegida, Río Sinú, Río Esmeralda y Río San Jorege.

En tercera instancia, se ubica la categoría de amenaza a incendios forestales Muy Alta, con un representación total del 15,36% (77533,54 has) del área del territorio, en donde mayor la amenaza se presenta en el municipio de Tierralta con un total de representación del 15,09% (76.130,6 has), lo cual indica que cuyo nivel de amenaza ante el fenómeno de incendios de la cobertura vegetal es Muy Alto, debido a la condición de susceptibilidad de la cobertura vegetal, cuyo material vegetal posee alto nivel de combustibilidad que, sumado a factores climáticos clasificados en amenaza alta, propician la ocurrencia de incendios de la cobertura vegetal sobre el territorio y sumado al mayor número de eventos históricos registrados en esta zona del municipio. Cabe resaltar que en esta zona se encuentran las mayores concestraciones de población campesina e indígena al interior del AP, dado es el caso de los sectores de ocupación ocupación campesina Saiza – Verde el cual se encuentra conformado de 31 veredas, combirtiéndose en el sector más consolidado en AP y en el cual hay mayores presiones antrópicas a los ecosistemas. Este sector se encuentra localizado en el extremo noroccidental del PNN Paramillo, el sector donde se observa mayor amenaza es el sector Sinú –Manso-Tigre, ubicado en la parte norte del PNN Paramillo, conformado por 16 veredas y es uno de los sectores de ocupación campesina más antiguos del AP.

En cuarta instancia, para la categoría de amenaza Alta corresponde al 14,11% (71.202,86 has), siendo nuevamente el mucipio de Tierralta con mayor área en esta categoría con el 11,68% (58.955,4 has) del territorio, seguido del municio de Montelíbano que corresponde al 1,18%

(5.930,1) y se atribuye a la colindancia con el municipio de Tierralta, con base a lo anterior, se puede establecer que las condiciones para que se de el tipo de amenaza a incendios forestales Alta es muy similar a la categoría anteriormente descrita.

Por ultima instancia, y con menor presentación en el territorio se encuentra la categoría por amenaza a incendios forestales baja que corresponde al 4,27%, (21581,96 has), el municipio con mayor representación es Tierralta con el 1,75% (8.832,5 has) y el municipio de Ituango 1,15% (5.787,4 has). En esta categoría para que se den incendios forestales en amenaza baja, se debe a que la susceptibilidad de la vegetación a incendios de la cobertura vegetal es baja, , baja combustibilidad, sumada a factores climáticos clasificados en amenaza baja y no hay accesibilidad en el zona.

Tabla 16. Calificación de la amenaza a incendios forestales en los municipio con jurisdicción en el PNNP.

Municipios	Muy Alta	%	Alta	%	Moderada	%	Baja	%	Muy Baja	%	Total
Carepa	-	-	1,3	0,0003	31,5	0,01	2,1	0,0004	0,4	0,0001	35,2
Chigorodó	-	-	-	-	2,2	0,0004	1,7	0,0003	130,4	0,03	134,4
Dabeiba	-	-	-	-	-	-	163,0	0,03	10.008,6	1,98	10.171,6
Ituango	45,8	0,01	4.113,9	0,82	47.059,2	9,33	5.787,4	1,15	63.621,2	12,61	120.627,5
Montelíbano	1.357,2	0,27	5.930,1	1,18	5.734,7	1,14	115,2	0,02	1.072,5	0,21	14.209,7

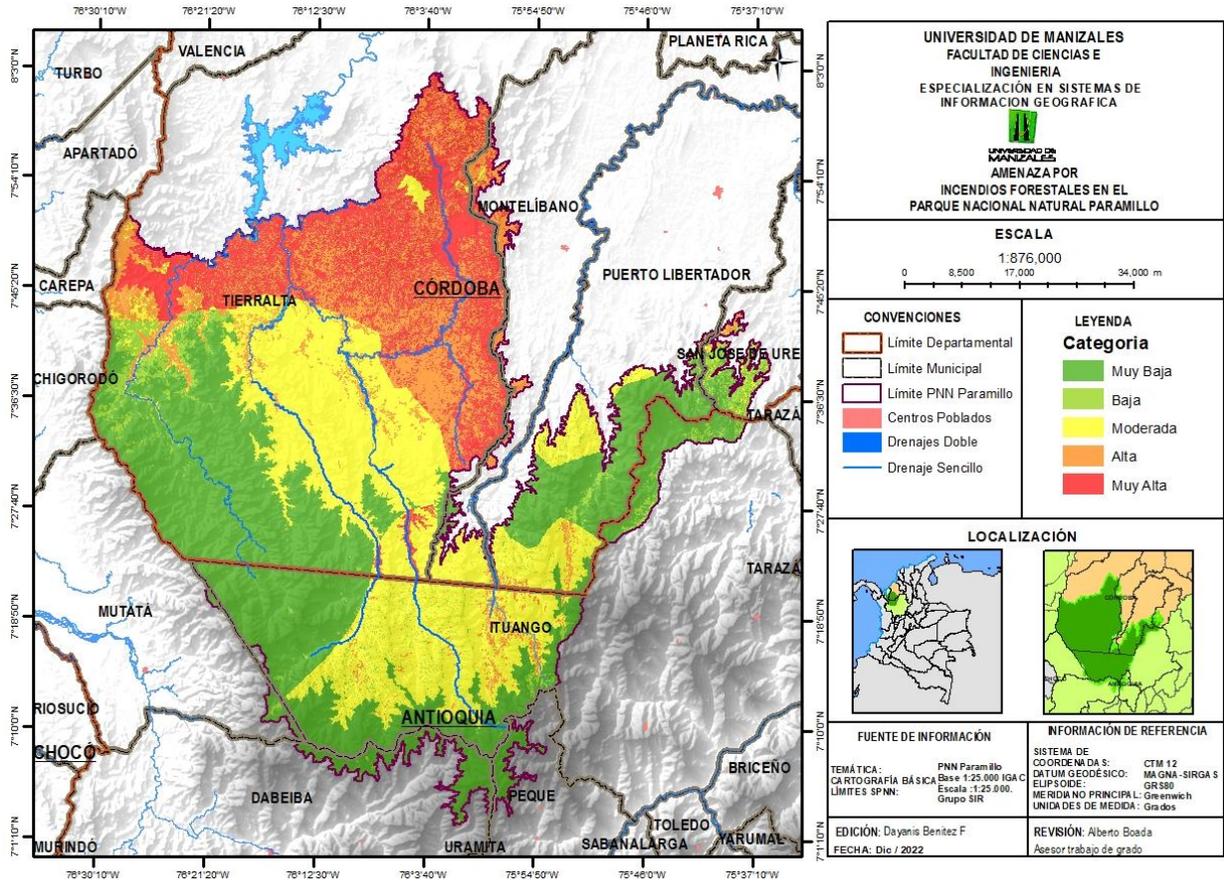
Mutatá	-	-	-	-	-	-	151,1	0,03	1.958,5	0,39	2.109,6
Peque	-	-	-	-	-	-	11,4	0,002	3.717,7	0,74	3.729,1
Puerto Liberator	-	-	1.486,6	0,29	17.118,6	3,39	2.404,8	0,48	27.507,0	5,45	48.517,0
San José De Uré	-	-	715,5	0,14	769,8	0,15	4.112,9	0,82	2.284,3	0,45	7.882,6
Tierralta	76.130,6	15,09	58.955,4	11,68	74.127,2	14,69	8.832,5	1,75	79.181,4	15,69	297.227,1
Total	77.533,5	15,36	71.202,9	14,11	144.843,2	28,70	21.582,0	4,28	189.482,1	37,55	504.643,7

Fuente: Benítez 2023.

Por otra parte, en términos ambientales es indispensable observar las las zonas con bosques naturales y de vegetación alta que presenten niveles de alto riesgo, por lo que, si se llegase a presentar un incendio, estos serían unos de los más afectados. Para este tipo de amenaza, las principales zonas se encuentran en sitios de piedemonte y planicies distribuidas en su mayoría en la parte norte de la zona de estudio.

Por otro lado, las zonas con amenaza muy baja se ubican en la parte sur y occidental de la zona de estudio, a diferencia de los demás niveles aquí se pueden encontrar Bosque densos, nacimiento de ríos, entre otros ecosistemas como los páramos, bosques de niebla y fauna que son objeto de conservación de esta importante área protegida del sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Figura 22. Amenaza por incendios forestales en el Parque Nacional Natural Paramillo.



Fuente: Benítez 2023.

8. Conclusiones

Determinar la amenaza que ocurra incendios forestales en un área protegida es de gran importancia, ya que los incendios son considerados como el factor de perturbación que más daño causa a los ecosistemas, teniendo en cuenta que en este Parque Nacional es de gran importancia a nivel nacional dado que ocupa el 4% del territorio nacional en el que se protegen ecosistemas estratégicos, fauna y flora que hoy en día se encuentran en el libro rojo de especies con mayor amenaza de extinción en el mundo, convirtiéndose en una verdadera amenaza para la biodiversidad.

Con respecto al análisis de la amenaza a incendios forestales en el Parque Nacional Natural Paramillo, se ha establecido, luego del análisis espacial realizado (siguiendo la metodología y directrices del Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal, del IDEAM), que el calculado realizado para el área protegida, más del 15% se encuentra categorizada en amenaza Muy Alta, más del 14% corresponde a una categoría Alta y con mayor representación la amenaza Muy Baja con más del 37% del área total del territorio, lo cual indica que estas tres categorías suman más del 60% de área total, por lo cual se puede determinar en un balance casi de equidad en cuanto a las dos categorías de amenaza.

La mayor parte del área al interior del PNN Paramillo del municipio de Tierralta, categorizada en amenaza Muy Alta y Alta se explica a la metodología utilizada y a la ponderación de los factores desarrollada con base en el IDEAM (2011), considerándose como uno de los factores que tiene mayor peso la ocurrencia de eventos de incendios, abarcando más 26% del cálculo de las dos categorías de amenaza. Otra de las razones que explican la obtención de los resultados, es que en el Municipio de Tierralta los valores de precipitación son bajos y los valores de temperatura y son muy altos con más 37% y para precipitaciones bajas solo un poco más del 3%.

Por otra parte, teniendo en cuenta que el municipio de Tierralta presenta 1.687 eventos de focos de calor o anomalías térmicas, siendo este un número considerable dado que el registro total en los últimos diez años fueron de 1.864, cabe resaltar que estas categorías se representan con mayor relevancia en el municipio debido que es el que mayor área en el PNN Paramillo y mayores

presiones antrópicas, pues se concentran el mayor número de población tanto indígena como campesina.

En la susceptibilidad de la vegetación a incendios predomina la amenaza Baja un poco más del 86% aproximadamente del área del territorio, debido a que la cobertura predominante es la de bosque denso, cobertura que se caracteriza por tener una baja facilidad de ignición, en Muy Alta y Alta solo un poco más del 10%, dado que obedecen las coberturas de pastos, hierbas y cultivos, que a su vez se encuentran los asentamientos de humanos que habitan el área protegida.

La implementación de un SIG para la ejecución de metodología de trabajo permitió realizar un análisis más detallado de los componentes, susceptibilidad de la vegetación a incendios, factor relieve, accesibilidad, factor histórico y factor climático, aprovechando todas las herramientas analíticas y generando múltiples operaciones espaciales que resultan difícilmente accesibles por medios convencionales, además facilitó, en gran manera, la visualización espacial de los resultados de dicho estudio, lo que ayudará a la entidad, municipios y comunidades involucradas en este tema, es decir, permitirá crear mecanismos y políticas de prevención como rutas de atención y alarmas tempranas para mitigar o generar menor impacto en caso de ocurrencia de un incendio forestal al interior del área protegida, lo cual indica que un SIG se convierte en una herramienta para la toma de decisiones.

9. RECOMENDACIONES

El presente trabajo se basó en la implementación de la metodología para el análisis de la Amenaza a incendios forestales, pero es necesario realizar trabajos como este para definir la vulnerabilidad y así combinarla con la amenaza para determinar el riesgo a incendios forestales en el PNN Paramillo, dado que este estudio solo hizo énfasis en la amenaza.

Ahora bien, la problemática de amenazas a incendios forestales debe abordarse desde la prevención y en la educación ambiental, haciendo énfasis en las comunidades tanto campesinas e indígenas que habitan al interior y en la zona con función amortiguadora del área protegida, ya que a causa de sus prácticas tradicionales agropecuarias, disposición final de residuos sólidos, establecimientos de cultivos de uso ilícitos y la tala indiscriminada, son causas que propician los incendios, dado a las condiciones de cada zona, es por ello que es indispensable que a nivel municipal se implementen jornadas de educación ambiental especialmente en las veredas que presentan mayor área de amenaza por incendios, a fin de generar concientización en la población, además de incluir campañas de difusión que incentiven a la utilización de prácticas alternativas a las quemas para la eliminación de desechos sólidos y vegetales.

Implementar un monitoreo más efectivo en las zonas con mayor amenaza a incendios en los municipios y comunidades más vulnerables a través de un sistemas de alertas tempranas o mecanismos de seguimiento directo que permita actuar a tiempo en las comunidades, buscando que haya, de esta manera, una reducción del riesgo a un incendio.

Sería de gran utilidad implementar o crear un sistema de información geográfica en el área protegida que esté en constante alimentación de información y que integre datos prediales, dado que en este trabajo no se pudo abordar hasta esa escala, ya que la información predial es de uso privado de la entidad porque posee información puntual de los habitantes que hacen uso y tenencia de los territorios, lo cual será de gran utilidad a la hora de realizar monitoreos a nivel predial en lo que se refiere a la evaluación del nivel de amenaza o efectos adversos a los constantes incendios controlados que se presentan en esta área protegida.

REFERENCIAS

- Aguilera, C, Armenteras, D, González, F, (2009). Distribución geográfica y temporal de incendios en Colombia utilizando datos de anomalías térmicas. Recuperado el 17 de 04 de 2022, de <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/36107/37525>.
- Agencia para el Desarrollo Internacional de los Estados Unidos – USAID - Oficina de Asistencia para Desastres en América Latina y el Caribe – OFDA - (2001). Curso para Bombero Forestal. Manual del participante. San José de Costa Rica
- Asqui Poma, J. E. (2015) Construcción de un Framework para el diseño de una base de datos espacial basados en shapefiles, aplicado al sistema de infraestructura vial de la provincia de Chimborazo. Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE.
- Arias Murcia, K. Y. (2016). Zonificación de amenazas por incendios forestales en el sector rural del municipio de Tota Boyacá con el empleo de SIG (tesis de pregrado). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Sogamoso, Colombia.
- Beltrán, J. (2013) „Sistema de Información Geográfica. Geografía Física. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia“. Geografía anual, Bogotá, Colombia. Recuperado el 7 de julio de 2022, de <https://geografiaanal.files.wordpress.com/2013/01/sistema-deinformacion-geografica.pdf>
- Castillo, M, Pedernera, P, Peña, E. (2003). Incendios forestales y medio ambiente: una síntesis, Recuperado 4 de 05 de 2022, [global.https://keneamazon.net/Documents/Publications/VirtualLibrary/GRFFS/18.pdf](https://keneamazon.net/Documents/Publications/VirtualLibrary/GRFFS/18.pdf)
- Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge - CVS (2019). en las cuencas del Sinú y San Jorge persiste alerta roja. Recuperado 4 de 05 de 2022, <https://cvs.gov.co/en-las-cuencas-del-sinu-y-san-jorge-persiste-alerta-roja/>
- Esri (2019) „Esri para dummies ¿Qué son los SIG?, Esri Ecuador. Recuperado el 7 de julio de 2022, de <https://www.esri.com/ec/esri-dummies/sig/>.
- Pausas (2020). Incendios forestales una visión desde la ecología. Recuperado el 29 de 05 de 2022, de https://books.google.com.co/books?hl=es&lr=&id=i1jZDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT2&dq=Incendios+forestales+en+el+mundo&ots=0KPyPUyXwH&sig=jJqt3tNWbLm__dnwZiDP6sn6tf4#v=onepage&q=Incendios%20forestales%20en%20el%20mundo&f=false functionality, O. I. (s.f.). Recuperado el 20 de 04 de 2022, de http://spatial-analyst.net/ILWIS/htm/ilwisapp/optimum_index_factor_functionality_algorithm.htm

- Chuvieco, E., Aguado, I., Yebra, M., Nieto, H., Salas, J., Martín, P., . . . Zamora, R. (2014). Desarrollo de un marco para la evaluación del riesgo de incendios utilizando sensores remotos y tecnologías de sistemas de información geográfica. *Modelización Ecológica*, 13. Recuperado el 28 de 05 de 2022, de <https://rac.es/ficheros/doc/00917.pdf>
- Corporación Autónoma Regional del Cesar [CORPOCESAR]. (2011). Mapa de riesgos por incendios forestales en el Departamento del Cesar. Recuperado el 28 de 05 de 2022, de https://www.corpocesar.gov.co/files/INFORME%20FINAL%20MRIF_CESAR.pDf.
- Forero, 2016. Identificación del Riesgo por Incendios Forestales en el Municipio de Villa de Leyva, Boyacá a Través de un Sistema de Información Geográfica y Percepción Remota como Complemento al Plan de Atención y Prevención de Desastres y Gestión del Riesgo Municipal. Recuperado el 29 de 05 de 2022, de <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4554>
- Gutiérrez, A. (2009) „Base de Datos. Centro Cultural Itaca S.C.” Centro Cultural Itaca S.C.
- Guzmán, G., & Rodriguez, A. (2008). Modelos de Riesgo y Vulnerabilidad a Incendios Forestales a partir de condiciones naturales y antrópicas; Caso de Estudio Parque Nacional Tunari. Documento Técnico Proyecto FOMABO CIIFOR, 27.
- Hernández Yoc, H. J. (2014) Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Herrera, J, (2016) Implementación de herramientas de teledetección y SIG para la determinación de zonas de riesgo por incendios forestales en remanentes y relictos de bosque seco tropical del municipio de Ocaña Norte de Santander. proyecto de grado. Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña. Recuperado el 29 de 05 de 2022, de <http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/handle/123456789/1566>
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático [IDIGER]. (s.f.). Riesgo por Incendio Forestal en Colombia. Recuperado el 17 de 04 de 2022 <https://www.idiger.gov.co/rincendiof>
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (2010). Estudio Nacional del Agua. Bogotá: IDEAM
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100000. Bogotá D.C., Colombia.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2017). Informe del Estado del Ambiente y Los Recursos Naturales Renovables. Bogotá. Recuperado 5 de 05 de 2022, de

Ideam.<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023890/EstadoMedioAmbiente.pdf>

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (2018). Parque Nacional Natural Paramillo, principal foco en alertas de deforestación. *El Tiempo*, págs. 01-03. Recuperado 5 de 05 de 2022, de <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/el-parque-paramillo-es-nucleo-de-deforestacion-en-el-segundo-trimestre-de-2018-261322>
- Instituto para la conservación de la naturaleza, ICONA, (1982). Manual de valoración de pérdidas por incendios forestales. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Subdirección General de Protección de la Naturaleza, Sección Incendios Forestales, Madrid, 142 pp.
- Instituto Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático [IDIGER]. (2017). Mapa de susceptibilidad por incendios forestales escala 1:25.000. Bogotá D.C., Colombia
- Instituto Distrital De Gestión De Riesgos Y Cambio Climático (IDIGER). (2019). Incorporación de la gestión de riesgo de desastres en la revisión ordinaria y actualización del plan de ordenamiento territorial de bogotá D.C. Recuperado 16 de 01 2023, dp.gov.co/sites/default/files/POT/4-DOCUMENTO_TECNICO_DE_SOPORTE_14-06-19/DT04_Anexo14_MapadeAmenaza_porIncendiosForestales.pdf.
- NASA- LANCE-FIRMS, Fire Information for Resource Management System. Recuperado el 20 de 11 de 2022, <https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/>.
- Mejía Quesada, C. E. (2017). Zonificación de Riesgos a incendios forestales en la cuenca del Río Coello en el Departamento del Tolima (tesis de especialista). Universidad de Manizales, Manizales, Colombia.
- Moreno, J, (2019). *El Tiempo*. Parque Nacional Paramillo, principal foco en alertas de deforestación. Recuperado 4 de 05 de 2022, de <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/el-parque-paramillo-es-nucleo-de-deforestacion-en-el-segundo-trimestre-de-2018-261322>
- Ossa (2013), Estructuración y montaje de un sistema de información geo-referenciada como instrumento de apoyo para la formulación y puesta en marcha del programa regional para la prevención y mitigación de incendios forestales en Caldas. Recuperado 4 de 05 de 2022, de <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/433>
- Olaya, V. (2014) Sistemas de Información Geográfica. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos. España. Recuperado el 10 de julio 2022, de : <https://volaya.github.io/libro-sig/index.html>
- Paramillo, P. d. (2005). Parque Nacional Natural Paramillo Plan de Manejo 2004 – 2011. Unidad administrativa especial del sistema de parques nacionales naturales de Colombia.

- Páramo Rocha, G. E. (2011). Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al fuego. En D. Armenteras Pascual, F. H. Bernal Toro, F. González Alonso, M. Morales Rivas, J. D. Pabón Caicedo, G. E. Páramo Rocha, & Á. Parra Lara, Incendios de la cobertura vegetal en Colombia (págs. 73-144). Cali: Universidad Autónoma de Occidente
- Valdiviezo Castro, A. L. (2019) Manejo del software QGIS para gestionar datos de redes de distribución de agua en la Urb. Miraflores. Universidad de Piura.
- Vargas-Sanabria, D., & Campos-Vargas, C. (2018). Modelo de vulnerabilidad ante incendios forestales para el Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. Cuadernos de Investigación UNED, 435-446.
- Vicente y López, Francisco Javier de (2012). Diseño de un modelo de riesgo integral de incendios forestales mediante técnicas multicriterio y su automatización en sistemas de información geográfica: una aplicación en la Comunidad Valenciana. Tesis (Doctoral), E.T.S.I. Montes (UPM). Recuperado el 5 05 de 2022, de <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.14779>.