

ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO
DE SAN JUAN DE RIOSECO CUNDINAMARCA SEGÚN METODOLOGÍA IDEAM

AUTOR

LAURA SILVANA FORERO LUQUE
CÓDIGO 2248663

DOCUMENTO FINAL TRABAJO DE GRADO

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

ING. JHON ALEXANDER TRIANA FORERO
MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL TERRITORIAL

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

2023

ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS POR INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO
DE SAN JUAN DE RIOSECO CUNDINAMARCA SEGÚN METODOLOGÍA IDEAM

AUTOR

LAURA SILVANA FORERO LUQUE
CÓDIGO 2248663

DOCUMENTO FINAL TRABAJO DE GRADO

DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

ING. JHON ALEXANDER TRIANA FORERO
MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL TERRITORIAL

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL

2023



TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	6
2. ABSTRACT	7
3. INTRODUCCIÓN	8
4. OBJETIVO	9
• Objetivo General	9
• Objetivos específicos	9
5. ANTECEDENTES	10
6. MARCO TEÓRICO	11
7. GENERALIDADES	12
7.1 Localización del municipio	12
Mapa No.1 Ubicación del municipio	13
Mapa No.2 Red Hidrográfica	14
8. METODOLOGÍA	15
Figura 1. Metodología de zonificación de amenazas por incendios forestales en San Juan de Rioseco	15
Figura 2. Representación gráfica de la evaluación de la amenaza	16
Tabla 1: Tipo de combustible predominante	17
Tabla 2: Calificación tipo de combustible	18
Tabla 3: Duración del combustible predominante	18
Tabla 4: Calificación duración de los combustibles	19
Tabla 5: Carga total de combustibles	19
Tabla 6: Calificación carga total de combustibles	20
Tabla 7: Evaluación de accesibilidad	21
9. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	22
Mapa No.3 Precipitación media multianual	22
Mapa No.4 Temperatura media multianual	23
Tabla 8. Comparación de cobertura vegetal del año 2012 y 2018.	24
Mapa No.5 Cobertura de la tierra	25
Mapa No.6 Calificación tipo de combustible	26
Mapa No.7 Susceptibilidad por duración de combustible	27
Mapa No.8 Carga de combustible	28
Mapa No. 9 Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	29
Mapa No. 10 Evaluación de accesibilidad	30
Tabla 9. Clasificación del área del municipio ante amenaza de incendios forestales	31
Figura 3. Clasificación del área del municipio ante amenaza de incendios forestales en porcentaje.	31
Mapa No.11 Amenaza total de incendios forestales	32
10. IMPACTO SOCIAL Y HUMANÍSTICO DEL PROYECTO	33

11. CONCLUSIONES	34
12. RECOMENDACIONES	36
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Tipo de combustible predominante	17
Tabla 2: Calificación tipo de combustible	18
Tabla 3: Duración del combustible predominante	18
Tabla 4: Calificación duración de los combustibles	19
Tabla 5: Carga total de combustibles	19
Tabla 6: Calificación carga total de combustibles	20
Tabla 7: Evaluación de accesibilidad	21
Tabla 8. Comparación de cobertura vegetal del año 2012 y 2018.	24
Tabla 9. Clasificación del área del municipio ante amenaza de incendios forestales	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología de zonificación de amenazas por incendios forestales en San Juan de Rioseco	15
Figura 2. Representación gráfica de la evaluación de la amenaza	16
Figura 3. Clasificación del área del municipio ante amenaza de incendios forestales en porcentaje.	31

LISTA DE MAPAS

Mapa No.1 Ubicación del municipio	13
Mapa No.2 Red Hidrográfica	14
Mapa No.3 Precipitación media multianual	22
Mapa No.4 Temperatura media multianual	23
Mapa No.5 Cobertura de la tierra	25
Mapa No.6 Calificación tipo de combustible	26

Mapa No.7 Susceptibilidad por duración de combustible	27
Mapa No.8 Carga de combustible	28
Mapa No. 9 Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	29
Mapa No. 10 Evaluación de accesibilidad	30
Mapa No.11 Amenaza total de incendios forestales	32

1. RESUMEN

Los incendios forestales son una problemática a nivel mundial, en Colombia usualmente, entre enero y marzo se presenta el mayor número de alertas de deforestación y focos de incendio de todo el año, considerando que es una temporada en la que las lluvias son escasas.

Es por ello que se realizó la zonificación por amenaza de incendios forestales en el municipio de San Juan de Rioseco ubicado en el departamento de Cundinamarca, usando como herramienta principal el protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100.000 expedido por el IDEAM. En donde, se siguió el paso a paso establecido para obtener el mapa que categoriza la amenaza ante incendios forestales en el programa ARCGIS pro.

Se obtuvo la información primaria de diferentes geoportales para la creación de los mapas de precipitación, temperatura, accesibilidad vial, cobertura del suelo y demás, que eran necesarios para la primera etapa de elaboración denominada susceptibilidad de la vegetación a incendios, en donde se crearon mapas de la calificación por tipo de combustible, duración del combustible y carga total del combustible. A partir de ello, se obtuvo el mapa final ejecutando la fórmula propuesta en el protocolo y se identificó que en gran parte el municipio se encuentra en una categoría “muy alta” de amenaza por incendios forestales.

Por último, se concluye que el uso de herramientas de Sistema de Información Geográfica (SIG) y la evaluación ante la amenaza de incendios forestales puede llegar a ser de gran utilidad para entidades públicas y privadas logrando una actualización de información e incentivando a la creación de un plan de gestión del riesgo teniendo en cuenta la categorización de amenaza según el área específica del municipio.

Palabras clave: *Amenaza, vulnerabilidad, susceptibilidad, incendio forestal, riesgo, zonificación.*

2. ABSTRACT

Forest fires are a problem worldwide, in Colombia usually, between January and March there are the highest number of deforestation alerts and fire outbreaks of the entire year, considering that it is a season in which rains are scarce.

That is why zoning was carried out due to the threat of forest fires in the municipality of San Juan de Rioseco located in the department of Cundinamarca, using as the main tool the protocol for the creation of fire risk zoning maps of the vegetal cover scale. 1:100,000 issued by IDEAM. Where, the step by step established for the preparation of a final map that categorizes the threat of forest fires in the ARCGIS pro program was followed.

The primary information used to create the maps of precipitation, temperature, road accessibility, soil cover and others was obtained from several geoportals, which were necessary for the next stage called vegetation susceptibility to fires, where maps of the classification by fuel type, fuel duration and total fuel load. From this, the final map was obtained by executing the formula proposed in the protocol and it was identified that in large part the municipality is in a "very high" category of threat from forest fires.

Finally, it is concluded that the use of GIS tools and the evaluation of the threat of forest fires can be very useful for public and private entities, achieving an update of information and encouraging the creation of a prevention and mitigation plan taking into account the threat categorization according to the specific area of the municipality.

Keywords: Threat, vulnerability, susceptibility, forest fire, risk, zoning.

3. INTRODUCCIÓN

Son múltiples las consecuencias provenientes de un incendio forestal, para el año 2015 Colombia tenía una superficie de bosques de 59.558.064 ha (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020) y los incendios forestales afectaron un promedio de 42.000 ha. Estas pérdidas en términos económicos para el mismo año fueron de aproximadamente \$476.000 millones de pesos, equivalente a 0,063% del PIB de 2015. (UMAÑA RAMIIREZ, 2017). De igual manera, la exposición ante un incendio forestal podría llegar a tener afectaciones en la salud de las personas, daño a la vivienda, quema de cultivos agrícolas, pérdida de animales de crianza y ambientalmente, afectaciones como alteración en los ciclos naturales, irregularidades en los nutrientes del suelo, desequilibrio en los ecosistemas, pérdida de biodiversidad, emisión de gases, etc. Estos factores son preocupantes para la UNGRD, las cuales han generado protocolos y planes de acción contra riesgos de incendios forestales liderados por oficinas de planeación y gestión del riesgo municipales, aunque no se encuentran disponibles con facilidad al público. (Mejía Quesada, 2017).

Para que se genere fuego es necesario la existencia de tres elementos: un origen de calor (hombre o naturaleza), el combustible (pastos, árboles, arbustos y otros 4 materiales leñosos) y el aire. Una vez generado el incendio se ve influenciada la propagación por tres factores: el tipo de combustible, la climatología y la topografía. (Camacho Reyes, 2021)

Por lo tanto, para proteger los recursos forestales y las funciones de los ecosistemas forestales, es importante mapear las zonas de nivel de riesgo de incendios forestales para la prevención y el control de incendios forestales (Chaoxue & Zhongke, 2023) ,a partir de las herramientas SIG específicamente del programa ARCGIS pro y dándole uso a la metodología propuesta por el protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal, se obtiene que el municipio de San Juan de Rioseco se categoriza “muy alto” ante amenazas por incendio forestales, exceptuando alguna zona veredal y el casco urbano, en donde factores como la climatología, las pendientes, el tipo de cobertura y demás, influyen directamente en la clasificación de este riesgo.

4. OBJETIVO

- Objetivo General

Evaluar las amenazas por incendios forestales en San Juan de Rioseco Cundinamarca según el protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal.

- Objetivos específicos

1. Identificar los cambios de cobertura del suelo y categorizar los elementos detonantes de los incendios forestales según metodología IDEAM.
2. Generar el mapa de susceptibilidad ante la amenaza de incendios forestales del municipio de San Juan de Río Seco.
3. Determinar la amenaza ante incendios forestales del municipio de San Juan de Río Seco.

5. ANTECEDENTES

Al Sur de Perú exactamente en el distrito de Maranura en el departamento de Cusco, se determinó la importancia de incluir la perspectiva y opinión de las comunidades expuestas al riesgo por lo que se tomó en cuenta para que expresaran el nivel de riesgo al que se sienten expuestos relacionado con incendios forestales. El tipo de diseño es cuantitativo porque sus resultados implican una relación numérica y al final resultó que un análisis de este tipo aplicado con sistemas de información geográfica reduce significativamente el riesgo a posibles incendios forestales. (Valdivia Guillen, 2022)

En Colombia se han realizado varias zonificaciones de riesgos por incendios forestales y uno de ellos en la zona rural de Cali. Sin embargo, el enfoque era distinto a los demás pues este se realizó para plantear estrategias de restauración a las áreas que salgan afectadas luego de un incendio forestal. Para ello el programa utilizado fue ArcGIS y se determinó que de los 55641.38 habitantes, solamente el 7.99% se encuentra en un alto riesgo a la exposición de incendios forestales. Y por ello la importancia de estas herramientas para el análisis y modelos a escala del paisaje que ayuden al entendimiento de patrones y procesos ecológicos relacionados con el fuego y la dinámica de la vegetación y a la planificación territorial de las acciones de restauración y manejo del fuego. (Urrutia Garcés, 2018)

En Nimaima Cundinamarca se realizó la Zonificación de amenaza por incendios forestales con el fin de modelar la amenaza ante incendios forestales. Se encontró que el porcentaje de riesgo es alto en la mayor parte del territorio sobre todo en el área rural por varias razones entre ellas la temperatura, el difícil acceso a la zona veredal, la morfometría y demás. A nivel Cundinamarca, la gobernación del departamento, con apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD, realizó la formulación de la política pública para la gestión de riesgo de desastres con vigencia hasta el 2036, este tipo de estudios para la formulación de las películas en departamentos como Antioquia, Putumayo y Huila.

6. MARCO TEÓRICO

La amenaza es definida por la ley 1523 del 2012 como peligro latente de que un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y pérdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales. (Congreso de la República, 2012).

Un incendio forestal corresponde a aquel fuego que se extiende por un área no deseada sin control humano y que puede llegar a tener muchas afectaciones entre ellas pérdidas económicas, quema de cultivos, destrucción de bosques, desequilibrio ecosistémico e incluso afectaciones en la salud de las personas. Estos tienen tres subtipos: de copas (el fuego se extiende hasta las copas de los árboles), de superficie (arden matorrales, herbáceas y hojas secas) y de subsuelo (arden las raíces de los árboles y otra materia orgánica). (Vergel, 2020)

La zonificación es parte del proceso de ordenamiento territorial. Consiste en definir zonas con un manejo o destino homogéneo que en el futuro serán sometidas a normas de uso a fin de cumplir los objetivos para el área. El modelo de zonificación es útil para distintos tipos de uso seleccionados, lo que implica una homogeneización previa de las variables a detectar en terreno y un trabajo claro con respecto a la recopilación y análisis de esa información. La anterior definición es expedida por el CEA que corresponde al centro de estudios agrarios y ambientales de Chile. (Centro de Estudios Agrarios y Ambientales, 2013).

Para definir la vulnerabilidad el Instituto de Geografía se refiere a la disposición interna a ser afectado por una amenaza. Si no existe vulnerabilidad no se produce la destrucción. Depende del grado de exposición, de la protección, de la reacción inmediata, de la recuperación básica y de la reconstrucción. (Instituto de Geografía (IGUNNE), 2018). Por lo que se puede deducir que son las características a las que una persona se encuentra para resistir y recuperarse de alguna eventualidad natural.

Según la ley 1523 del 2012 el riesgo de amenaza corresponde a los daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos físicos peligrosos de origen natural,

socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, en un período de tiempo específico y que son determinados por la vulnerabilidad de los elementos expuestos; por consiguiente, el riesgo de desastres se deriva de la combinación de la amenaza y la vulnerabilidad. (Congreso de Colombia, 2012)

De la misma forma el congreso define el análisis y la evaluación del riesgo como la consideración de las causas y fuentes del riesgo, sus consecuencias y la probabilidad de que dichas consecuencias puedan ocurrir. Es el modelo mediante el cual se relaciona la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos sociales, económicos y ambientales y sus probabilidades. (Congreso de Colombia, 2012)

7. GENERALIDADES

7.1 Localización del municipio

San Juan de Rioseco se ubica en la provincia del Magdalena Centro en el departamento de Cundinamarca, a sus alrededores se encuentran los municipios de Vianí, Beltrán y Quipile, además, se encuentra en el límite con el departamento del Tolima.

Comprendido por el sector urbano o cabecera municipal, el casco urbano de la Inspección de Cambao, el casco urbano de la Inspección de San Nicolás, y el sector rural que comprende las veredas de Capira, El Limón, Santa Teresa, La Mesita, El Hato, San Isidro, Volcán, El Totumo, Honduras y Olivos Alto. (Prieto, 2020)

Mapa No.1 Ubicación del municipio



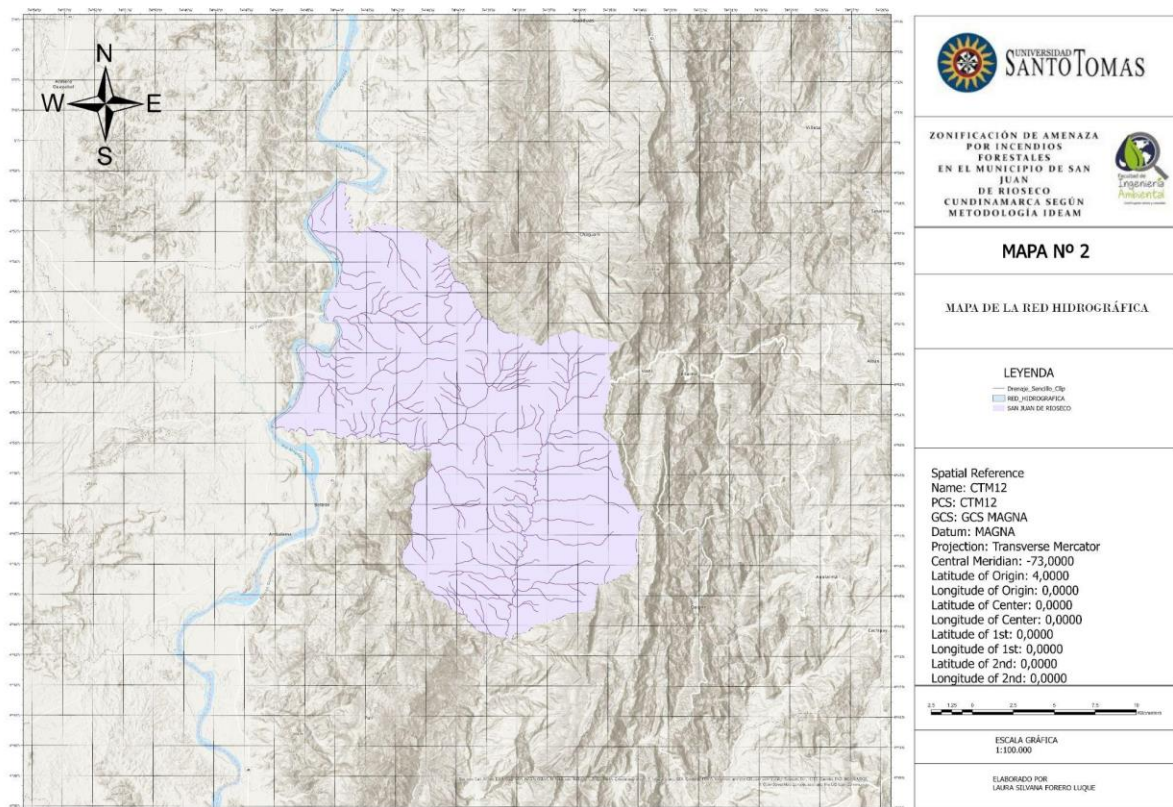
Fuente: autor.

7.2. Mapa de red hidrográfica

En cuanto a la hidrografía del municipio se afirma que el Rio Magdalena es una de las cuencas más importantes recorriendo aproximadamente 27 kilómetros y limitando el occidente con los demás municipios, allí se generan actividades de pesca convirtiéndose en un atractivo turístico, siendo una de las principales fuentes económicas.

Dentro del municipio se encuentran varios afluentes, entre ellos, el río seco, quebrada la Aguilita, quebrada el volcán, quebrada la Nicolaseña, quebrada La Cotruyo reconocida como la principal fuente de abastecimiento veredal y en gran parte del casco urbano. Y, entre muchas más microcuencas existentes en el municipio.

Mapa No.2 Red Hidrográfica

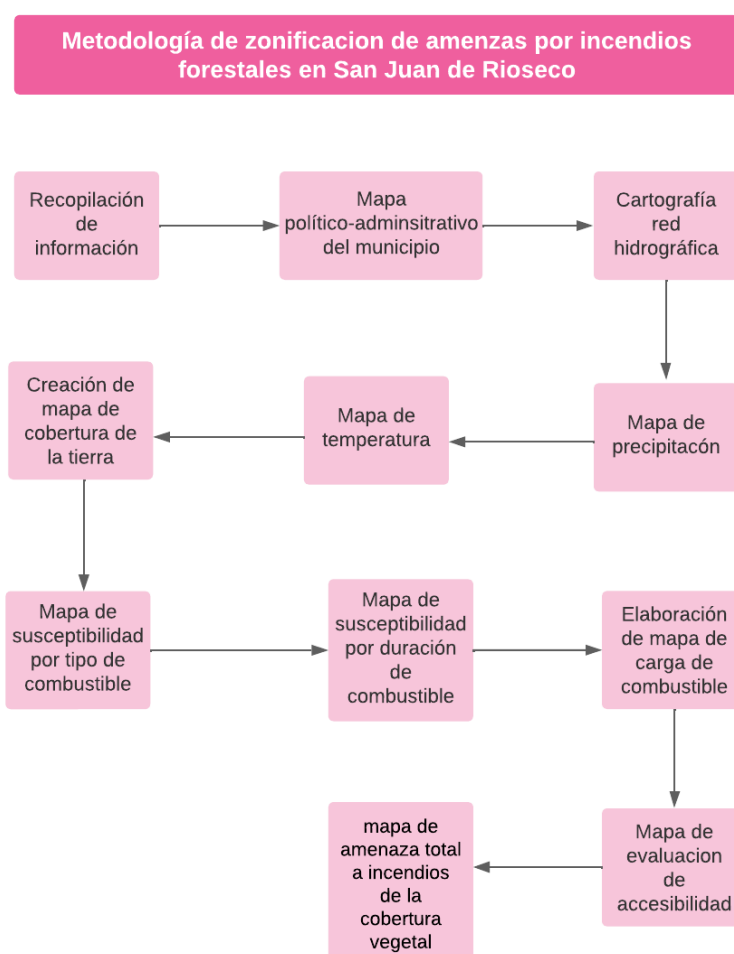


Fuente: autor.

8. METODOLOGÍA

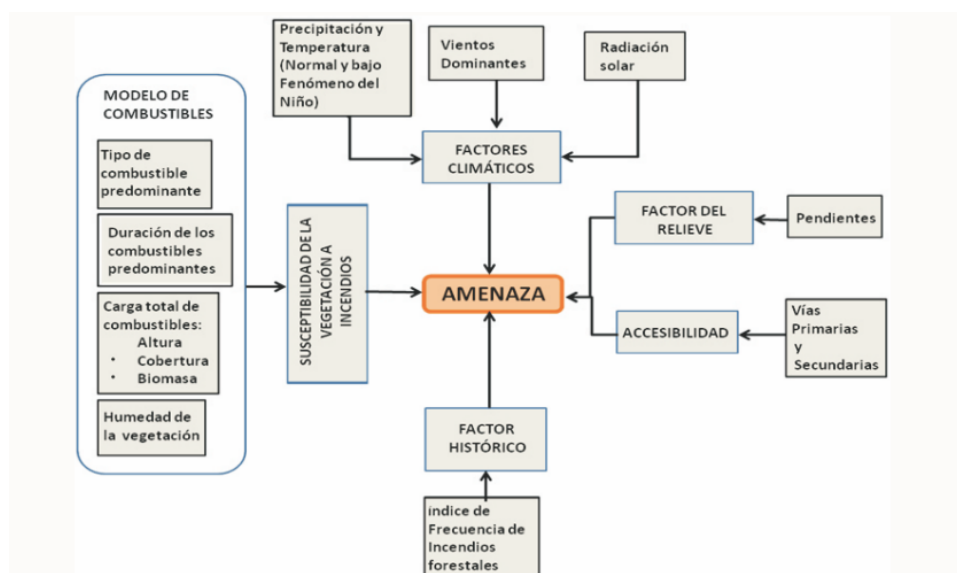
Para la realización del presente trabajo se hizo uso de herramientas de sistema de información geográfica (SIG) con el aplicativo ARCGIS pro, en donde se adaptó el PROTOCOLO PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL del IDEAM, y a partir de ello, se obtuvo el mapa de amenaza total ante incendios forestales como se muestra a continuación.

Figura 1. Metodología de zonificación de amenazas por incendios forestales en San Juan de Rioseco



Fuente: autor.

Figura 2. Representación gráfica de la evaluación de la amenaza



Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100.000

Fuente: (IDEAM, 2011)

Según el protocolo para determinar la amenaza total de incendios forestales existen una serie de factores que influyen directamente, entre ellos la accesibilidad, factores climáticos, la susceptibilidad de la vegetación a incendios, factor relieve que y el factor histórico aunque este último no fue posible incorporarlo, teniendo en cuenta que no es suficiente la información para tener un dato histórico definido, es por eso que a continuación se dará la descripción de la guía metodológica utilizada para cumplir con el objetivo del presente trabajo de grado.

Luego de obtener la información primaria desde cada una de las plataformas como el geoportal del IGAC, DANE, IDEAM, entre otros, fue generado el mapa político-administrativo, el mapa hidrográfico, de la misma forma el de cobertura vegetal, el mapa de biomasa, mapa de pendiente, mapa vial y en cuanto al mapa de temperatura y precipitación la información fue adquirida de la tercera comunicación de cambio climático.

La identificación de los cambios de cobertura vegetal se realizó usando la capa del IGAC del año 2012 y la del año 2018 que corresponde a la actualización más reciente, en donde se totalizó el área en hectáreas y se clasificó por cada una de las coberturas existentes en el municipio debido a que el terreno puede contribuir a la propagación de incendios forestales y

retrasar las oportunidades y operaciones de extinción de incendios.(Xuhong Yang et al., 2021)

Para la realización del mapa de susceptibilidad por tipo de combustible fue necesario contar con el mapa de cobertura vegetal del año 2018 expedido por el IDEAM y hacer una reclasificación con los siguientes datos asignados de tipo de combustible predominante dependiendo el tipo de cobertura, para así mismo darle la siguiente calificación.

Tabla 1: Tipo de combustible predominante

TIPO DE COBERTURA (CORINE LAND COVER NIVEL 3)	TIPO DE COMBUSTIBLE PREDOMINANTE
2.3.1. Pastos limpios	Pastos
2.3.3. Pastos enmalezados	Pastos/hierbas
2.4.1. Mosaico de cultivos	Hierbas
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	Pastos/hierbas
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Pastos/hierbas/arbustos/árboles
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	Pastos/hierbas/arbustos/árboles
3.1.1. Bosque denso	Árboles
3.1.2. Bosque abierto	Arboles/arbustos
3.1.3. Bosque fragmentado	Árboles/arbustos/hierbas
3.1.4. Bosque de galería y ripario	Árboles/arbustos
3.2.1. Herbazal	Hierbas
3.2.2. Arbustal	Arbustos
3.3.2. Afloramientos rocosos	No combustibles
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	No combustibles
4.1.1. Zonas pantanosas	Hierbas
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles

Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100.000

Fuente: (IDEAM, 2011)

Tabla 2: Calificación tipo de combustible

TIPO DE COBERTURA	TIPO DE COMBUSTIBLE	CALIFICACIÓN	CATEGORÍA DE SUSCEPTIBILIDAD
Suelos desnudos, roca, nieves perpetuas, cuerpos de agua, zonas urbanas y todas aquellas coberturas no naturales	No combustibles	0	Sin riesgo
Bosques densos y abiertos, altos y bajos	Árboles	1	Muy Baja
Bosques fragmentados	Árboles/arbustos	2	Baja
Arbustales	Arbustos	3	Moderada
Arbustal abierto y herbazal con arbustos y/o arbolado	Arbustos/Hierbas – árboles/hierbas – pastos/hierbas/arbustos/árboles	3	Moderada
Herbazales y cultivos herbáceos	Hierbas/ cultivos herbáceos	4	Alta
Pastos enmalezados	Hierbas – Pastos	5	Muy alta
Pastos limpios y zonas verdes urbanas	Pastos – zonas verdes urbanas	5	Muy alta
Zonas con presencia de nubes o sombras	Sin información	6	Sin información

Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100.000

Fuente: (IDEAM, 2011)

El mapa de duración de combustible fue realizado acorde el paso anterior en donde se le asignó un número de horas dependiendo el tipo de cobertura y de la misma manera la calificación según las siguientes tablas.

Tabla 3: Duración del combustible predominante

TIPO DE COBERTURA (CORINE LAND COVER NIVEL 3)	DURACIÓN DEL COMBUSTIBLE PREDOMINANTE
3.3.2. Afloramientos rocosos	No combustibles
3.1.1. Bosque denso	100 horas
3.1.3. Bosque fragmentado	100 horas
3.1.4. Bosque de galería y ripario	100 horas
3.2.2. Arbustal	10 horas
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	10 horas
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	10 horas
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1 hora
2.4.1. Mosaico de cultivos	1 hora
2.3.3. Pastos enmalezados	1 hora
2.3.1. Pastos limpios	1 hora
3.2.1. Herbazal	1 hora
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	No combustibles

Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100.000
Fuente: (IDEAM, 2011)

Tabla 4: Calificación duración de los combustibles

TIPO COBERTURA	DURACIÓN DE LOS COMBUSTIBLES	CALIFICACIÓN	CATEGORÍA DE SUSCEPTIBILIDAD
Suelos desnudos o degradados, roca, nieves perpetuas, cuerpos de agua, zonas urbanas y todas aquellas coberturas no naturales	No combustibles	0	Sin riesgo
Zonas verdes urbanas / pastos limpios	1 hora	1	Baja
Herbazales / cultivos herbáceos / pastos enmalezados	1 hora	1	Baja
Arbustal abierto / herbazal con arbustos y/o arbolado	10 horas	2	Moderada
Arbustales / mosaicos con espacios naturales	10 horas	2	Moderada
Bosques fragmentados	100 horas	3	Alta
Bosques densos y abiertos, altos y bajos	100 horas	3	Alta
Zonas en las que no se tiene información por presencia de nubes o sombras)	Sin información	6	Sin información

Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100.000
Fuente: (IDEAM, 2011)

El siguiente mapa generado fue el de carga de combustible en donde fue necesario la cartografía de biomasa y dependiendo el tipo de cobertura asignamos el valor de carga total y la calificación que se encuentra establecido en las tablas que nos suministra el protocolo correspondiente.

Tabla 5: Carga total de combustibles



TIPO DE COBERTURA (CORINE LAND COVER NIVEL 3)	CARGA TOTAL (BIOMASA) DE COMBUSTIBLES
3.3.2. Afloramientos rocosos	No combustibles
3.1.1. Bosque denso	más 100 ton/ha
3.1.3. Bosque fragmentado	más de 100 ton/ha
3.1.4. Bosque de galería y ripario	más de 100 ton/ha
3.2.2. Arbustal	50 - 100 ton/ha
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	No combustibles
2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	50-100 ton/ha
2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	50-100 ton/ha
2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1-50 ton/ha
2.4.1. Mosaico de cultivos	1-50 ton/ha
2.3.3. Pastos enmalezados	1-50 ton/ha
2.3.1. Pastos limpios	1-50 ton/ha
3.2.1. Herbazal	1-50 ton/ha
3.3.5. Zonas glaciares y nivales	No combustibles

Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100.000
Fuente: (IDEAM, 2011)

Tabla 6: Calificación carga total de combustibles

TIPO COBERTURA	CARGA TOTAL DE COMBUSTIBLES	CALIFICACIÓN	CATEGORÍA DE SUSCEPTIBILIDAD
Suelos desnudos o degradados, roca, nieves perpetuas, cuerpos de agua, zonas urbanas y todas aquellas coberturas no naturales	No combustibles	0	Sin riesgo
zonas verdes urbanas	<1 ton/ha	1	Baja
Herbazales / cultivos herbáceos / pastos enmalezados / pastos limpios	1-50 ton/Ha	2	Moderada
Arbustal abierto y herbazal con arbustos y/o arbolado	50 a 100 ton/Ha	3	Alta
Arbustos	50 a 100 ton/ha	3	Alta
Bosques fragmentados	>100 ton/ha	4	Muy alta
Bosques densos y abiertos, altos y bajos	>100 ton/Ha	4	Muy alta
Sin información (zonas en las que no se tiene información por presencia de nubes o sombras)	Sin información	6	Sin información

Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100.000
Fuente: (IDEAM, 2011)

Para el factor de accesibilidad se utilizó la cartografía vial del municipio y se realizaron varios buffers con un ancho de 500 metros, donde se calificó y además, se le asignaron los valores correspondientes entre muy alta, alta, moderada, baja y muy baja.

Tabla 7: Evaluación de accesibilidad

DISTANCIA A LA VÍA (ANCHO DEL BUFFER EN m)	CALIFICACIÓN	CATEGORIA DE AMENAZA
0 – 500	5	Muy alta
500 – 1000	4	Alta
1000 – 1500	3	Moderada
1500 – 2000	2	Baja
>2000	1	Muy baja

Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal escala 1:100.000
Fuente: (IDEAM, 2011)

Para la obtención del mapa de amenaza total ante incendios forestales de la cobertura vegetal es utilizada la información obtenida anteriormente y ejecutando en el programa ARCGIS pro la siguiente fórmula que establece el protocolo utilizado:

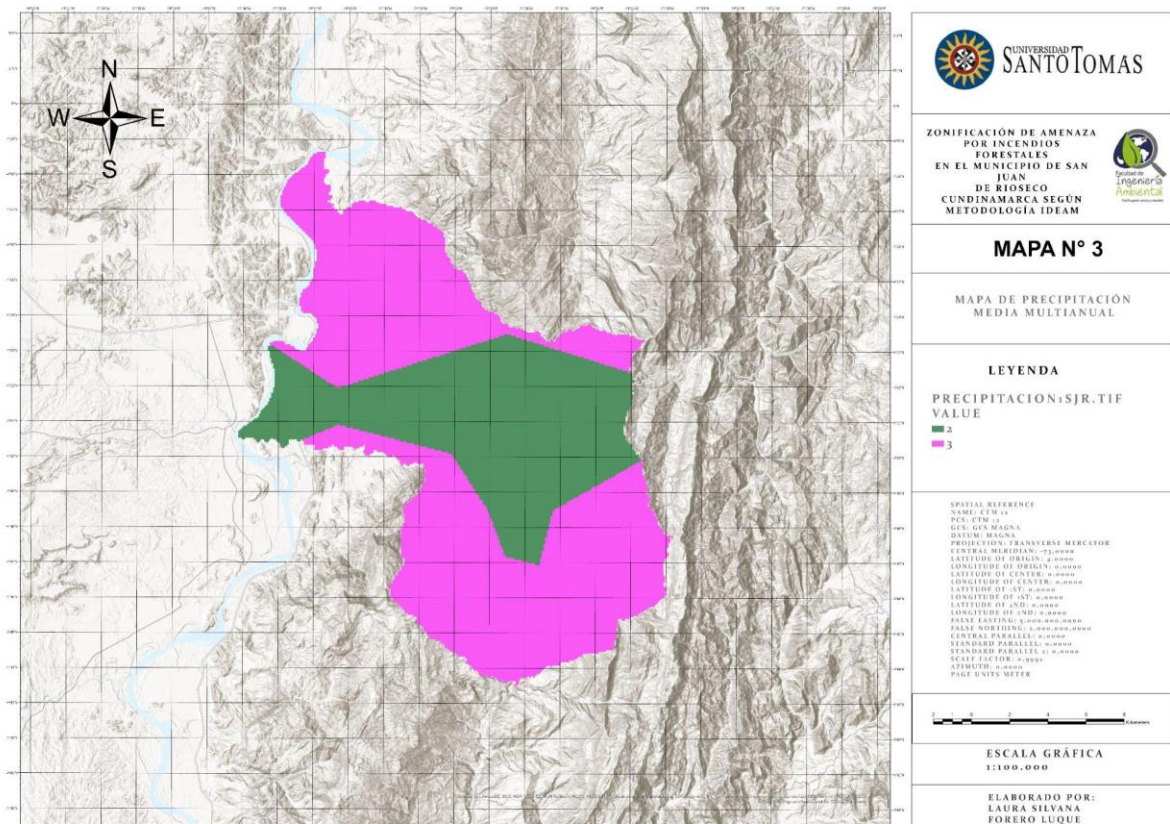
Amenaza = susceptibilidad de la vegetación X (0,17) + precipitación X (0,20) + temperatura X (0,30) + pendientes X (0,07) + accesibilidad x (0,10)

9. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

1. Mapa de precipitación media anual

En el valle del río Magdalena la precipitación es relativamente baja en comparación con la precipitación de la zona media y alta de la cordillera que corresponde a la zona cafetera y es donde mayor precipitación se presenta con valores comprendidos entre 1.500 y 2.300 m.m anuales según el mapa de isoyetas presentado en el inventario de recursos naturales CAR 2.000 (Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca, 2015). Es decir que la precipitación también se considera un detonante de incendios forestales por la escasez de lluvias

Mapa No.3 Precipitación media multianual



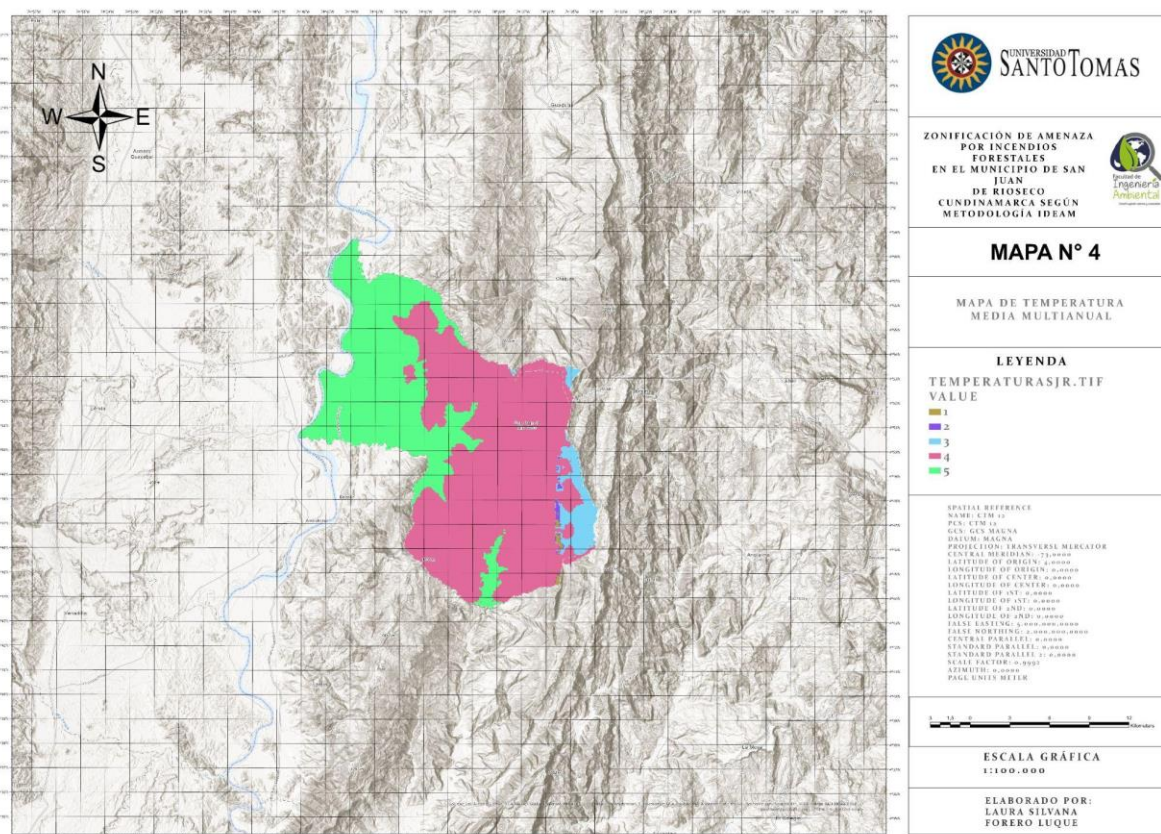
Fuente: Autor.

2. Mapa de Temperatura media anual

Debido a la ubicación geográfica dentro de la zona de confluencia intertropical ZCI, responsable de dos épocas de lluvia y dos de verano (Prieto, 2020). Es decir que la época de invierno se presenta dos veces al año entre los meses de marzo y mayo, y la siguiente en el mes de septiembre. Los meses restantes es donde se manifiesta el verano presentando una gran sequía.

En conclusión, la temperatura media anual en San Juan de Rioseco fluctúa entre 29° C en Cambao (al Occidente del Municipio) y 17° C en la zona montañosa parte alta (al Oriente). (Prieto, 2020).

Mapa No.4 Temperatura media multianual



Fuente: Autor.

3. Mapa cobertura de la tierra

A partir del mapa de cobertura de la tierra se logra la realización del mapa total de amenaza por incendios forestales dándole cumplimiento al objetivo del trabajo, para ello primero se tuvieron que elaborar los mapas de tipo de combustible, duración del combustible y carga de combustible teniendo en cuenta la calificación de cada una de ellos según el protocolo.

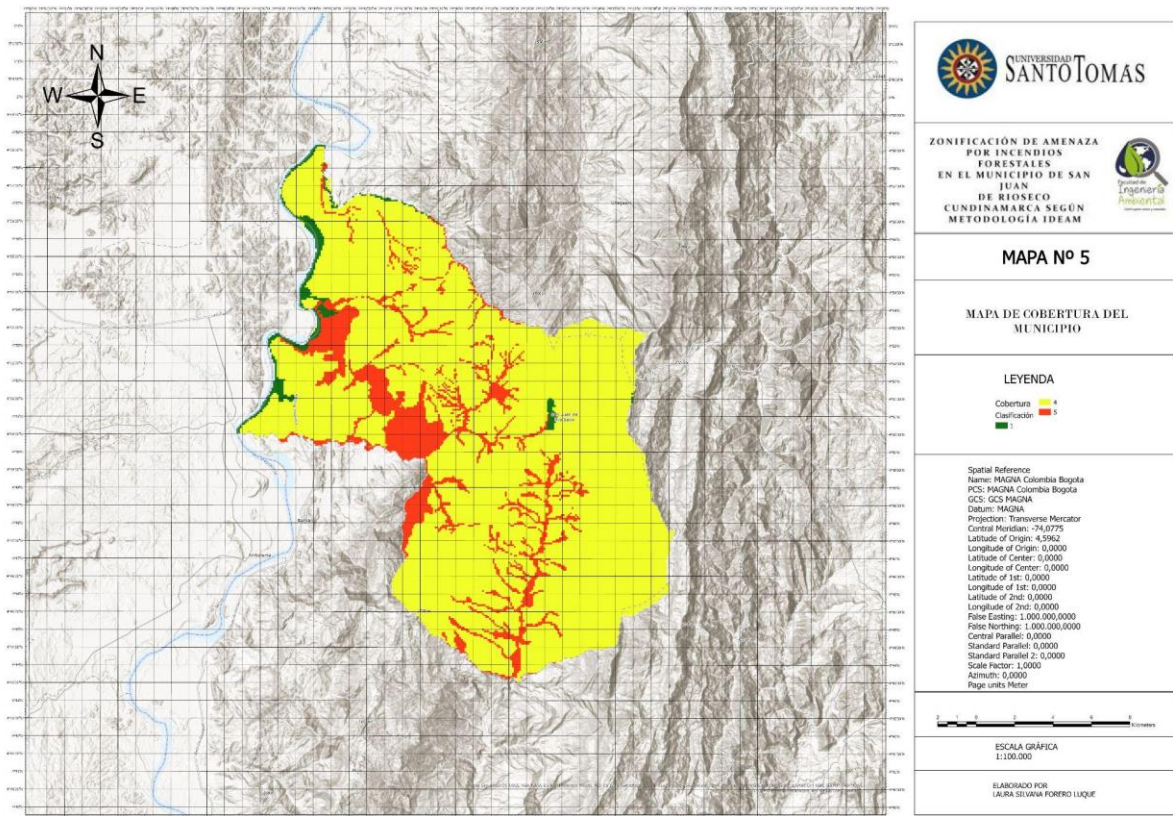
Además, se identificó que en los tipos de cobertura de pastos limpios, mosaico de pastos, cultivos y especies naturales el área disminuyó entre los años 2012 y 2018 significativamente, de lo contrario en mosaico de pastos y cultivos, bosque denso, herbazal y arbustal del 2012 al 2018 tuvo un aumento de área como se muestra a continuación.

Tabla 8. Comparación de cobertura vegetal del año 2012 y 2018.

Código de cobertura	Tipo de cobertura	Cobertura 2012 (Ha)	Cobertura 2018 (Ha)
231	Pastos limpios	15297,16	5287,17
242	Mosaico de pastos y cultivos	570,19	1703,71
243	Mosaico de pastos, cultivos y especies naturales	25842,37	5746,67
311	Bosque denso	401,86	1604,55
321	Herbazal	0	58,40
322	Arbustal	250,81	352,31

fuentes: autor.

Mapa No.5 Cobertura de la tierra

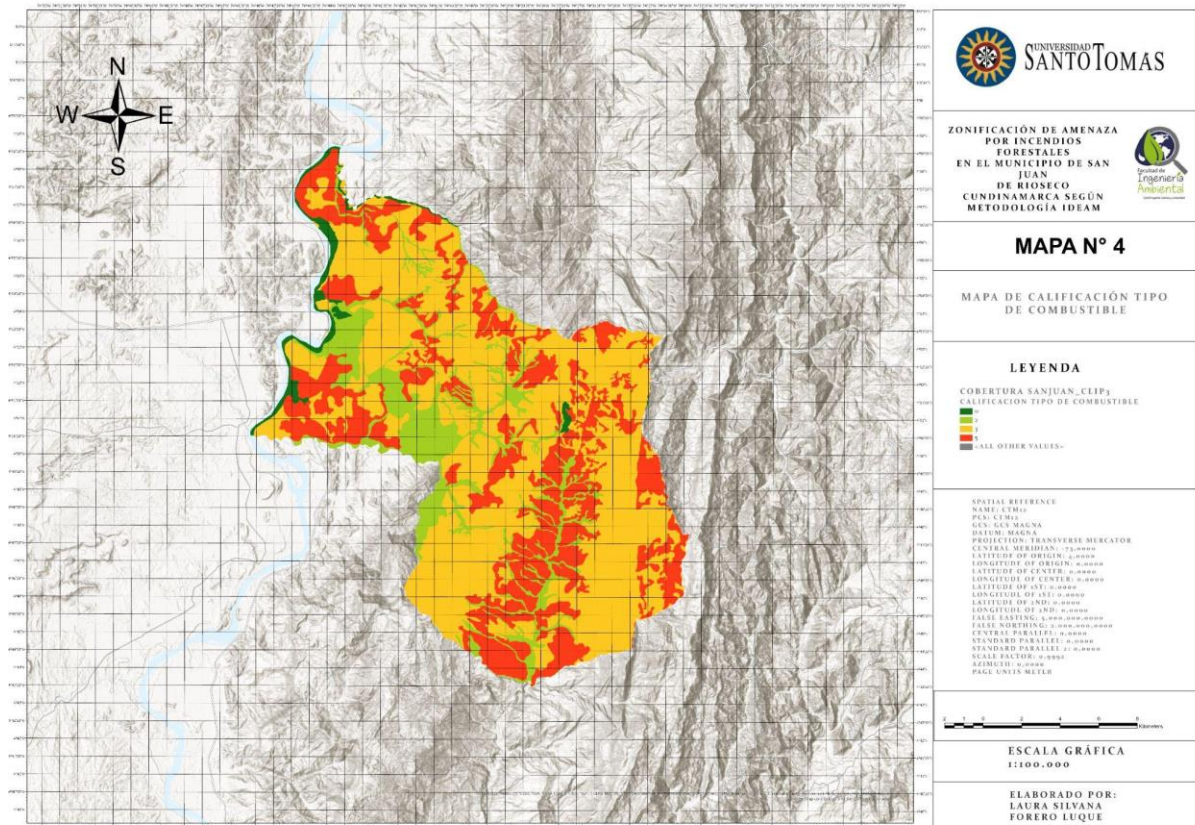


Fuente: Autor.

4. Mapa de calificación tipo de combustible

En cuanto al mapa obtenido de tipo de combustible se evidenció que la mayor área del municipio tiene una categoría de susceptibilidad moderada que se representa con el sombreado naranja, siguiéndole una categoría muy alta de color rojo y, baja y muy baja que se encuentra de color verde como lo designa el protocolo utilizado en el presente trabajo.

Mapa No.6 Calificación tipo de combustible



Fuente: Autor.

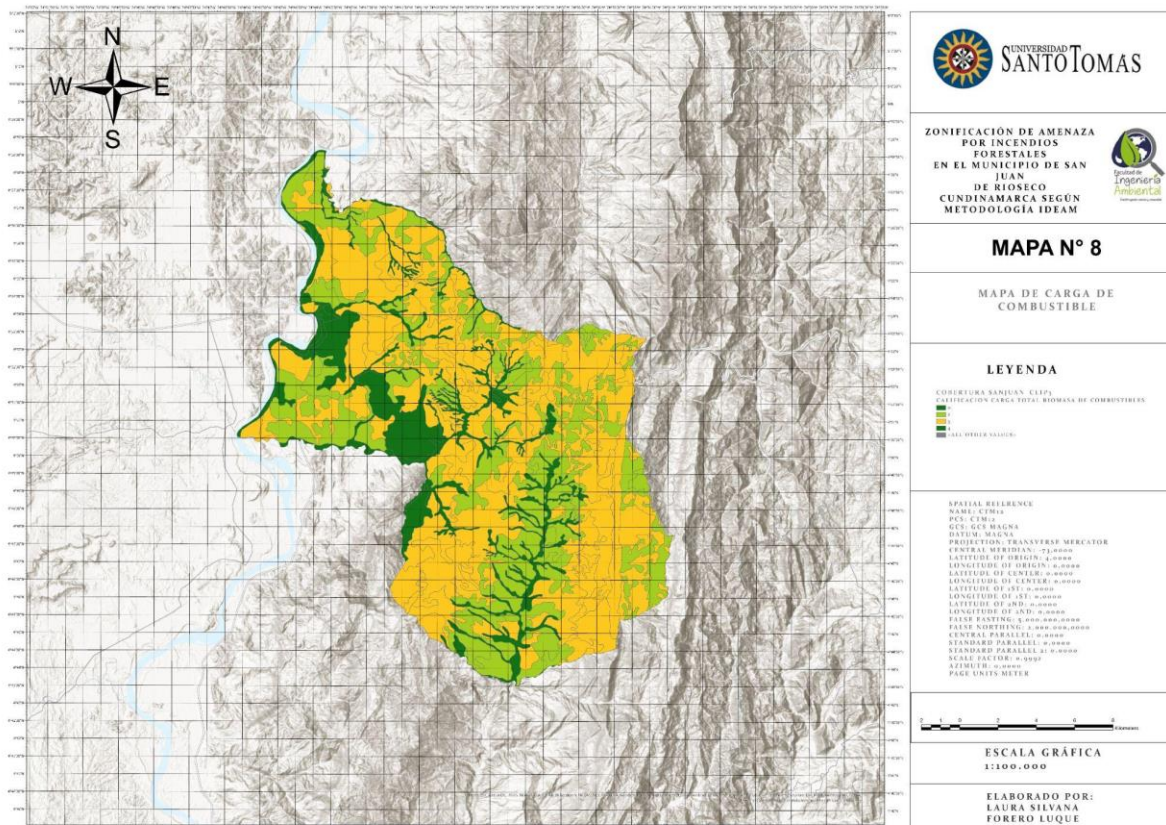
5. Mapa de susceptibilidad por duración de combustible

Dependiendo el tipo de cobertura como pastos limpios, bosque fragmentado, mosaico de cultivos, bosque denso, mosaico de pastos y cultivos, herbazal, pastos enmalezados, entre otros, se le asigna el número de horas correspondiendo a la duración del combustible predominante como se muestra en el protocolo.

Concluyendo que la categoría de susceptibilidad es moderada con una calificación de 2.



Mapa No.8 Carga de combustible



Fuente: Autor.

7. Mapa de susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios

En cuanto al mapa de susceptibilidad fue necesaria la información anterior de la calificación por tipo de combustible, calificación de la duración de los combustibles y la calificación de la carga total de los combustibles.

Para ello se utilizó una de las herramienta del programa ARCGIS pro y se ejecutó la siguiente ecuación, dando como resultado el mapa de susceptibilidad de la cobertura vegetal.

$$SUSC = CAL(tc) + CAL(dc) + CAL(ct)$$

Donde:

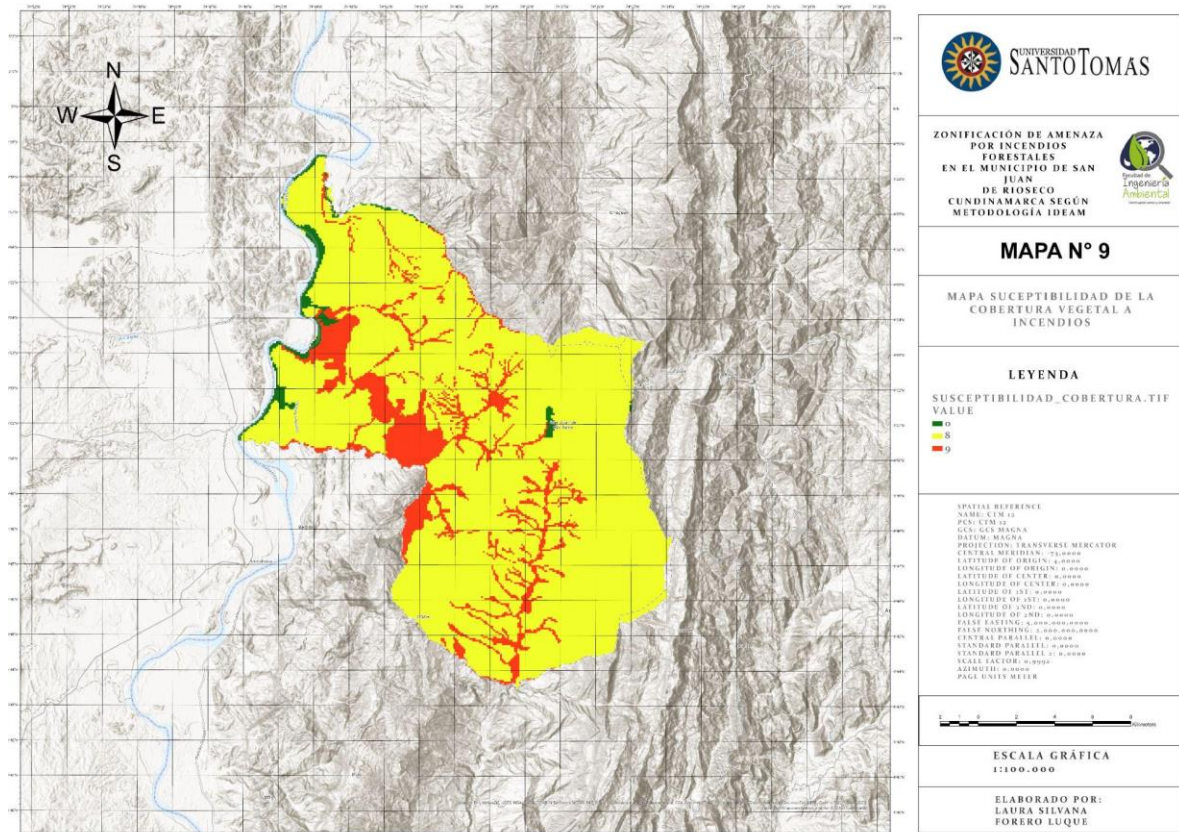
SUSC: Susceptibilidad total de la vegetación (susceptibilidad bruta)

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

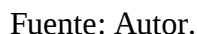
Mapa No. 9 Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios



Fuente: Autor.

8. Mapa amenaza por accesibilidad

La accesibilidad se considera parte de la amenaza a incendios de la cobertura vegetal, debido a que es un factor determinante en la probabilidad de que la población pueda acceder a las áreas con coberturas vegetales susceptibles y generar focos de incendios. Cuellar, M. (2019, March 9). Entonces, se determinó de 2 formas, la primera por la densidad vial y otra por la cercanía a las vías en donde la mayoría del municipio se clasificó en un rango “alto” de amenaza por accesibilidad como se muestra en el siguiente mapa.



Finalmente, dándole uso a cada uno de los mapas obtenidos y a la ecuación que plantea el protocolo ($Amenaza = susceptibilidad\ de\ la\ vegetación \times (0,17) + precipitación \times (0,20) + temperatura \times (0,30) + pendientes \times (0,07) + accesibilidad \times (0,10)$), se realizó el mapa de amenaza total por incendios forestales.

Teniendo en cuenta que la superficie total del municipio es de 223 km², se identificó que el 93,4% del área del municipio, es decir, 302.07 km² tienen una calificación de amenaza total

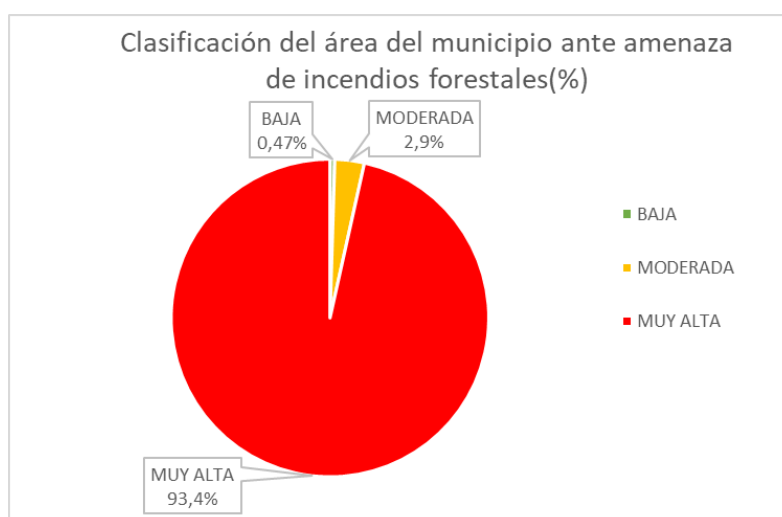
en “4” considerándose como muy alta y el 2,9% del área que corresponde a 19,42 km² se clasifica en “3” como moderada, por último, el 0,47% correspondiente a 1,53 km² tiene una clasificación de “2” que según el protocolo se categoriza en una amenaza baja como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. Clasificación del área del municipio ante amenaza de incendios forestales

Calificación amenaza total	Categoría amenaza total	Área (Km ²)	Porcentaje área (%)
2	BAJA	1,53	0,47
3	MODERADA	19,42	2,9
4	MUY ALTA	302,07	93,4

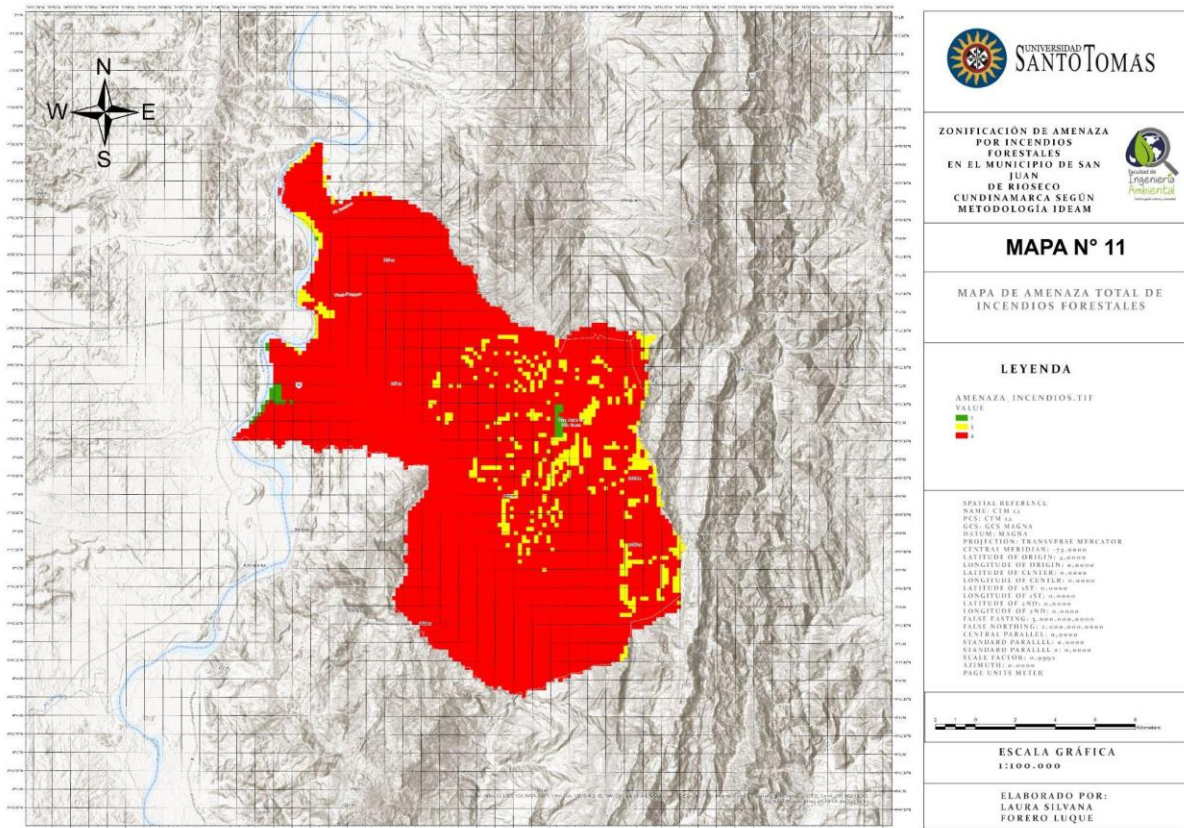
Fuente: autor.

Figura 3. Clasificación del área del municipio ante amenaza de incendios forestales en porcentaje.



Fuente: autor.

Mapa No.11 Amenaza total de incendios forestales



Fuente: Autor.

10. IMPACTO SOCIAL Y HUMANÍSTICO DEL PROYECTO

Luego de realizada la zonificación de amenaza por incendios forestales se dará entrega directamente a la Alcaldía del municipio, con el fin de aportar en la actualización de la información relacionada con incendios forestales y gestión del riesgo, sirviendo como herramienta principal para que logren ejecutar un plan de contingencia que beneficie tanto a la comunidad, como a la economía y a los ecosistemas.

Este estudio ayudará a las autoridades del departamento de protección y conservación forestal a identificar fácilmente las zonas de riesgo de incendio para la prevención y manejo de incendios forestales en el futuro. (Loghin et al., 2017)

En cuanto a los habitantes del municipio tendrán la capacidad de reconocer el nivel de amenaza ante incendios forestales según corresponda a la ubicación de su lugar de residencia, se podrán tomar medidas de prevención y mitigación evitando la posible afectación directa de cultivos, de animales de crianza e incluso riesgo a la salud humana, teniendo en cuenta que la mayor parte del municipio es zona rural.

11. CONCLUSIONES

- Se determinó que en general el municipio se encuentra en un rango “muy alto” ante amenaza por incendios forestales por múltiples razones, la ubicación geográfica, hidroclimatología, tipo de cobertura vegetal, la cantidad de vías primarias y secundarias, la temperatura y demás factores que influyen directamente.
La amenaza también puede ser generada de manera antrópica, pues en algunas zonas del municipio los campesinos realizan quemas como técnica para la eliminación de cobertura vegetal residual de una cosecha previa o como método de control de diferentes plagas, (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2022) y de la misma forma acostumbran a la incineración de residuos por la falta de cubrimiento del sistema de recolección y transporte de residuos veredal.
- La elaboración de este trabajo de grado que lleva de nombre zonificación por amenaza de incendios forestales en el municipio de San Juan de Rioseco, es destinado a la actualización de información debido a que a lo largo de los años la administración municipal no ha dado la suficiente importancia al presente tema, Sin embargo, haciendo entrega del documento se contribuye a un plan de gestión del riesgo y respalda la noción de que el desarrollo comunitario y las estrategias de preparación avanzada ayudarán a enfrentar los incidentes de incendios forestales.(Jagpal et al., 2021)
- Entre los años 2012 y 2018 se evidenciaron cambios en el área de cada uno de los tipos cobertura vegetal presentes en el municipio. Los pastos limpios, el mosaico de pastos, cultivos y especies naturales disminuyeron, pero el área aumentó en mosaico de pastos y cultivos, bosque denso, herbazal y arbustal. Correspondiente a la agricultura, deforestación, incendios forestales, urbanización y eventos climáticos presentados en dicha temporada.
- Las consecuencias provenientes de un incendio forestal se reflejan en muchos aspectos, en un municipio donde la mayoría de la economía proviene de la agricultura la quema de cultivos, el deterioro del suelo, costes derivados de la prevención, extinción, protección de la población y regeneración post-incendios (Vallejo et al., 2019) y la pérdida de animales de crianza es una pérdida de ingresos significativa para el campesino, agregando que las afectaciones en la salud humana por el humo y la

ceniza también son altas. Ambientalmente, el desequilibrio de cadenas alimenticias, destrucción de hábitats, erosión del suelo, pérdida de biodiversidad, alteración en los ciclos bioquímicos, son algunas de las problemáticas procedentes de un incendio.

- Este artículo también muestra que es posible realizar una zonificación adecuada de la susceptibilidad a los incendios forestales incluso si no se dispone de datos históricos de los incendios forestales que ocurrieron en un área determinada y de datos meteorológicos relevantes. (Slavoljub et al., 2021). En la realización de esta tesis no fue posible usar datos históricos debido a que no se encontró información de incendios forestales en el municipio.

12. RECOMENDACIONES

- Generar una actualización de zonificación por amenaza de incendios forestales periódica, y de la misma forma de otros tipos de riesgos y amenazas como de movimientos en masa, inundaciones, avenidas torrenciales y otros que pueden generar afectaciones significativas tanto a los ecosistemas como a las personas pertenecientes al área de influencia.
- La comunidad debe tener a su disposición documentos actualizados de este tipo para que identifiquen el nivel de amenaza ante incendios según la ubicación de su vivienda o del área de su interés, con el fin de mitigar la amenaza y el riesgo de que se genere un evento de manera antrópica.
- Reforzar el cuerpo de bomberos del municipio pues estos no están en condiciones de darle manejo a un incendio forestal de gran magnitud por los pocos recursos destinados para esta asociación.
- Promover quemas controladas para retirar las hojas secas (combustible) del suelo forestal y realizar cinturones cortafuegos a ambos lados de los caminos forestales (Loghin et al., 2017) , ya que podría ser una alternativa para disminuir el nivel de riesgo a la hora de presentarse un incendio forestal teniendo en cuenta que la mayor parte del municipio se clasifica como área rural.

13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Camacho Reyes, M. A. (2021). *ZONIFICACIÓN DE AMENAZA POR INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO DE YOPAL - CASANARE*. Universidad Militar Nueva Granada.

CAR CUNDINAMARCA. (2015, October 22). *PLAN DE ORDENAMIENTO REGIONAL ASPECTOS FÍSICOS*. Corporación Autónoma Regional De Cundinamarca.

Centro de Estudios Agrarios y Ambientales. (2013, March 18). *Zonificación de ecosistemas*.

Chaoxue, T., & Zhongke, F. (2023). *Mapping Forest Fire Risk Zones Using Machine Learning Algorithms in Hunan Province, China* [Article]. Hainan University.

CONGRESO DE COLOMBIA. (2020, April 24). *Ley 1523 de 2012*. Departamento Administrativo de la Función Pública.

Foschiatt, A. M. (2004, December 22). *Vulnerabilidad global y pobreza*. IGUNNE.

Jagpal, T., Kranjcic, N., Bojan, D., & Shruti, K. (2021). Forest Fire Hazards Vulnerability and Risk Assessment in Sirmaur District Forest of Himachal Pradesh (India): A Geospatial Approach [Article]. University North.

Instituto de Hidrología, M. y E. A. – I. (2020, August 20). *PROTOCOLO PARA LA REALIZACIÓN DE MAPAS DE ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS DE LA COBERTURA VEGETAL*. Subdirección de Ecosistemas.

Loghini, A., Rajendran, S., Padmakumari, G., & Mathew, K. (2017). *Forest Fire Risk Zone Mapping Using RS and GIS Techniques: A Study in Achankovil Forest Division, Kerala, India* [Trabajo de grado]. Universidad Técnica Gheorghe Asachi de Iași, Iași.

Mejía Quesada, C. E. (2017). *ZONIFICACIÓN DE RIESGOS A INCENDIOS FORESTALES EN LA CUENCA DEL RÍO COELLO EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA* [Trabajo de grado]. Universidad de Manizales.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020, April 2). *Lineamientos y guía para la Ordenación Forestal en Colombia*. Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos.

Prieto, F. (2020, December 2). *ESQUEMA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA EL MUNICIPIO DE SAN JUAN DE RIOSECO*. Infraestructura de Datos Espaciales Cundinamarca IDEC.

Puertas, L. (2019, November 2). *Tipos de incendios*. Puertas Asturmex.

Slavoljub, D., Milosevic, M., & Samardzic, I. (2021). GIS-Based Forest Fire Susceptibility Zonation with IoT Sensor Network Support, Case Study—Nature Park Golija, Serbia [Article]. University of Belgrade.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022, July 13). *El fuego ya no es una alternativa*. Gobierno de México.

UMAÑA RAMIREZ, D. E. (2017). *ZONIFICACIÓN DE AMENAZA A INCENDIOS FORESTALES EN EL MUNICIPIO DE RIOHACHA, LA GUAJIRA* [Trabajo de grado]. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA.

Urrutia Garcés, C. A. (2018). *Zonificación de riesgos a incendios forestales en zona rural del municipio de Santiago de Cali* [Trabajo de grado]. Universidad de Manizales.

Valdivia Guillen, S. (2022). *Aplicación de Tecnologías S.I.G, para la Prevención de Riesgos de Incendios Forestales, Distrito de Maranura, La Convención, Cusco*. [Trabajo de grado]. Universidad Cesar Vallejo.

Vallejo, I., Rodriguez, E., & Márquez, J. (2019). *Mapping Forest Fire Risk at a Local Scale—A Case Study in Andalusia (Spain)* [Article]. University of Seville.

Xuhong, Y., Xiaobin, J., & Yinkang, Z. (2021). *Wildfire Risk Assessment and Zoning by Integrating Maxent and GIS in Hunan Province, China* [Article]. Nanjing University.