



**IDENTIFICACION ESPACIAL DE AREAS CON AMENAZA DE INCENDIO
FORESTAL EN ELMUNICIPIO DE COTA CUNDINAMARCA, EMPLEANDO
SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA A ESCALA 1:25.000.**

NICOLAS SANCHEZ CASTILLO

Código

Universidad Antonio Nariño

Postgrado Sistemas de Información Geográfica

Facultad de Ciencias Ambientales

Bogotá, Colombia

2023

**IDENTIFICACION ESPACIAL DE AREAS CON AMENAZA DE INCENDIO
FORESTAL EN ELMUNICIPIO DE COTA CUNDINAMARCA, EMPLEANDO
SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA A ESCALA 1:25.000.**

Nicolas Sánchez Castillo

Facultad de ciencias ambientales, Universidad Antonio Nariño

Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Especialista en Sistemas de Información Geográfica.

Director (a):

M.Sc. Raul Echeverri Barreto

Línea de Investigación:

Gestión Ambiental

Grupo de Investigación:

Gresia.

Universidad Antonio Nariño

Postgrado Sistemas de Información Geográfica

Bogotá, Colombia

2023

NOTA DE ACEPTACIÓN

El trabajo de grado titulado

_____.

Cumple con los requisitos para optar

Al título de _____.

Firma del Tutor

Firma Jurado

Firma Jurado

Ciudad, Día Mes Año.

Contenido

	<u>Pág.</u>
Resumen.....	7
Abstract.....	8
1. Introducción.....	9
2. Justificación.....	10
3. Planteamiento del problema	11
4. Marco Teorico	13
5. Normatividad.....	21
6. Objetivos.....	23
7. Estado del Arte	23
8. Metodologia.....	26
9. Resultados.....	47
10. Recomendaciones	51
11. Conclusiones.....	53
12. Bibliografía.....	55
Anexos	59

Lista de figuras

Figura 1. Delimitación de área de estudio	27
Figura 2. Cobertura Corine Land Cover	28
Figura 3. Categorización tipo Combustible	29
Figura 4. Categorización duración Combustible	32
Figura 5. Categorización carga total	34
Figura 6. Temperatura media anual	36
Figura 7. Amenaza por Temperatura media anual.....	38
Figura 8. Precipitación media anual	39
Figura 9. Amenaza por precipitación.....	40
Figura 10. Pendientes.....	41
Figura 11. Amenaza por pendientes	43
Figura 12. Amenaza por factor vial	44
Figura 13. Mapa por amenaza de incendios forestales	47
Figura 14. Modelo de elevación (amenaza incendios forestales) Fuente: Autor.....	60

Lista de tablas

Tabla 1. Incendios forestales ocurridos anteriormente en el municipio	19
Tabla 2. Marco normativo de Incendios Forestales	21

Tabla 3. Categorización tipo Combustible. fuente autor. tomada del protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal.	30
Tabla 4. Categorización duración Combustible. fuente autor. tomada del protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal	32
Tabla 5. Categorización carga total. fuente autor. tomada del protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal	34
Tabla 6. Estaciones climatológicas tomadas de la plataforma del IDEAM.....	35
Tabla 7. Categorización por temperatura media anual tomada del protocolo del IDEAM	37
Tabla 8. Categorización precipitación media anual	40
Tabla 9. Clasificación del factor pendiente.....	42
Tabla 10. Clasificación de susceptibilidad por accesibilidad	44
Tabla 11. Calificación de amenaza a incendio forestal del municipio.....	48

Resumen

El presente proyecto técnico contiene la zonificación de amenaza a incendios forestales de cobertura vegetal con una escala de 1:25.000 en el municipio de Cota, Cundinamarca el cual abarca un área de 52 Km², donde una gran cantidad de territorio pertenece a el área de protección ambiental el Serró del Majuy donde en años pasados se presentaron incendios foréstaes.

Para dicho estudio se genera una evaluación y análisis de información donde se encuentran factores de relieve, Clima, Combustibles, vegetación. Esto tomado como referencia el “Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgo a incendios de la cobertura vegetal” IDEAM 2012.

En cada resultado se encuentra niveles de amenaza que se clasificaron, muy baja con un porcentaje de 1.56% con respecto al área del municipio, amenaza baja representa el 19.46% en donde se incluyen construcciones, amenaza media representa el 80.56% y por último tenemos el nivel de amenaza alta que representa el 0.21%, este se encuentra en su mayor parte en la zona montañosa del municipio.

Palabras claves: Amenaza, incendio, cobertura, clima, relieve

Abstract

This technical project contains the zoning of the threat of forest fires of vegetation cover with a scale of 1:25,000 in the municipality of Cota, Cundinamarca, which covers an area of 52 km², where a large amount of territory belongs to the environmental protection area. the Serró del Majuy where in past years there were forest fires.

For this study, an evaluation and analysis of information is generated where relief factors, Climate, Fuels, vegetation are found. This is taken as a reference to the "Protocol for the preparation of fire risk zoning maps of vegetation cover" IDEAM 2012.

In each result there are levels of threat that were classified, very low with a percentage of 1.56% with respect to the area of the municipality, low threat represents 19.46% where constructions are included, medium threat represents 80.56% and finally we have the High threat level that represents 0.21%, this is found mostly in the mountainous area of the municipality.

Keywords: Threat, fire, coverage, climate, relief

1. Introducción

Los incendios forestales son fenómenos que alteran y degradan el medio ambiente, flora, fauna y el nivel socioeconómico, esto se debe a que el fuego puede propagarse fácilmente según la zona y los factores de clima, suelo, temperatura y humedad.

El fin del proyecto es identificar las zonificaciones por amenaza de incendios forestales en todo el territorio del municipio de Cota – Cundinamarca. Para esto se realizan una serie de procesos en los cuales se obtienen índices de carga, duración y tipo de combustibles, pendiente del suelo, cobertura vegetal, temperatura y precipitación que permiten identificar las zonas con niveles altos, medios, bajos y muy bajos de amenaza para el municipio, ubicando y reconociendo cada zona y la probabilidad de ocurrencia a incendios.

Para el territorio del municipio se encuentra que los niveles en porcentaje por amenaza son muy bajos con un porcentaje de 1.56% con respecto al área del municipio, amenaza baja representa el 19.46% en donde se incluyen construcciones, amenaza media representa el 80.56% y por último tenemos el nivel de amenaza alta que representa el 0.21%, este se encuentra en su mayor parte en la zona montañosa del municipio.

2. Justificación

La falta de información en el municipio acerca de las amenazas y riesgos asociados a los incendios forestales ha generado la incapacidad de identificar y priorizar las áreas con niveles elevados de peligro, dificultando así la implementación de una gestión efectiva para dichas zonas (Consortio POT Cota, 2022).

Con el objetivo de abordar esta problemática, surge esta investigación con el propósito de llevar a cabo una identificación exhaustiva de todas las zonas de la serranía que se han visto afectadas por incendios en el municipio. A través de este estudio, se busca comprender de manera integral los factores que contribuyen a la ocurrencia de estos eventos en áreas específicas. Para lograr este objetivo, se emplea un sistema de información geográfica que permite evaluar cada uno de los factores involucrados, proporcionando un conocimiento espacial detallado de las áreas con un alto nivel de amenaza de incendios en el municipio de Cota, Cundinamarca.

La Ley 1523 "Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones" (Congreso de la República de Colombia, 2012) reconoce la importancia de incluir el riesgo de incendios y atribuye responsabilidades a los municipios en términos de conocimiento, reducción del riesgo y manejo de desastres. Por lo tanto, resulta necesario implementar un sistema de información geográfica que permita evaluar las características y la interacción de los factores involucrados, con el fin de obtener un conocimiento espacial de las áreas propensas a incendios. Esto facilitará la identificación

de las zonas que representen algún grado de amenaza y brindará apoyo en la atención, coordinación y planificación de proyectos relacionados.

Esta investigación tiene como finalidad proporcionar a las autoridades locales y a los encargados de la gestión del territorio una herramienta efectiva para la toma de decisiones y la implementación de estrategias de prevención y mitigación de incendios forestales. Al obtener información precisa y actualizada sobre las áreas más vulnerables, se podrán establecer medidas de protección adecuadas y asignar recursos de manera eficiente, con el fin de minimizar los impactos negativos de estos desastres naturales en el municipio (Ministerio de Ambiente y Desarrollo, 2021) .

3. Planteamiento del problema

En Colombia, los incendios de la cobertura vegetal tienen un impacto significativo en la biodiversidad, la sostenibilidad de los recursos naturales y ciertas actividades humanas. Estos incendios ocurren de manera recurrente durante los periodos secos anuales, que se extienden desde diciembre hasta marzo, y durante la segunda temporada seca en julio y agosto. Durante estos periodos, se observa un aumento en la frecuencia y el área afectada, especialmente en la región Andina. Las causas de estos incendios están relacionadas tanto con las prácticas tradicionales de quema para la expansión de actividades, como con la falta de conciencia ambiental de la población (IDEAM, 2011).

Cota, un municipio ubicado en la provincia de Sabana a Bogotá, Colombia, se destaca por su superficie total de 55 Km² y una altitud media de 2566 m.s.n.m. La vocación económica de la región se centra en la actividad agroindustrial y la diversidad de

productos agrícolas cultivados en la zona. Además, el municipio alberga una destacada actividad industrial, con diversas zonas industriales que contribuyen significativamente a la economía local. Cota también se ha convertido en un polo de atracción para instituciones educativas, lo cual ha generado un gran interés y una creciente concentración de estas instituciones en el área.

Dentro del contexto de este municipio, se identifica un problema relacionado con la falta de información acerca de las áreas que presentan distintos niveles de amenaza ante incendios de la cobertura vegetal. Esta carencia de datos limita la capacidad de las autoridades locales y los responsables de la gestión del territorio para priorizar y gestionar adecuadamente estas zonas en términos de prevención y mitigación de incendios forestales (Arias, 2016).

En este sentido, surge la siguiente pregunta de investigación como objetivo principal: ¿Qué áreas específicas del municipio de Cota, en Cundinamarca, presentan niveles de amenaza alta, media y baja en términos de incendios de la cobertura vegetal?

La respuesta a esta pregunta permitirá generar un conocimiento detallado y espacialmente referenciado de las áreas del municipio que enfrentan una mayor vulnerabilidad y riesgo ante los incendios forestales. Con esta información, se podrán implementar estrategias y medidas de prevención y manejo adaptadas a cada nivel de amenaza identificado, con el propósito de minimizar los impactos negativos de estos eventos en la comunidad, el entorno natural y la economía local. Con el fin de mejorar la gestión y la toma de decisiones en materia de prevención y mitigación de estos eventos.

4. Marco Teorico

4.1. Definición de incendios forestales

Los incendios forestales son eventos de fuego que ocurren en áreas cubiertas principalmente por vegetación natural, como bosques, selvas, arbustos y pastizales.

Los incendios forestales son eventos de fuego no controlado que se desarrollan en áreas naturales, como bosques, selvas, praderas y otras zonas de vegetación. Estos incendios pueden propagarse rápidamente debido a la acumulación de material vegetal seco, las condiciones climáticas desfavorables y la presencia de combustibles inflamables (Garcia, s.f).

Los incendios forestales se caracterizan por la rápida propagación del fuego, que puede ser impulsada por factores como la sequedad de la vegetación, altas temperaturas, baja humedad y vientos fuertes. Estas condiciones favorecen la combustión y permiten que el fuego se extienda rápidamente, consumiendo la vegetación, árboles y otros elementos presentes en el ecosistema (IDEAM, 2019).

Un incendio de la cobertura vegetal se refiere a la propagación de fuego que afecta a las áreas naturales cubiertas por vegetación, como bosques, selvas, praderas o arbustos. Este tipo de incendios puede ser causado por diversas razones, como actividad humana irresponsable, descuido, quemas no controladas, rayos o condiciones climáticas extremas. El fuego se propaga rápidamente a través de la vegetación seca y puede resultar en la destrucción de vastas áreas naturales, así como en la pérdida de biodiversidad, daños ambientales y amenazas para la vida silvestre y las comunidades humanas. Combatir y

prevenir incendios de la cobertura vegetal requiere esfuerzos de gestión del fuego, vigilancia, conciencia ambiental y medidas preventivas adecuadas (Ramirez, 2020).

4.1.1. Partes de un incendio forestal:

- Borde: Línea perimetral que está ardiendo.
- Cabeza o frente: Extremo de la elipse por donde avanza más rápidamente el fuego.
- Flancos: Bordes laterales de la elipse.
- Cola: Extremo de la elipse en donde el fuego avanza con lentitud.

4.2.Causas y factores de riesgo de los incendios forestales

Los incendios forestales pueden ser causados por diferentes factores, como la actividad humana (quemadas agrícolas no controladas, negligencia, fuegos intencionales, etc.) o fenómenos naturales (rayos, erupciones volcánicas, etc.). Una vez iniciados, pueden extenderse rápidamente, quemando vegetación, árboles, fauna silvestre y afectando gravemente los ecosistemas naturales (Carrillo, 2019).

4.3.Combustibles Vegetales

En las zonas montañosas, los combustibles vegetales incluyen una amplia variedad de plantas vivas, así como los residuos y desechos derivados de ellas. Por lo tanto, es posible realizar una clasificación inicial de los combustibles vegetales de la siguiente manera:

Combustibles vivos: Hiervas, matas, arbustos, arboles

Combustibles muertos: Tocones, ramas caídas, hojarasca, pasto seco. Tanto unos como otros influirán sobre el fuego según presenten una serie de condiciones entre las que cabe destacar:

1. Grado de combustibilidad.
2. Cantidad de combustible.
3. Densidad de la vegetación.
4. Estratificación de la vegetación.
5. Humedad del combustible.

Los combustibles vegetales desempeñan un papel crucial en la propagación y gravedad de los incendios forestales. La acumulación de biomasa vegetal seca, como hojas, ramas y troncos caídos, crea un entorno propicio para la rápida propagación del fuego en los bosques. Además, la presencia de vegetación viva, como arbustos y árboles, actúa como combustible adicional durante los incendios (Manrique, 2011).

Sin embargo, también es importante tener en cuenta que no todos los combustibles vegetales son iguales en términos de inflamabilidad y capacidad de propagación del fuego. Algunas especies vegetales tienen mayor contenido de resinas, aceites o estructuras adaptadas a la propagación del fuego, lo que las convierte en combustibles más peligrosos.

La gestión adecuada de los combustibles vegetales es esencial para reducir el riesgo y la gravedad de los incendios forestales. Esto implica medidas como la limpieza de la vegetación muerta y el mantenimiento de cortafuegos, así como la implementación de prácticas de manejo forestal sostenible y la promoción de estrategias de prevención y detección temprana de incendios (Reyes, 2016).

En resumen, el entendimiento y manejo de los combustibles vegetales desempeñan un papel fundamental en la prevención y control de los incendios forestales, permitiendo la protección de los ecosistemas naturales, la seguridad de las comunidades y la preservación de los recursos naturales.

4.4. Impactos de los incendios forestales

Además de representar una amenaza para la flora y fauna del área afectada, los incendios forestales pueden tener impactos significativos en el medio ambiente y las comunidades humanas. Pueden destruir hábitats naturales, afectar la calidad del aire debido a la emisión de humo y partículas, dañar fuentes de agua y recursos naturales, poner en peligro la vida y la propiedad de las personas, así como afectar la economía local y el turismo (Jimenez, 2016).

4.5. Gestión y prevención de incendios forestales

La prevención, la detección temprana y la rápida respuesta son fundamentales en la gestión de incendios forestales. Esto implica la implementación de medidas como la educación sobre prácticas seguras, la promoción de la gestión forestal sostenible, el monitoreo de condiciones meteorológicas y de vegetación, la planificación de incendios controlados y la movilización de recursos para la extinción y mitigación de incendios (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2002).

La gestión integral de los incendios forestales implica la cooperación entre organismos gubernamentales, comunidades locales, expertos en incendios forestales y la

sociedad en general, con el objetivo de prevenir y reducir el impacto de estos eventos, así como de promover la restauración y rehabilitación de los ecosistemas afectados.

Con el objetivo de aplicar información geográfica en el presente proyecto se pretende implementar las facultades que está nos brinda para generar un estudio en Cota, Cundinamarca en Colombia, teniendo en cuenta las principales problemáticas que afectan la zona e impactan el componente natural, causando graves consecuencias ecológicas. Es por ello, que es de suma importancia exponer los componentes que se afectan ante el problema planteado (Consortio POT Cota, 2022).

Uno de los componentes que se ven amenazados son los bosques los cuales se consideran vitales para el sostenimiento de vida generando beneficio a las personas, plantas, animales, control del clima del planeta y precipitaciones. Para el Ministerio de Ambiente de Colombia *“Los bosques, son importantes para preservar la vida en el planeta, con sus funciones principales como son la de albergar la mayor biodiversidad y las que ejerce en las múltiples regulaciones, en especial la climática, se hace necesario informar sobre los impactos que generan los incendios forestales y la necesidad de priorizar las acciones que conduzcan a evitar la presencia de estos eventos”* (Los Incendios Forestales Y la Importancia de la Gestión del Riesgo en Prevención, 2009).

Por otro lado, es de suma importancia tener claridad sobre el significado de lo que es un incendio forestal, el cual significa que es una llama que se propaga descontroladamente en una zona rural o urbana la cual tiene graves afectaciones en el medio ambiente (ecosistemas), socialmente y económicamente, los incendios forestales tienen 3 facetas en las cuales se entienden como:

- **Iniciación:** por alguna causa natural o antrópica.
- **Propagación:** es la extensión de fuego por diferentes causas como vientos, temperatura, vegetación, humedad, etc.
- **Extinción:** Eliminación de energía por procedencias naturales o por acción humana para reducir el incendio.

ArcGis es una plataforma la cual utiliza imágenes satelitales que nos permite identificar y recopilar toda la información geográfica para así observar diferentes parámetros con los que cuenta el lugar. Este proyecto se realizó mediante el geo procesamiento de imágenes satelitales utilizando el software ArcGIS en donde se obtiene un mapa final de riesgo (alto, medio y bajo), identificando cada nivel de amenaza con un color diferente para obtener una mejor visualización de los posibles lugares en amenaza. Utilizando así una zonificación de qué lugar es más amenazado en los municipios mencionados anteriormente (ESRI, 2015).

4.6. Incendios forestales en el municipio de Cota, Cundinamarca

El Cerro Majuy, formado por montañas entre los municipios de Cota, Chía y Tenjo, ha sido afectado por incendios forestales generados por el hombre, vegetación excesiva e invasiva, excedentes de cultivos y/o ganadería, urbanización y desconocimiento de la población local, lo cual genera la desaparición de los bosques alto andinos de estas montañas. Los incendios forestales pueden tener enormes consecuencias en un corto período de tiempo, afectando directamente la fauna del ecosistema, reduciendo la disponibilidad de agua y restaurando el suelo (IDEAM, 2019).

Es importante recalcar que en este cerro se encuentra vegetación invasiva la cual es un componente que al darse un incendio forestal generaría mayor impacto, por ejemplo alguna de la vegetación es: el eucalipto el cual absorbe grandes cantidades de agua, acidifica el suelo y su sabia es altamente inflamable; el pino canadiense que genera gran cantidad de hojarasca, en un incendio, aportando en la propagación del fuego; y también se dice que con el calor de un incendio las semillas del retamo liso y espinoso logran extender rápidamente el fuego. (Moreno, 2007)

Como se puede observar en la tabla No1 para año 2013 el incendio forestal presentado en el cerro, alcanzo a consumir un poco más de 10 hectáreas de bosque nativo siendo totalmente extinto, generando grandes afectaciones al ecosistema, y de gran preocupación a poblaciones rurales cercanas a este. De aquí la importancia y la necesidad de tener estrategias de reacción en caso de emergencia inmediata.

Tabla 1.

Incendios forestales ocurridos anteriormente en el municipio

Fecha Inicio	Tipo de evento	Sitio	Observaciones de efectos
04/02/1985	Incendio forestal	Vereda Cetime	No registra
25/08/1993	Incendio forestal	Hacienda San Fernando, vía Siberia	Afectación de 30 hectáreas

25/01/1995	Incendio forestal	Cerro Majuy	Un mes duro la contingencia provocada por el incendio forestal
1/04/1996	Incendio forestal	Cerro Majuy	Afectación de 40 hectáreas y ocho días de trabajos para sofocar el incendio
31/01/2001	Incendio forestal	Cerro Majuy	No registra
2/02/2007	Incendio forestal	Cerro Majuy	No registra
14/01/2013	Incendio forestal	Cerro Majuy	Se evacuaron 7 familias de 7 viviendas por encontrarse en riesgo; de igual manera se notificaron 30 familias para posible evacuación hay afectación de unas 11 hectáreas de pino resinoso; eucalipto, rastrojo y vegetación; se hicieron cortafuegos en la nueva afectación hombres combaten llamas que sobrepasan los 50 metros, desde el aire los helicópteros lanzan agua mezclada con sustancias especiales para intentar sofocar el fuego que se aviva
27/07/2013	Incendio forestal	Cerro Majuy	Incendio forestal en el municipio de Cota, atienden bomberos Chía, Cota y Tenjo
01/03/2015	Incendio forestal	Cerro Majuy	Afectación de 2 hectáreas de bosque nativo. Atendió defensa civil de Tabio, Tenjo y cota con el apoyo del CMGRD del municipio

Fuente autor

5. Normatividad

Tabla 2.

Marco normativo de Incendios Forestales

Norma	Año	Comentario
Ley 1523 “Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones”	2012	<p>La Ley de Gestión del Riesgo en Colombia tiene un alcance amplio y abarca diversos aspectos relacionados con los riesgos. Además de regular la gestión del riesgo en general, esta ley también aborda específicamente el tema de los incendios forestales. Define la Gestión del riesgo como un proceso social que incluye la planificación, ejecución, seguimiento y evaluación de acciones preventivas y de respuesta.</p> <p>Esta ley asigna una responsabilidad destacada a los entes territoriales en la gestión del riesgo, en particular a los municipios y a las Corporaciones Autónomas Regionales. Reconoce su papel clave en la implementación de medidas de prevención, mitigación y atención de los riesgos.</p> <p>Es importante destacar que esta Ley de Gestión del Riesgo en Colombia sustituye a la Ley 46 de 1988, el Decreto Ley 919 de 1989 y cualquier otra normativa que sea incompatible con sus disposiciones. Con esta derogación, se busca garantizar una legislación actualizada y coherente que promueva una gestión integral y eficiente de los riesgos en el país.</p>
Ley 1333 “Por el cual se establece el procedimiento sancionatorio Ambiental y	2009	<p>La comisión de daños al medio ambiente constituye una infracción ambiental que conlleva sanciones administrativas.</p>

se dictan otras disposiciones”		
Ley 599 “Por la cual se expide el Código Penal”	2000	En esta legislación se establece como delito punible con pena de prisión el acto de provocar incendios en áreas forestales, recursos florísticos o en zonas de especial relevancia ecológica.
Decreto 2340 “Por el cual se dictan unas medidas para la organización en materia de prevención y mitigación de incendios forestales y se dictan otras disposiciones”	1997	Basándose en el Decreto Ley 919 de 1989 (derogado) y la Ley 99 de 1993 (vigente), se establece la creación de la Comisión Nacional Asesora para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales, con el propósito de brindar asesoría en materia de prevención y mitigación de dichos incendios. Además, esta ley también establece la creación de comisiones departamentales y municipales con el mismo fin.
Ley 99 “Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.”	1993	La Ley establece principios ambientales claros, especialmente en lo que respecta a la prevención de desastres. Se destaca que la prevención y mitigación de riesgos es de interés colectivo, y las medidas adoptadas para tal fin son de obligatorio cumplimiento. En cuanto a las funciones del Ministerio, se incluye la responsabilidad de llevar a cabo el seguimiento, evaluación y control de los factores de riesgo ecológico.
Decreto Ley 2811	1974	“Los artículos del 243 al 245 regulan aspectos relacionados con la organización y control de los incendios forestales, responsabilidad de la administración local y de los propietarios de fincas”

Fuente: (Gelvez, 2013)

6. Objetivos

6.1.Objetivo General

Delimitar la zonificación de amenaza a incendios en las coberturas en el municipio de Cota, Cundinamarca en una escala de 1:10.000

6.2.Objetivos Específicos

- Analizar mediante un sistema de información geográfica los factores que pueden ocasionar la ignición, duración y propagación de incendios en las coberturas.
- Caracterizar las zonas del municipio en los rangos alto, medio y bajo respecto a la amenaza de incendios en la cobertura del municipio.
- Analizar el mapa de amenaza por incendios forestales y las zonas con altos niveles de incendios en la cobertura vegetal.

7. Estado del Arte

Los incendios forestales representan una seria amenaza para los ecosistemas naturales, la biodiversidad y las comunidades humanas en todo el mundo. Estos eventos de fuego no controlado pueden tener efectos devastadores, causando la destrucción de vastas áreas de vegetación, la pérdida de hábitats y la emisión de gases y partículas nocivas al ambiente (Rojas, 2017).

En los últimos años, la frecuencia e intensidad de los incendios forestales ha aumentado significativamente, lo que ha despertado una creciente preocupación a nivel mundial. Los impactos del cambio climático, la gestión inadecuada de los bosques, la

expansión urbana descontrolada y las prácticas agrícolas no sostenibles son algunos de los factores que contribuyen a este escenario preocupante.

Ante este panorama, es crucial realizar un estado del arte que brinde una visión general y actualizada de la literatura existente sobre la amenaza por incendios forestales. Este estado del arte tiene como objetivo resumir y analizar los estudios científicos, informes técnicos y otros recursos relevantes que abordan diferentes aspectos relacionados con la prevención, detección, control y mitigación de los incendios forestales.

El presente estado del arte examinará los avances en la comprensión de los factores que contribuyen a la propagación de los incendios forestales, las estrategias de prevención y respuesta implementadas a nivel nacional e internacional, las tecnologías utilizadas para la detección temprana y el monitoreo de incendios, así como los enfoques de restauración de áreas afectadas.

Además, se analizarán los desafíos y las brechas en la investigación existente, identificando áreas donde se requiere una mayor atención y colaboración para enfrentar de manera efectiva la amenaza de los incendios forestales.

Mediante este estado del arte, se espera proporcionar una base sólida de conocimiento que contribuya a la formulación de políticas, la toma de decisiones y la implementación de medidas efectivas para mitigar y prevenir los impactos negativos de los incendios forestales.

En el año 2011 el IDEAM desarrollo el Protocolo para la Realización de Mapas de Zonificación de Riesgos a Incendios de la Cobertura Vegetal, con el propósito de establecer un protocolo como herramienta para el modelamiento espacial que permita a las autoridades regionales y locales responsables de la prevención, control y posterior restauración de áreas, elaborar mapas de riesgo que permitirá realizar un monitoreo y seguimiento de los incendios de cobertura vegetal (IDEAM, 2011).

Los Sistemas de Información Geográfica son indispensables para el manejo y procesamiento de datos especiales constituyéndose en una herramienta de gran importancia para la zonificación y monitoreo de áreas de interés como se muestra en 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” (Arias, 2016).

El documento “Evaluación del grado de amenaza total por incendios de la cobertura vegetal en la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR” (Gómez, 2019), se enfoca en el análisis de cambios en el grado y distribución de la amenaza total por incendios en la cobertura vegetal que tienen relación con el fenómeno del niño y su distribución en la zona de estudio.

8. Metodología

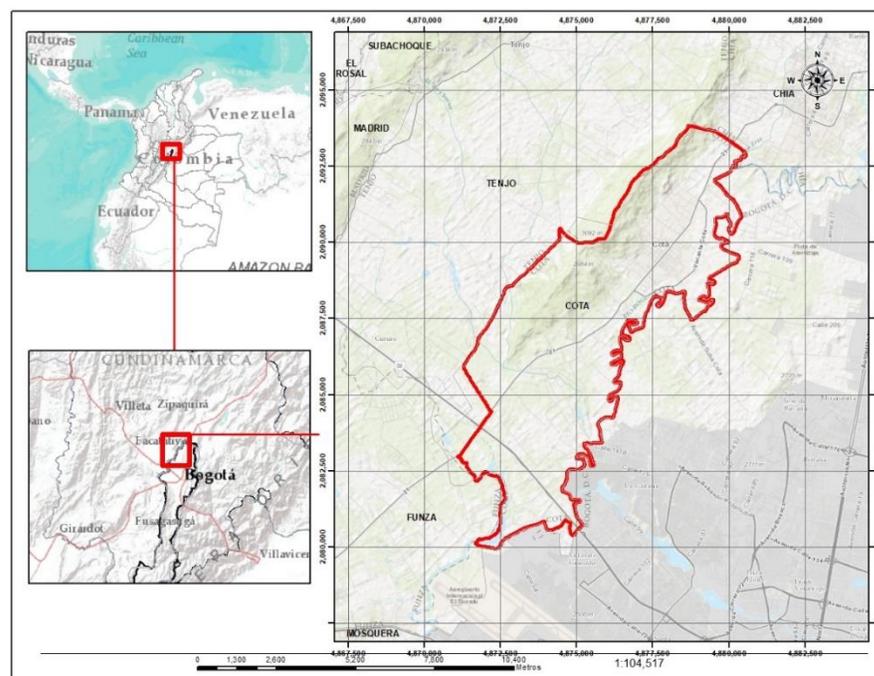
Este proyecto se desarrolla teniendo como guía el “Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal a escala 1:100.000” establecido por el IDEAM en el año 2011. Para el proyecto se utilizaron los insumos a escala 1:25.000.

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron diferentes insumos los cuales permiten generar el modelo de factor de amenaza a incendios en la cobertura vegetal.

8.1. Delimitación área de estudio

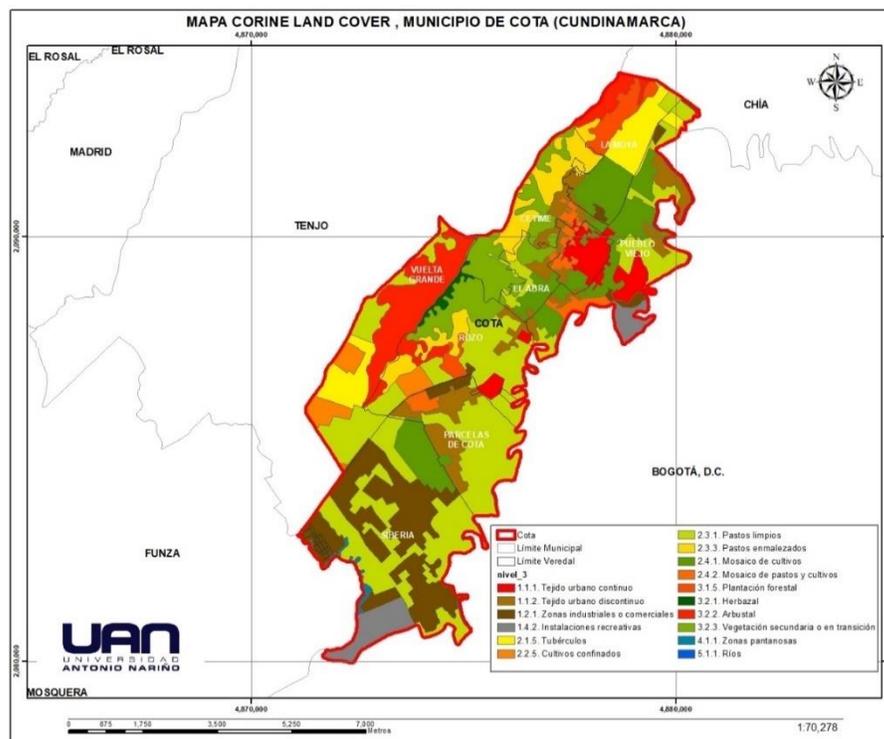
El municipio de cota Cundinamarca limita al norte con el municipio de Chía, sur con Bogotá y al noroeste con el municipio de Tenjo, posee una altitud de 2566 m.s.n.m, temperatura promedio de 13.5°C.

Las planchas correspondientes a el municipio según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi son 227IID2, 227IID4, 227IID3 227IVB1, 227IVB2, 227IVB3 y 227IVB4. En una escala 1:10.000.

Figura 1.*Delimitación de área de estudio**Fuente: Autor*

8.2. Mapa de cobertura vegetal

Para la realización del mapa de cobertura vegetal se utiliza como insumo base la capa del IDEAM “coberturas de la tierra línea base (2000-2002)” en escala 1:10.000 en donde se realiza un clip mediante el software ArcGIS versión 10.8 al área de estudio para determinar únicamente las coberturas presentes en el municipio de Cota, una vez identificadas las coberturas se hace una clasificación de acuerdo al nivel 3 según la metodología Corine Land Cover y se realiza una salida cartográfica en donde se diferencian los tipos de coberturas presentes mediante una escala de colores.

Figura 2.*Cobertura Corine Land Cover**Fuente: Autor*

Para el municipio, se identificaron diferentes índices de cobertura vegetal, los cuales se distribuyen de la siguiente forma; en el casco urbano del municipio, como se evidencia en la figura No 3, no existe ningún tipo de cobertura vegetal en la zona centro de Cota, en la zona suroccidente del municipio donde se encuentran las veredas; Pueblo Viejo, Siberia, Parcelas y Rozo, presentan cultivos anuales o transitorios. En la zona noroccidente del municipio donde se ubican las veredas; La Moya, Cetime, El Abra, Vuelta Grande y parte de la vereda Rozo, presentan una vegetación secundaria y pastizales; en esta zona noroccidental del municipio es donde se encuentra ubicado el Cerro el Majuy; gracias al tipo de coberturas vegetales es posible identificar; tipo, duración

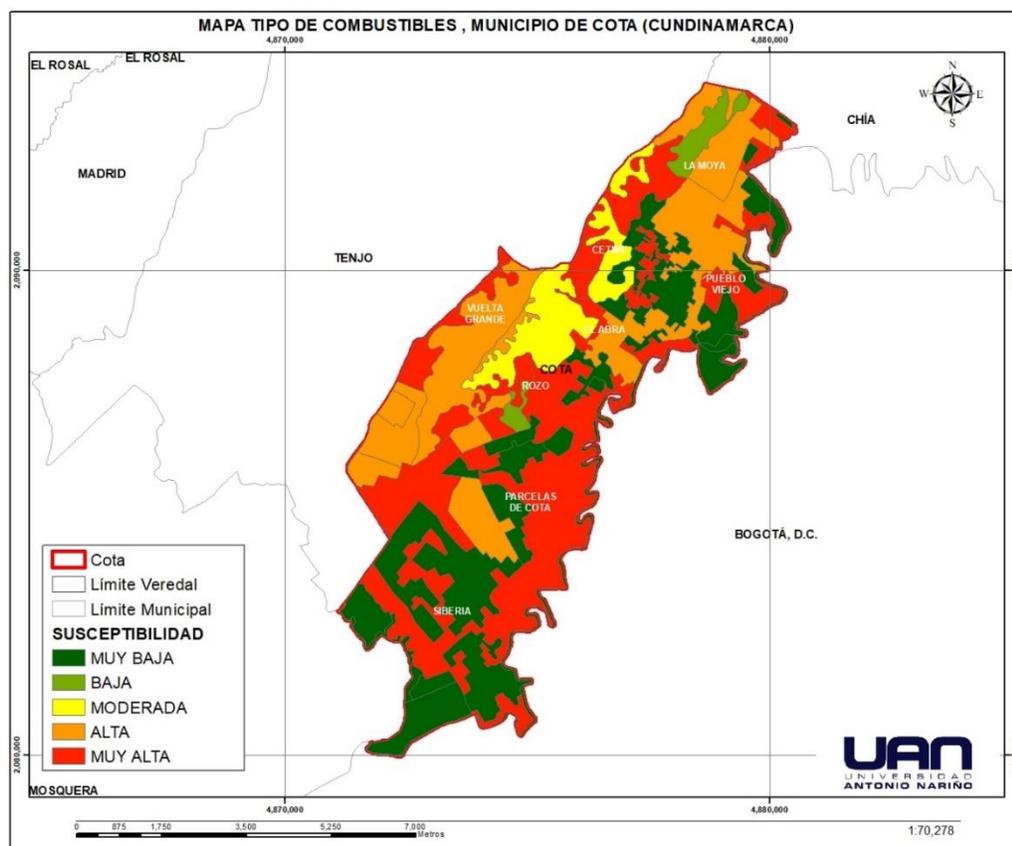
y carga de combustibles teniendo en cuenta su distribución en el municipio de Cota Cundinamarca.

8.3. Tipo de Combustible

Una vez realizado el clip de la capa de coberturas anteriormente mencionada se realiza una clasificación de acuerdo al nivel 3 de la metodología de Corine Land Cover para cuantificar el nivel de amenaza que presentan de acuerdo a su naturaleza, esta clasificación se realiza de acuerdo al protocolo realizado por el IDEAM “PROTOCOLO PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL ESCALA 1:100.00”

Figura 3.

Categorización tipo Combustible



Fuente: Autor

Tabla 3.

Categorización tipo Combustible. fuente autor. tomada del protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal.

TIPO DE COMBUSTIBLE (CORINE LAND COVER NIVEL 3) COTA CUNDINAMARCA	TIPO DE COMBUSTIBLE PREDOMINANTE	CATEGORIA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
1.1.1 Tejido urbano continuo	No combustible	MUY BAJA	1
1.1.2 Tejido urbano discontinuo	No combustible	MUY BAJA	1
1.2.1 Zonas industriales o comerciales	No combustible	MUY BAJA	1
1.4.2 Instalaciones recreativas	No combustible	MUY BAJA	1
2.1.5 Tubérculos	pastos/hierbas	MUY ALTA	5
2.2.5 Cultivos confinados	pastos/hierbas	MUY ALTA	5

2.3.1 Pastos limpios	Pastos	MUY ALTA	5
2.3.3 Pastos enmalezados	Pastos	MUY ALTA	5
2.4.1 Mosaico de cultivos	pasto/hierbas	MUY ALTA	5
2.4.2 Mosaicos de pastos y cultivos	pasto/hierbas	MUY ALTA	5
2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales	pasto/hierbas	MUY ALTA	5
3.1.5 Plantación forestal	Arboles	BAJA	2
3.2.1 Herbazal	Hierbas	ALTA	4
3.2.3 Vegetación secundaria o en transición	Árboles y arbustos	MODERADA	3

Fuente: Autor

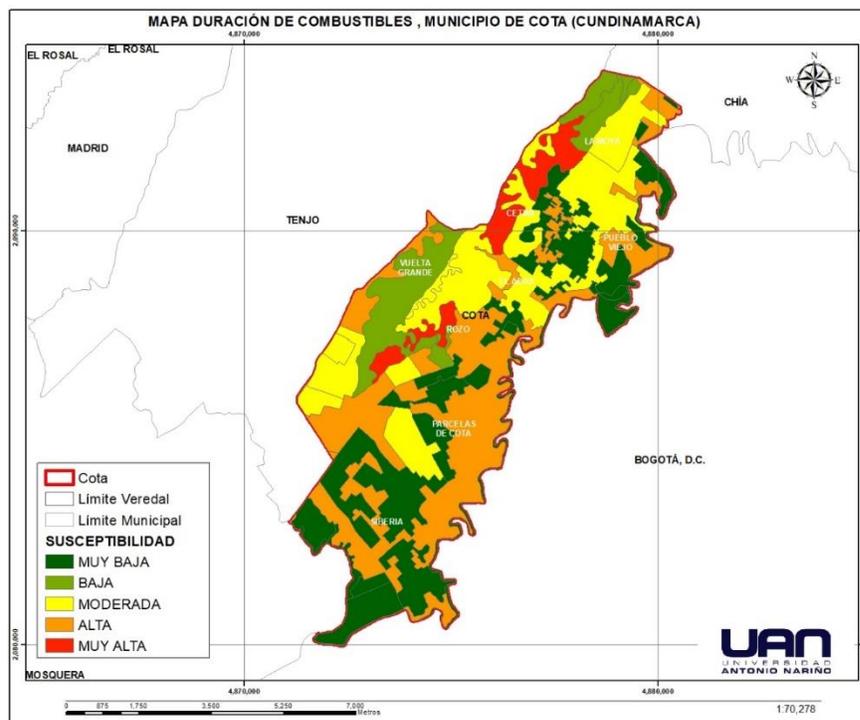
8.4.Duración de Combustible

Al igual que en tipo de combustible se realiza una clasificación de acuerdo al nivel 3 de la metodología de Corine Land Cover para cuantificar el nivel de amenaza que presentan de acuerdo a la duración de su combustión, esta clasificación se realiza de acuerdo al protocolo realizado por el IDEAM “PROTOCOLO PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL ESCALA 1:100.00”.

La duración de combustible va determinada como; duración en horas de cada tipo de combustible, definición en horas de ignición (1 Hr, 10 Hr y 100 Hr) como se presenta en la tabla de clasificación. En donde se tiene en cuenta el contenido de humedad del combustible, y se expresa en una forma de que tan peligroso puede ser el incendio en la zona. Se genera la clasificación de susceptibilidad por duración de combustible para el municipio de Cota.

Figura 4.

Categorización duración Combustible



Fuente: Autor

Tabla 4.

Categorización duración Combustible. fuente autor. tomada del protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal

TIPO DE COBERTURA (CORINE LAND COVER NIVEL3)	DURACIÓN DEL COMBUSTIBLE PREDOMINANTE	CATEGORIA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
3.3.2. Afloramientos rocosos	No combustibles	MUY BAJA	1
3.1.1. Bosque denso	10 horas	MODERADA	3
3.1.3. Bosque fragmentado	100 horas	BAJA	2
3.1.4. Bosque de galería y ripario	100 horas	BAJA	2
3.1.1. Bosque denso	100 horas	BAJA	2
3.1.3. Bosque fragmentado	100 horas	BAJA	2
3.2.2. Arbustal	100 horas	BAJA	2

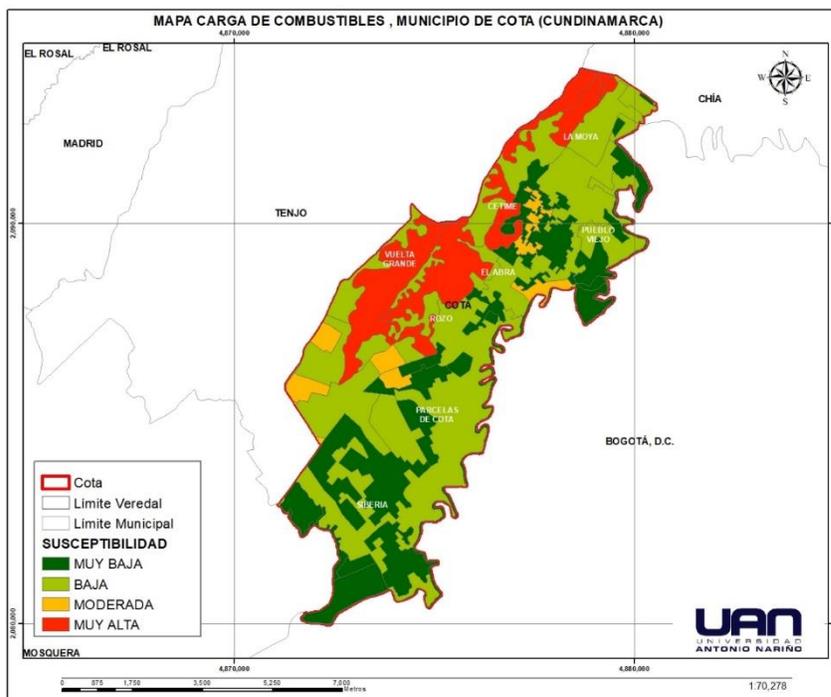
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles	MUY BAJA	1
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1 hora	ALTA	4
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	1 hora	ALTA	4
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1 hora	ALTA	4
2.4.1. Mosaico de cultivos	10 horas	BAJA	2
2.3.3. Pastos enmalezados	1 hora	ALTA	4
2.3.1. Pastos limpios	1 hora	ALTA	4
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	1 hora	ALTA	4
3.2.1. Herbazal	10 horas	MODERADA	3
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	No combustibles	MUY BAJA	1

Fuente: Autor

8.5.Carga de Combustible

Al igual que en tipo de combustible se realiza una clasificación de acuerdo al nivel 3 de la metodología de Corine Land Cover para cuantificar el nivel de amenaza que presentan de acuerdo a la carga total (Biomasa), esta clasificación se realiza de acuerdo al protocolo realizado por el IDEAM “PROTOCOLO PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL ESCALA 1:100.00”.

La carga total de combustible es la caracterización cualitativa, que depende de la correlación de la altura en metros de cobertura vegetal, biomasa en área (Ton/ha) y la humedad media de la vegetación.

Figura 5.*Categorización carga total**Fuente: Autor***Tabla 5.**

Categorización carga total. fuente autor. tomada del protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal

TIPO DE COBERTURA (CORINE LAND COVER NIVEL 3)	CARGA TOTAL (BIOMASA) DE COMBUSTIBLES	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
3.3.2. Afloramientos rocosos	No combustibles	MUY BAJA	1
3.1.1. Bosque denso	Moderada (50-100 ton/ha)	MODERADA	3
3.1.3. Bosque fragmentado	Muy alta (más de 100 ton/ha)	ALTA	4
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Muy alta (más de 100 ton/ha)	ALTA	4
3.1.1. Bosque denso	Muy alta (más de 100 ton/ha)	ALTA	4
3.1.3. Bosque fragmentado	Muy alta (más de 100 ton/ha)	ALTA	4
3.2.2. Arbustal	Muy alta (más de 100 ton/ha)	ALTA	4

5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles	MUY BAJA	1
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Moderada (50-100 ton/ha)	MODERADA	3
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Moderada (50-100 ton/ha)	MODERADA	3
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Moderada (50-100 ton/ha)	MODERADA	3
2.4.1. Mosaico de cultivos	Baja (1-50 ton/ha)	BAJA	2
2.3.3. Pastos enmalezados	Baja (1-50 ton/ha)	BAJA	2
2.3.1. Pastos limpios	Baja (1-50 ton/ha)	BAJA	2
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Moderada (50-100 ton/ha)	MODERADA	3
3.2.1. Herbazal	Baja (1-50 ton/ha)	BAJA	2
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	No combustibles	MUY BAJA	1

Fuente: Autor

8.6. Variables Climatológicas

“El clima es uno de los factores de fundamental importancia en la generación y la propagación de los incendios forestales, ya que determina la duración y la severidad de las estaciones secas y calurosas en un área geográfica determinada” (IDEAM, 2011)

Para este estudio se tomaron 5 estaciones climatológicas ubicadas en los municipios que limitan con el área de estudio, las cuales permiten identificar los datos de temperatura y precipitación.

Una vez caracterizadas y ubicadas las estaciones se digitalizan en el software ArcGIS para un posterior geo procesamiento el cual nos dará los mapas de isotermas e isoyetas.

Tabla 6.

Estaciones climatológicas tomadas de la plataforma del IDEAM

OBJECTID	NOMBRE	X	Y
1	C.UNIV.AGROP-UDCA [21206260]	4883640	2088330
2	TACHI [21205960]	4872260	2103870
3	TIBAITATA [21205420]	4865960	2076510

4	SANTILLANA [21206020]	4877550	2099380
5	PROVIDENCIA GRANJA [21205980]	4869200	2088750

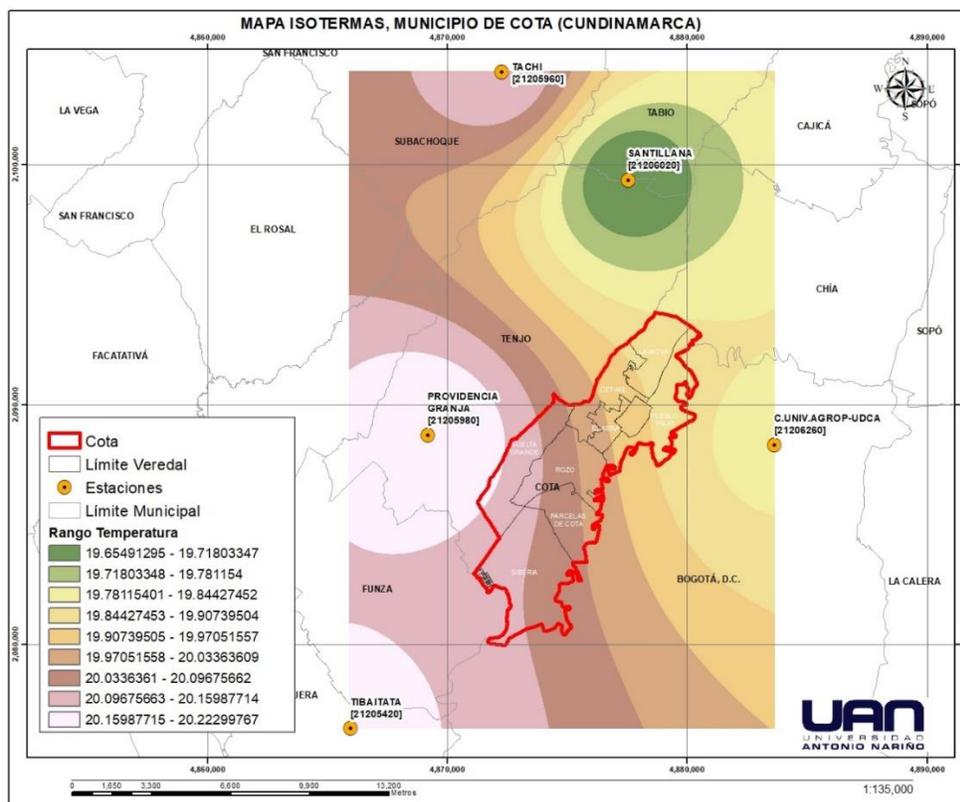
Fuente: Autor

8.6.1. Isotermas

Una vez digitalizadas las estaciones climáticas con datos de precipitación en el software se realiza un geoprocesamiento con la herramienta IDW la cual permite realizar una interpolación espacial generando el mapa de Isotermas. El cual permite la identificación de los rangos de temperatura presentes en la zona de estudio

Figura 6.

Temperatura media anual



Fuente: Autor

Una vez realizado el mapa de isotermas se realiza una reclasificación de acuerdo al protocolo realizado por el IDEAM “PROTOCOLO PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL ESCALA 1:100.00” (tabla para generar el mapa de amenaza por temperatura media anual.

Tabla 7.

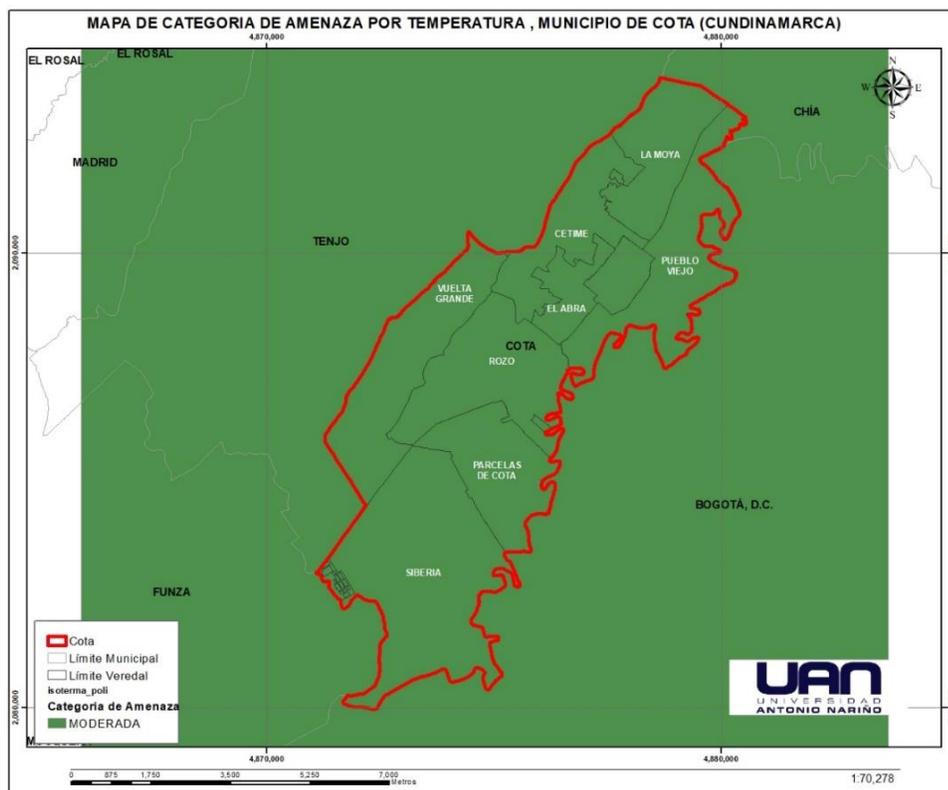
Categorización por temperatura media anual tomada del protocolo del IDEAM

TEMPERATURA MEDIA ANUAL (°c)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Nival (<1.5)	MUY BAJA	1
Extremadamente frío (1.5 - 6)	MUY BAJA	1
Muy frío (6 – 12)	MODERADA	2
Frío (12 – 18)	MODERADA	3
Templado (18 – 24)	ALTA	4
Cálido (>24)	MUY ALTA	5

Fuente: Autor

Figura 7.

Amenaza por Temperatura media anual



Fuente: Autor

El grado de amenaza por temperaturas para el municipio de cota se encuentra en una categoría de amenaza moderada ya que sus temperaturas oscilan entre 19-20°C

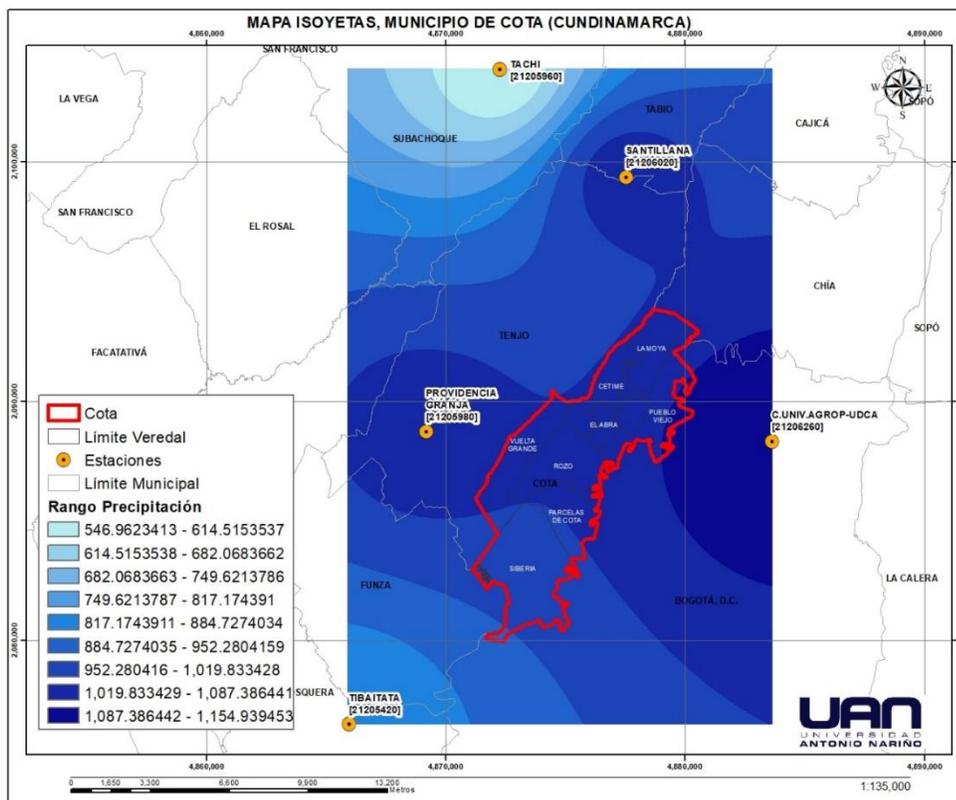
8.6.2. Isoyetas

Una vez digitalizadas las estaciones climáticas con datos de precipitación en el software se realiza un geoprocesamiento con la herramienta IDW la cual permite realizar

una interpolación espacial generando el mapa de Isoyetas. El cual permite la identificación de los rangos de precipitación presentes en la zona de estudio.

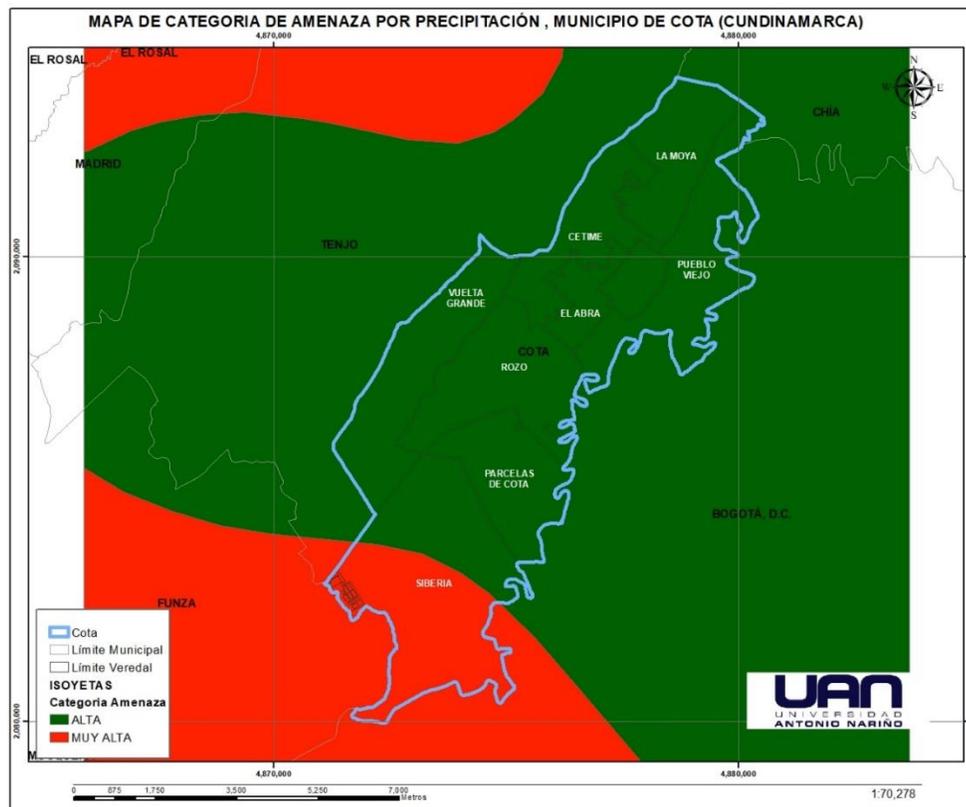
Figura 8.

Precipitación media anual



Fuente: Autor

Una vez realizado el mapa de isotermas se realiza una reclasificación de acuerdo al protocolo realizado por el IDEAM “PROTOCOLO PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL ESCALA 1:100.00” (tabla para generar el mapa de amenaza por precipitación media anual).

Figura 9.*Amenaza por precipitación**Fuente: Autor***Tabla 8.***Categorización precipitación media anual*

PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL (mm)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
Árido (0-500)	MUY BAJA	1
Pluvial (>7000)	MUY BAJA	1
Muy húmedo (3000-7000)	MODERADA	2
Húmedo (2000-3000)	MODERADA	3
Seco (1000-2000)	ALTA	4
Seco (1000-2000)	MUY ALTA	5

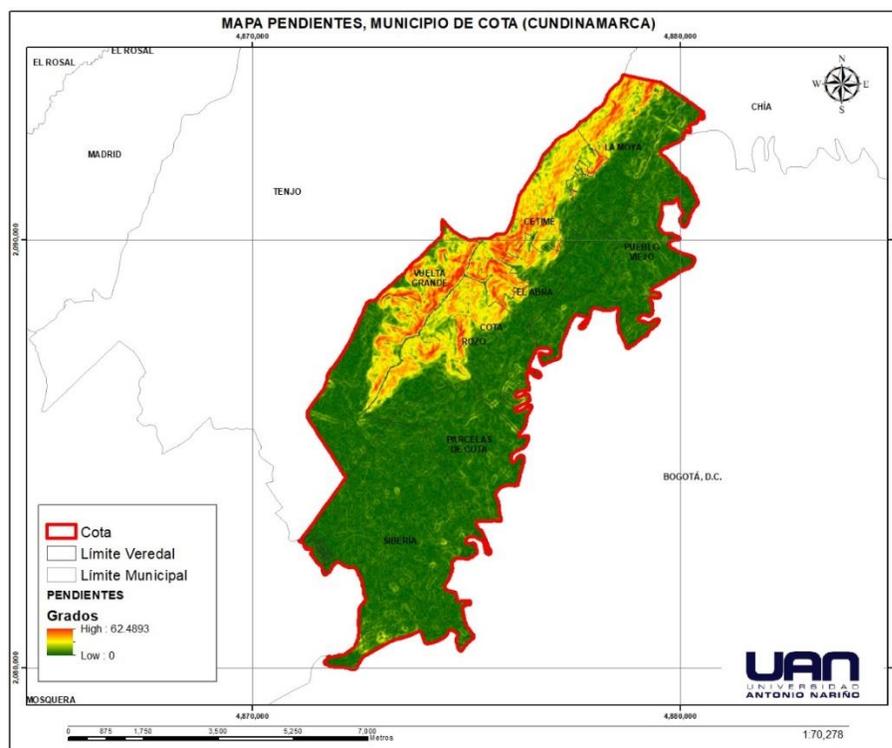
Fuente: Autor

8.7.Amenaza por pendientes

Para la realización del mapa de amenazas por pendientes se toma un modelo digital de elevación (DEM) descargado del satélite ALOS PALSAR 12.5 Metros el cual será cargado al software ArcGIS en donde se realiza un procesamiento con la herramienta slope para generar las pendientes y posteriormente la herramienta reclass para reclasificar por rangos como se muestra en la tabla No 9.

Figura 10.

Pendientes



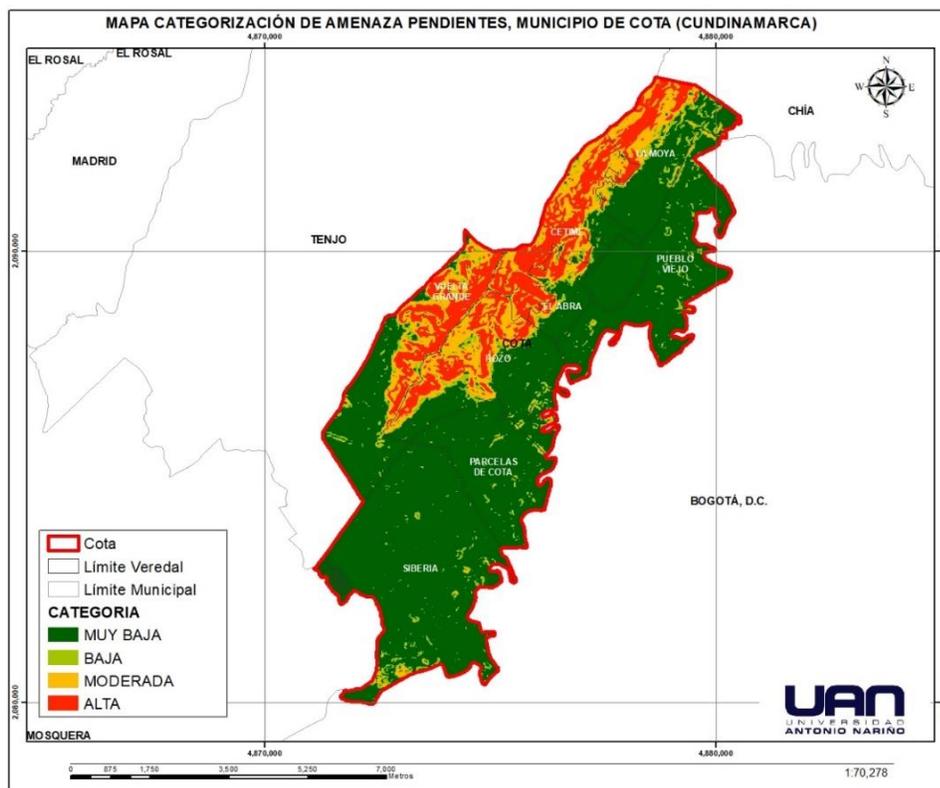
Fuente: Autor

Tabla 9.*Clasificación del factor pendiente*

PENDIENTE MEDIA (%)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
0 – 7 %	MUY BAJA	1
7 – 12 %	BAJA	1
12 – 25 %	MODERADA	2
25 – 75 %	ALTA	3
> 75 %	MUY ALTA	4

Fuente: Autor

Una vez reclasificadas las pendientes se realiza una reclasificación de acuerdo al protocolo realizado por el IDEAM “PROTOCOLO PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL ESCALA 1:100.00” (tabla para generar el mapa de amenaza por pendiente).

Figura 11.*Amenaza por pendientes**Fuente: Autor*

8.8. Amenaza por accesibilidad

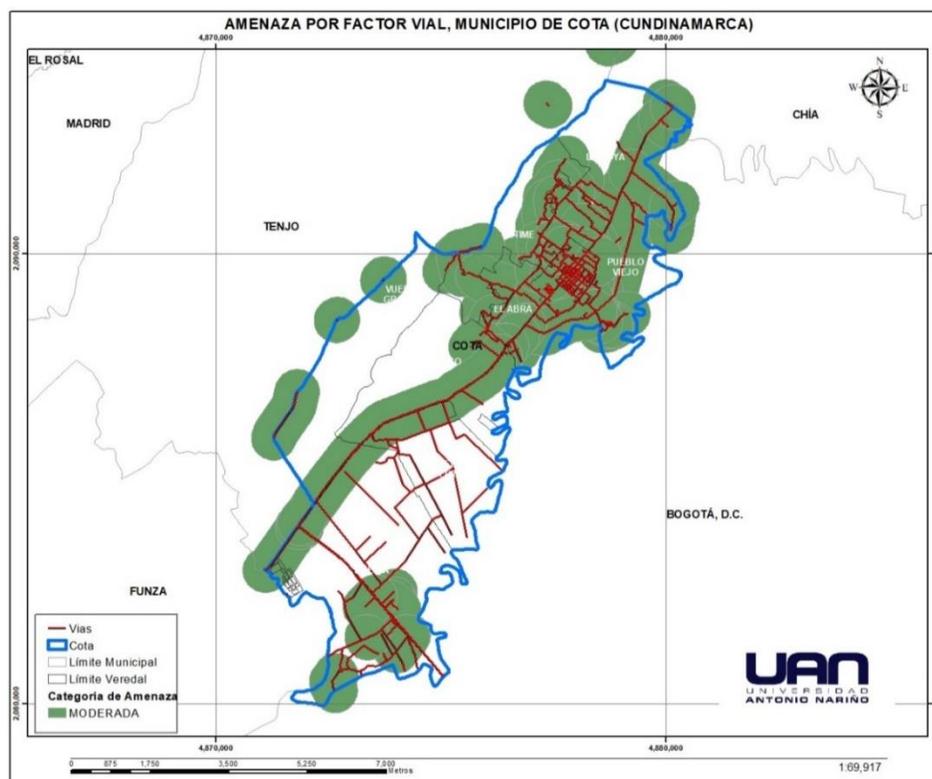
Para la realización del mapa de accesibilidad se toma como insumo la capa de vías del IGAC 2017 en donde se diferencian las vías principales, caminos, corredores, vías secundarias entre otras. Una vez identificadas las vías se realiza un buffer en el software ArcGIS dando un grosor al tipo de vía de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla 10.*Clasificación de susceptibilidad por accesibilidad*

DISTANCIA A LA VIA (GROSOR DEL BUFFER en m)	CATEGORÍA DE AMENAZA	CALIFICACIÓN
0 – 500	MUY ALTA	5
500 – 1000	ALTA	4
1000 – 1500	MODERADA	3
1500 – 2000	BAJA	2
Más de 2000	MUY BAJA	1

Fuente: Autor

Una vez se identifican y procesan las vías con la distancia se genera el mapa de amenaza por factor vial.

Figura 12.*Amenaza por factor vial**Fuente: Autor*

8.9.Modelo “modelbuilder”

ModelBuilder es una herramienta innovadora que utiliza un enfoque visual y intuitivo para crear flujos de trabajo de geoprocésamiento. Estos flujos de trabajo, conocidos como modelos de geoprocésamiento, desempeñan un papel fundamental en la automatización y documentación de los procesos de análisis espacial y administración de datos. Al utilizar ModelBuilder, los usuarios pueden diseñar modelos que representan gráficamente la secuencia de procesos y herramientas de geoprocésamiento necesarios para llevar a cabo una tarea específica. Estos modelos se crean y modifican mediante la interconexión de las salidas de un proceso con las entradas de otro, lo que permite una transferencia fluida y lógica de datos entre cada etapa del flujo de trabajo.

La ventaja de ModelBuilder radica en su capacidad para simplificar y agilizar el desarrollo de flujos de trabajo complejos. Al proporcionar una interfaz visual, los usuarios pueden comprender y visualizar fácilmente la lógica de sus modelos, lo que facilita la detección de errores y la optimización de los procesos. En resumen, ModelBuilder es una herramienta valiosa que permite a los profesionales de SIG crear modelos de geoprocésamiento eficientes y documentados, agilizando así los análisis espaciales y la gestión de datos.. (ESRI, 2015).

Para la realización del modelo de amenaza de incendios forestales se toman como inicio los insumos de

- Estaciones meteorológicas
- Área de estudio
- DEM

- Shp Corine Land Cover
- Vias

Para la generación de los diferentes mapas se realiza un recorte de todos los insumos al área de trabajo con ayuda de la herramienta clip, la generación de los mapas de tipo, carga y duración de combustible se añadieron campos a la tabla de atributos con la herramienta add field

Una vez agregados los diferentes campos para los tres tipos de mapas se realiza un procesamiento de selección por atributos la cual sirve para diligenciar los campos creados de acuerdo a las clasificaciones del protocolo contra incendios IDEAM, con la ayuda de la herramienta select layer by attribute y posteriormente con calculate field., clasificado los campos se genera la salida cartográfica en el software ArcGIS en donde se evidencian los riesgos por carga, tipo y duración de combustibles.

Para los mapas e isoyetas e isotermas se utilizan las herramientas

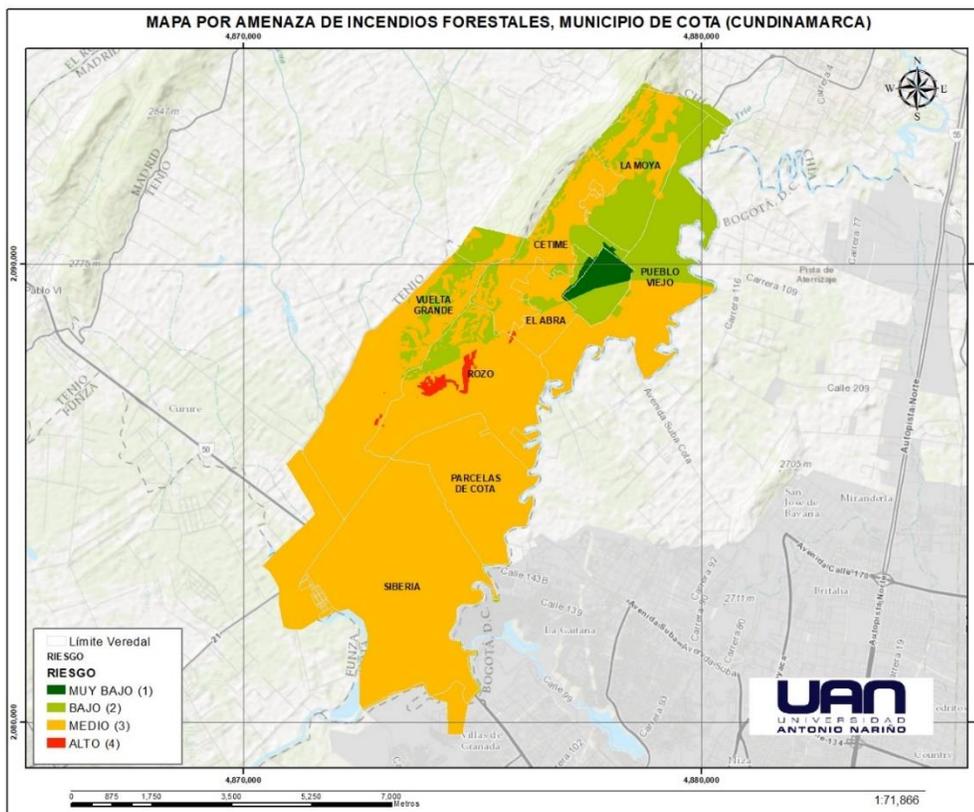
- IDW: la cual realiza una interpolación de datos (precipitación, temperatura)
- Reclassify la cual nos permite realizar una reclasificación por rangos los cuales son tomados los presentes en el documento de protocolo contra incendios forestales.
- Raster to polygon convierte un archivo Raster en vector lo que quiere decir que podemos realizar modificaciones en sus atributos
- Add field, select layer by attribute y calculate field (anteriormente descritos), para la categorización de acuerdo al protocolo contra incendios IDEAM

9. Resultados

Como resultado final del proyecto se obtiene la zonificación de amenaza a incendios en la cobertura vegetal en el municipio de Cota, Cundinamarca en una escala de trabajo 1:25.000.

Figura 13.

Mapa por amenaza de incendios forestales



Fuente: Autor

De acuerdo al mapa generado se deducen los siguientes análisis:

Identificación de las zonas en las cuales el factor de amenaza a incendio forestal es alto en la vereda de Rozo y vereda Vuelta Grande, donde efectivamente se han presentado los incendios forestales anteriores en el municipio.

Tabla 11.

Calificación de amenaza a incendio forestal del municipio

MUY (Ha)	BAJO	BAJO (Ha)	MEDIO (Ha)	ALTO (Ha)
86.07		1070.68	4429.50	11.92

Fuente: Autor

Como se evidencia en el mapa de cobertura vegetal (Figura 4), se obtuvieron tres rangos de clasificación a los que categoriza el municipio; distribuido en las veredas así; zona suroccidente: vereda Parcelas, Siberia, Pueblo Viejo con una calificación de 4 la cual hace referencia a una categoría de amenaza alta, debido a su cobertura vegetal de hierbas y arbustos. En cuanto a las veredas Vuelta Grande, El Abra, Rozo, Cetime y la Moya ubicados en la zona noroccidente del municipio, presentan una categoría de amenaza; alta y muy alta, debido a su cobertura vegetal de pastos y hierbas, identificando esta zona con un alto grado de amenaza presentar incendios forestales.

El tipo de combustible interpreta la vegetación en la zona que puede llegar a quemarse y relaciona los factores ambientales. Estos pueden llegar a revisarse como el tipo de combustible de una zona de estudio como lo son: Árboles, arbustos, Hierbas, pastos.

En cuanto a la duración del combustible se evidencia que en la mayor parte del territorio hay una alta categoría de amenaza en relación a la duración del tipo de combustible teniendo una calificación de 4 con una duración de combustible de 1 hora

(predominio de pastos), excepto en las veredas ; Vuelta Grande, Rozo, Cetime y la Moya, las cuales cuentan con una categoría de amenaza moderada, calificación 3 con tiempo de duración de 10 horas (predomnios de arbustos y hierbas) perteneciente a la zona del cerro el Majuy donde se han presentado los incendios forestales en el municipio.

Por otro lado, referente a la categorización de carga total se determina que Las veredas Vuelta Grande, Rozo y Cetime; cuentan con una categoría de amenaza moderada, con una carga total de combustible de 50 a 100 Ton/Ha en donde se encuentra ubicado el Cerro el Majuy, las veredas ubicadas en la zona suroriente del municipio presentan una categoría de amenaza baja con una calificación 2 y una carga de 1-50 Ton/ha. Por último, se aprecia el casco urbano del municipio con una categoría de amenaza muy baja de calificación 1 con una carga menor a 1 Ton/Ha debido a que no presenta cobertura vegetal en el área urbana.

En el mapa de isotermas encontramos la temperatura media en un rango de 12 años, en grados centígrados para el municipio, brindando una escala comprendida entre 19,6 °C- 20,22 °C según la tabla de categoría por amenaza de temperatura media anual calificación 3 con una categoría de amenaza moderada, considerada como temperatura fría (12-18°C) para todo el municipio. En el cual se observó que las zonas con mayor temperatura son; la zona alta de la vereda Pueblo Viejo y la vereda la Moya.

En el mapa de isoyetas podemos identificar la precipitación(mm) media en un rango de doce años (2010-2022), en la que se puede identificar que en la zona Norte del municipio, comprendida por las veredas La Moya, Cetime, Cota Centro, Pueblo Viejo, El Abra, la zona noroccidental de la vereda Vuelta Grande y Rozo, presenta una

precipitación; entre un rango de 792,1mm-840,1 mm. La zona sur de la vereda Vuelta Grande y Rozo, La vereda Parcelas y la zona norte de la vereda Siberia cuentan con una precipitación; en un rango de: 840,2mm-888,2 mm, donde según el registro de antecedentes es donde se han presentado los incendios forestales en el municipio, y la zona suroeste de la vereda Siberia es donde se presenta la mayor precipitación del municipio con un rango de 888,2mm-842,1 mm. en la zona central del municipio donde se encuentra ubicado el lugar de estudio (cerro el Majuy) conformado por las veredas Rozo y Vuelta Grande, presenta una precipitación entre 840,2mm - 888.2 mm, identificándose con el modelo de elevación digital desarrollado en el proyecto, como el área con mayor factor de amenaza a incendios forestales del municipio. El municipio cuenta con una categoría de amenaza muy alta con calificación de 5 debido a que la precipitación esta entre un rango de 500mm y 1000mm.

Los datos de precipitación media anual oscilan entre 546.96 mm y 1154.94 mm entrando entre el rango de amenaza, para la vereda Siberia un nivel muy alto (500-1.000) y las veredas de parcelas, rozo, vuelta grande, cetime, pueblo viejo y la moya tienen un nivel de amenaza alta (1.000-2.000 mm).

El mapa de pendientes se obtuvo a partir de la generación de modelo digital de terreno con el mapa de curvas de nivel donde encontramos que las veredas de; “Cetime, Rozo, Vuelta Grande, Abra y la Moya”, cuenta con riesgo de nivel variables entre alto bajo y moderado con una cantidad considerable de pendientes llegando hasta tener zonas con pendientes de más del 75%. El Cerro el Majuy pasa por estas veredas en su parte alta mostrando así una gran cantidad de pendientes al final del cerro y en la parte baja cuenta

con pendientes moderadas lo que puede llegar a influir bastante en un incendio forestal por su capacidad de propagación.

Con una categoría de amenaza respectiva debido a la humedad, inflamabilidad y combustión que cada uno de este presente. El tipo de combustible vegetal se relaciona directamente con el tipo de cobertura vegetal y el biotipo dominante del municipio, generando un valor de clasificación de acuerdo a la siguiente escala.

Para el nivel de amenaza muy bajo se tiene un porcentaje de 1.56% con respecto al área del municipio, este porcentaje se puede deducir como fuentes hídricas que contiene Cota, el nivel de riesgo bajo representa el 19.46% allí se incluyen construcciones, cuerpos hídricos y zonas húmedas. El nivel de riesgo medio representa el 80.56% del municipio esto debido a que la zona es conocida por ser un sector agropecuario, con pastizales y arbustos bajos que en épocas de verano se vuelven un factor potencial para incendios forestales y por ultimo tenemos el nivel de riesgo alto que representa el 0.21% este se encuentra en su mayor parte en la zona montañosa del municipio ubicada en la parte nororiental y en donde se han presentado en años pasados los incendios que han afectado el ecosistema, al ser zona montañosa se evidencia el mayor riesgo.

Es posible identificar que las zonas con nivel de amenaza alto se encuentran ubicados en la zona media de la vereda vuelta Grande, parte noroccidental de la vereda Rozo y en la parte suroccidental de la vereda Abra.

10. Recomendaciones

Medidas de prevención y mitigación de incendios forestales en Cota Cundinamarca

De acuerdo con el mapa final generado en cuanto a la amenaza de incendios en el municipio, se recomienda tomar las siguientes medidas y actividades para que en futuros años se pueda mitigar los incendios forestales:

- Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el proyecto presentado es importante tener identificadas de las zonas con mayor grado de amenaza, las cuales son las veredas Rozo, Vuelta grande y El abra donde se encuentra ubicado el Cerro el Majuy, para así realizar un control de acción y prevención, sobre todo en la época más seca del año entre diciembre y febrero.
- Se recomienda desarrollar un estudio continuo y complementario a la identificación de zonas con amenaza de incendio forestal en el municipio, que permita una plena identificación de las actividades antrópicas que pueden alterar el grado de amenaza obtenido con los factores relacionados en el proyecto.
- Se recomienda un seguir con el estudio realizado para obtener una relación entre análisis de amenaza y vulnerabilidad obteniendo así el riesgo que presenta esta zona montañosa a sufrir incendios forestales.
- Es importante socializar el grado de amenaza a la comunidad del municipio promoviendo el cuidado y a las medidas de prevención a través de educación ambiental.

11. Conclusiones

La zonificación en el municipio de Cota – Cundinamarca, muestra los índices y niveles de amenaza por incendios forestales, visualizando una salida grafica con su respectiva leyenda la cual permite diferenciar las zonas que pueden llegar a presentar el fenómeno.

La amenaza de zonificación de los incendios por cobertura vegetal para el municipio de Cota – Cundinamarca se identifican en un nivel alto en la zona de la serranía el Majuy, contando con unas áreas delimitadas por 11,92 Ha donde se identifica que el incendio forestal del año 2013 fue propagado en la misma zona arrogada en el estudio como “nivel alto”.

La incorporación de cada variable utilizado en el proyecto permitió identificar que el tipo, carga y duración de combustible son muy relevantes cuando se ocasiona un incendio forestal, ya que estos se identifican con el tipo de cobertura Corine Land Cover y la retención que puedan llegar a tener para la extinción de incendios en las coberturas vegetales. Así mismo, las variables de temperatura y precipitación también cumplen con un factor de humedad en el suelo del territorio, para esto se toman las precipitaciones y temperaturas media anual para generar nuestro mapa de amenaza a incendios forestales.

El factor relieve a partir de las curvas de nivel permite identificar la pendiente media en el territorio para identificar la amenaza por pendientes y así revisar en que zonas puede propagarse más rápido los incendios forestales. Finalmente, las vías y los accesos de cada una permiten identificar las zonas que pueden llegar a incendiarse.

Los niveles identificados para la zona de estudio van relacionados directamente con cada factor, los niveles son:

- **Nivel Muy Bajo**

Las zonas del municipio donde se presenta el nivel muy bajo corresponden a el casco urbano del municipio confirmando que acá no se encuentra cobertura vegetal significativa en la que se pueda generar la ignición de un incendio.

- **Nivel Bajo**

Para el nivel bajo se identifican las zonas en donde se encuentran construcciones de vivienda en las veredas de la moya, pueblo viejo y centro del municipio por donde pasan las vías principales por la parte centro como la variante Cota – Chia y la carretera principal identificando construcciones.

- **Nivel Medio**

Las veredas de vuelta grande parcelas y rozo son veredas dedicadas a cultivos de hortaliza donde en dichas zonas se puede presentar los inicios a incendios más no tiene un alto grado de duración ni propagación.

- **Nivel Alto**

Nivel alto es el que presenta un mayor índice de amenaza por incendios en la cobertura, donde se identifica que las zonas con este nivel pertenece a la serranía el Majuy donde en recorridos pueden observarse tipos de cobertura vegetal como pinos, acacias, aglomeración de rastrojo y definiciones como bosque alto andino y bosque alto andino secundario.

El presente proyecto permite analizar la amenaza de los rangos y porcentajes con respecto a el territorio y área de estudio, en donde la amenaza muy baja tiene un porcentaje de 1.56% con un área total de 86.07 ha. con respecto al área del municipio, nivel bajo representa el 19.46% con un área total de 1070.68 ha, Amenaza a nivel medio representa el 80.56% con un atea total de 4429.50 ha y por ultimo el nivel de amenaza Alta representa un porcentaje de 0.21% con un área total de 11.92 ha.

12. Bibliografía

Geoinstitutos, A. (2000). recopilacion cartografica amrcia latina. america latina: geoportal.

gerens escuela de posgrado. (2016). impacto ambiental. colombia: patria.

Abott,Ana. (2009). *geografia, el espacio mundial y sus dinamicas*. mundial: ediciones santillana.

Arias, K. (2016). Zonificación de amenazas por incendios forestales en el sector rural del municipio de Tota Boyacá con el empleo de SIG.

Carrillo, Y. (2019). *ZONAS SUSCEPTIBLES A INCENDIOS FORESTALES Y DIAGNÓSTICO DE CONFLICTO ARBOLADO, COMUNA 1, GIRARDOT - CUNDINAMARCA*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/13134/2/T.IC_CarrilloGomezYenniferPaola_2019.pdf

Consorcio POT Cota. (2022). *INCORPORACIÓN DE LA GESTIÓN DEL RIESGO EN EL PLAN BÁSICO DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL*. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.cota-cundinamarca.gov.co/SECRETARIASYENTIDADES/PBOT/Anexo_Gestion_del_Riesgo.pdf

ESRI. (2015). *Esri*. Obtenido de https://pro.arcgis.com/es/pro-app/latest/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/what-is-modelbuilder-.htm

- Garcia, H. (s.f). *FEDESARROLLO*. Obtenido de Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas : chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/337/KAS%20SOPLA_Deforestacion%20en%20Colombia%20retos%20y%20perspectivas.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Gelvez, M. &. (2013). Causas de los incendios forestales en la región Caribe, Andina y Orinoquía de Colombia.
- Geoinstitutos, A. (2000). *recopilacion cartografica amrcia latina*. america latina: geoportal .
- gerens escuela de posgrado. (2016). *impacto ambiental*. colombia: patria.
- Gomez, A. (2019). *EVALUACIÓN DEL GRADO DE AMENAZA TOTAL POR INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL EN LA JURISDICCIÓN DE LA CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA – CAR*.
- IDEAM. (2010). *vulnerabilidad y riesgo*. bogota,colombia: nacional.
- IDEAM. (2010,pg17). *protocolo para la realizacion de mapas de zonificacion de riesgos a incendios de la cobertura vegetal*. colombia: ideam.
- IDEAM. (2011). *PROTOCOLO PARA LA REALIZACION DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL*.
Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfefindmkaj/http://www.ideam.gov.co/documents/13257/14369/PROTOCOLO+INCENDIOS+4Oct.pdf

- IDEAM. (2019). *Informe anual sobre el estado del medioambiente y los recursos naturales renovables en Colombia*. Obtenido de Demanda sobre los ecosistemas de bosque: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021721/PAG_117-148.pdf
- ISO, i. (1995). *descripcion del fenomeno*. mexico: capitulo 2,azteca.
- Jimenez, A. M. (2016). *SCIELO*. Obtenido de EVALUACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE INCENDIOS DE LA VEGETACIÓN EN EL NORTE DE ANTIOQUIA (COLOMBIA): ANÁLISIS DEL PAISAJE: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-07392016000200003
- Manrique, J. C. (2011). Incendios Forestales en el Departamento del Tolima.
- MinAmbiente. (2009). *gestion del riesgo*. colombia: nacional.
- minambiente. (3 de febrero de 2012). *minambiente*. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Los-Incendios-Forestales/250414_cart_incendios_forestales.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo. (2021). COMO ORIENTAR LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES POR INCENDIOS FORESTALES A NIVEL MUNICIPAL. *Fondo Acción*.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2002). *Plan Nacional de Prevención Control de Incendios Forestales y Restauración de Áreas Afectadas*.

Obtenido de chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://archivo.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Los-Incendios-Forestales/554_plan_prevenccion_incendios.pdf

Mora y Barrios. (2000). *gestion del riesgo*. area andina: editors.

Moreno, A. (2007). *bioparque la reserva*. Obtenido de

<https://www.bioparquelareserva.com/blog/perdida-de-nuestros-bosques-alto-andinos-y-el-cerro-majuy/>

Ramirez, J. S. (2020). *Imágenes del Fuego: Economía Visual, Tecnociencia e Incendios Forestales en Colombia (2019-2020)* . Obtenido de Pontificia Universidad

Javeriana : chrome-

extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/52156/Ramirez%20Campos%20Imagenes%20del%20Fuego%20.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Reyes, C. (2016). Los patrones de distribución espacial y temporal de los incendios forestales en Almoloya de Juárez (2005- 2015) .

Rojas, I. (2017). **GESTIÓN DE RIESGO EN INCENDIOS FORESTALES, LOCALIDAD SUMAPAZ, BOGOTÁ D.C. ANÁLISIS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE ESTRATEGIAS DE PARTICIPACIÓN - ACCIÓN. .**

SUAREZ, J. S. (2019). **PLAN DE CONTINGENCIA EN INCENDIOS FORESTALES MUNICIPIO DE SIMIJACA 2019**. Obtenido de

simijacacundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/simijacacundinamarca/content/files/000110/5488_plan-de-contingencia-incendios-2019.pdf

Anexos

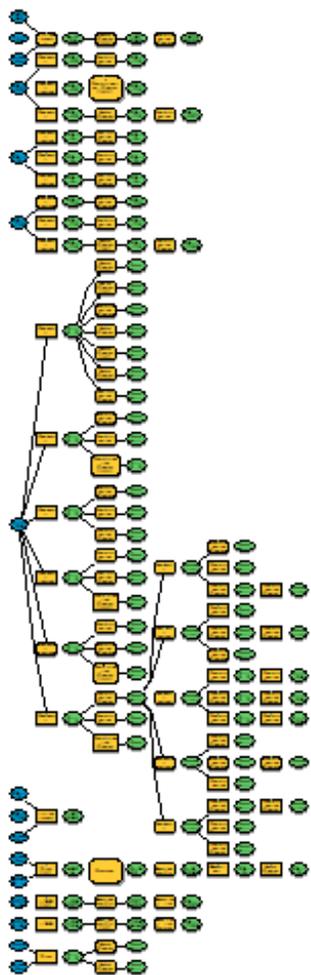
Nota: en los anexos se encontrarán adjuntos todas las bases de los mapas realizados, con sus respectivas salidas gráficas, así como el modelo generado en la producción del mapa de riesgo de COTA Cundinamarca.

- Mapa de tipo de combustibles
- Mapa cobertura vegetal
- Mapa de duración de combustibles
- Mapa de carga de combustibles
- Mapa de susceptibilidad de la vegetación a incendios
- Mapa isotermas
- Mapa isoyetas
- Mapas pendientes
- Mapa de amenaza por incendios forestales
- Modelo generado en modelbuilder
- Shape files (municipio, coberturas, vías)
- Modelo digital de elevación (DEM)

Modelo de elevación digital, Amenaza de incendios forestales en el municipio de Cota Cundinamarca.

Figura 14.

Modelo de elevación (amenaza incendios forestales)



Fuente: Autor