

**ESTRUCTURACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN
GEORREFERENCIADA COMO INSTRUMENTO DE APOYO
PARA LA FORMULACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROGRAMA
REGIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
DE INCENDIOS FORESTALES EN CALDAS**

VICTOR HUGO OSSA OSSA

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA DE SISTEMAS
MANIZALES
2003**

**ESTRUCTURACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN
GEORREFERENCIADA COMO INSTRUMENTO DE APOYO
PARA LA FORMULACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROGRAMA
REGIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN
DE INCENDIOS FORESTALES EN CALDAS**

VICTOR HUGO OSSA OSSA

**Monografía para optar al título de
Tecnólogo en Sistemas**

**Director
HÉCTOR MORA PÁEZ
Ingeniero Catastral y Geodesta**

**UNIVERSIDAD DE MANIZALES
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE TECNOLOGÍA DE SISTEMAS
MANIZALES
2003**

CONTENIDO

	Pág.
1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1. MARCO CONCEPTUAL	4
3.1.1. Localización del área	4
3.1.2. Incendio forestal	6
3.1.3. El fuego	6
3.1.4. Quema	6
3.1.5. Conato	6
3.1.6. Desastre	7
3.1.7. Mitigación	7
3.1.8. Amenaza	7
3.1.9. Vulnerabilidad	8
3.1.10. Riesgo	10
3.1.11. SIG	10
3.2. MARCO REFERENCIAL	11
3.2.1. Incendios forestales	11
3.2.1.1. Clases de incendios forestales	11
3.2.1.2. Causas de los incendios forestales	12
3.2.1.3. Consecuencias de los incendios forestales	13
3.2.1.4. Facilidad de control	16
3.2.1.5. Factores que favorecen los incendios forestales	16
3.2.2. Sistemas de información geográfica	23
3.2.2.1. Componentes de un SIG	25
3.2.2.2. Aplicaciones de los SIG	26
4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA	27
4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	27

Pág.

4.2. MÉTODO Y FUENTES	27
4.3. METODOLOGÍA	28
4.3.1. Técnicas de recolección de información	29
4.3.2. Software utilizado	30
4.3.3. Almacenamiento de los datos	30
4.3.4. Procesamiento de la información	31
4.4. Diseño del SIG	32
4.4.1. Modelo conceptual	33
4.4.2. Modelo lógico	34
5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	35
5.1. INTERPRETACIÓN GRÁFICA DE LOS MAPAS DE RESULTADOS	39
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
7. BIBLIOGRAFÍA	47

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla C1. Ocurrencia histórica de incendios forestales	31
Tabla C2. Densidad de población	31
Tabla C3. Densidad de caminos	32
Tabla C4. Áreas de cultivos	32
Tabla C5. Densidad de daño histórico de incendios forestales	33
Tabla C6. Topografía	34
Tabla C7. Clima	34
Tabla C8. Resistencia al control	35
Tabla C9. Potencial de propagación	35
Tabla C10. Presencia bomberil	36
Tabla C11. Accesibilidad	36
Tabla C12. Valor económico	37
Tabla C13. Valor social - ecológico.	37

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización del Área de Estudio	5
Figura 2. Registro de Temperatura por área	17
Figura 3. Distribución de Precipitaciones Pluviales	18
Figura 4. Distribución de Usos del suelo	19
Figura 5. Vías de la zona	20
Figura 6. Centros Poblados	21
Figura 7. Zona Amortiguadora Parque Nacional Natural de los Nevados Mapa de Amenazas	39
Figura 8. Zona Amortiguadora Parque Nacional Natural de los Nevados Mapa de Vulnerabilidad	40
Figura 9. Zona Amortiguadora Parque Nacional Natural de los Nevados Mapa de Riesgos	41
Figura 10. Zona Amortiguadora Parque Nacional Natural de los Nevados Mapa de Daño potencial	42
Figura 11. Zona Amortiguadora Parque Nacional Natural de los Nevados Mapa de Prioridad de Protección	43

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A - Definición de las variables que conforman la Matriz

ANEXO B – Matriz de Variables

ANEXO C - Metodología para la definición de la priorización de la protección

ANEXO D - Modelo de cuestionarios propuestos para la lucha pasiva contra los incendios forestales

ANEXO E - Recomendaciones generales

ANEXO F - CD-ROM de la estructuración del SIG en ARVIEW 3.2

1. RESUMEN

El objetivo del trabajo que se resume a continuación se dirige principalmente a la estructuración y montaje de un sistema de información georreferenciada como instrumento de apoyo para la prevención y mitigación de incendios forestales en el departamento de Caldas. El área de estudio en la cual se desarrolló el trabajo comprende los municipios de Manizales, Villamaría y Neira, más conocida como la Zona Amortiguadora del Parque Nacional Natural de los Nevados.

Para el buen desarrollo del trabajo fue necesario la utilización de los sistemas de información geográfica (SIG) en el campo forestal, ya que cuentan con las herramientas necesarias para manejar la información geográfica de una manera fácil y confiable; también se dispuso de una metodología propuesta por el Ministerio del Medio Ambiente, la cual sirvió para retroalimentación de una matriz que comprende todas las variables utilizadas en el trabajo.

El resultado final del trabajo comprende la clasificación de los mapas de amenazas, vulnerabilidad, riesgos, daño potencial y prioridad de protección, los cuales arrojarán una información gráfica y alfanumérica a nivel veredal de alta pertinencia para los propósitos del estudio.

2. INTRODUCCIÓN

El problema de los incendios forestales va más allá de la simple preocupación de apagar el fuego; hablar de incendios forestales sólo desde la perspectiva bomberil es inconveniente para aquellas personas que tienen un contacto más directo con el medio forestal, y sería demasiado apresurado tomar alguna decisión en el momento en que inicia o está por iniciarse una conflagración, sin tener algún conocimiento previo de estos eventos. Lo importante es tener presente que la responsabilidad de la prevención y mitigación de este desastre, prácticamente antrópico, y sus efectos negativos sobre el medio ambiente y el desarrollo económico del país, recae sobre toda la comunidad que se ve afectada.

De allí surgió la necesidad de la Corporación Autónoma Regional de Caldas, (CORPOCALDAS) de estructurar un sistema de información geográfica capaz de capturar, procesar, desplegar y reportar información georreferenciada alfanumérica y gráfica a nivel veredal, de la Zona Amortiguadora del Parque Nacional Natural de los Nevados, ubicada al sur del departamento de Caldas, que servirá como instrumento de apoyo para la prevención y mitigación de incendios forestales en el departamento.

El trabajo que aquí se presenta, incluyó la recopilación y análisis de información existente a nivel municipal sobre el tema, estudiando el marco institucional de

diversos países donde ocurre con frecuencia este desastre natural y se adelantó la compilación de información sobre los incendios forestales ocurridos en Colombia.

Para su implementación fue necesario la manipulación del software ArcView 3.2, y sus módulos Spatial Analyst y 3D Analyst. Se adoptó una matriz en Excel 2000 de Microsoft la cual contiene las variables inmersas en este proyecto, como son: Ocurrencia histórica, densidad de población, densidad de caminos, áreas de cultivos, daño histórico, topografía, resistencia al control, potencial de propagación, recursos de control, clima, accesibilidad terrestre, valor económico y valor socio-ecológico, las cuales dieron como resultado los mapas de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo y de allí se podrá obtener la localización de las zonas más susceptibles a los incendios forestales, para que pueda servir de apoyo al programa para la prevención y mitigación de incendios forestales.

3. MARCO TEÓRICO

Este proyecto pretende mostrar algunas aplicaciones específicas de los Sistemas de Información Geográfica en los incendios forestales, teniendo en cuenta factores tales como: Análisis de terrenos, cálculos de áreas, diseño de perfiles, áreas de susceptibilidad, etc, los cuales permiten tomar decisiones e implementar algún tipo de manejo o solución específica.

3.1 MARCO CONCEPTUAL

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario consultar en diversas fuentes el tema de los incendios forestales, teniendo en cuenta que Colombia es uno de los países con mayor riqueza en recursos naturales, pero los incendios forestales los están deteriorando gravemente, causando daños irreparables en la naturaleza. Por ello, es importante conocer las causas que los producen, y de esta manera desarrollar estrategias más efectivas para planificar actividades que contribuyan a su prevención, control, mitigación y extinción.

3.1.1 Localización del área. El área tipo sobre la cual se efectúa este análisis corresponde a la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Natural Los Nevados, localizada al Oriente de los municipios de Manizales, Villamaría y Neira,

con una área de 32.955 hectáreas, donde estos municipios cuentan 7, 13 y 3 veredas, respectivamente.

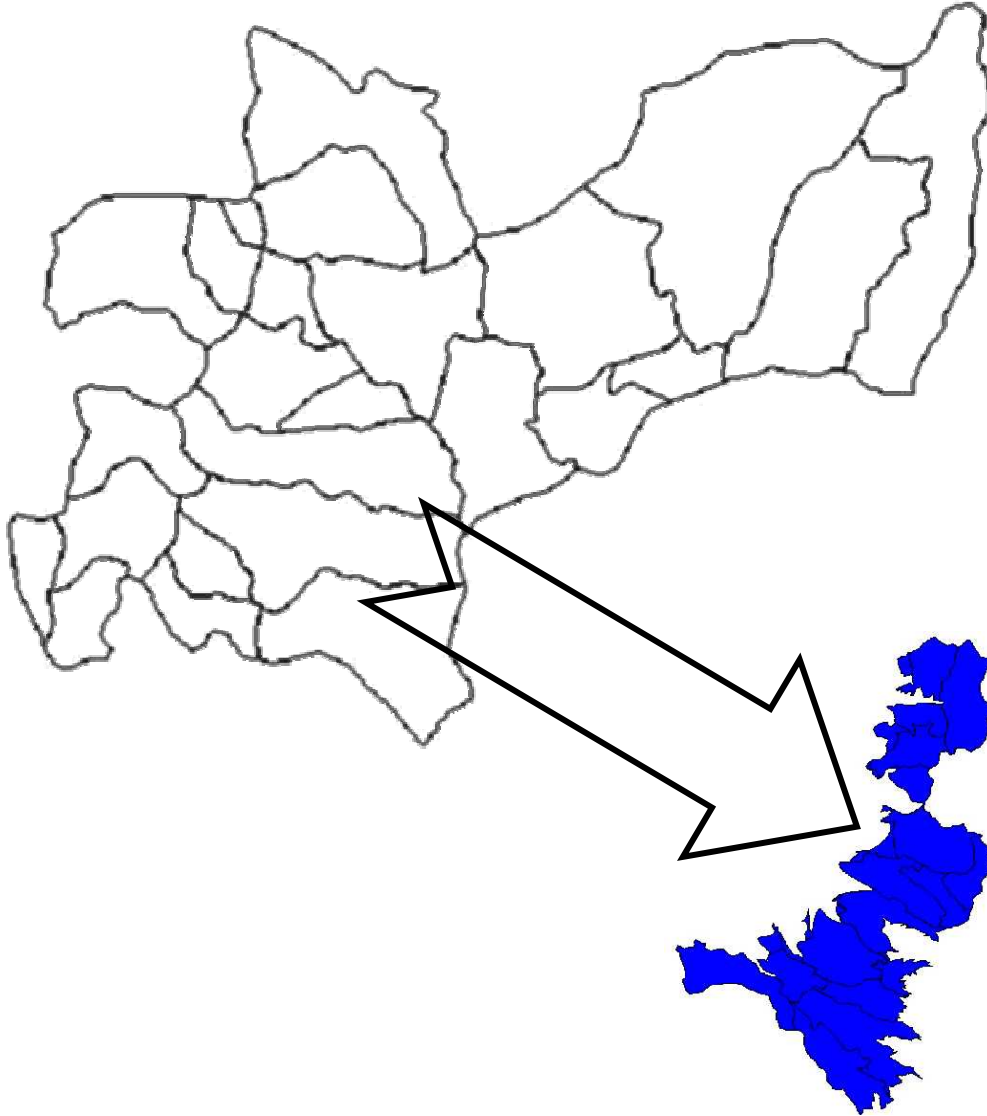


Figura 1. Localización del área de estudio

El objetivo de las Zonas de Amortiguamiento es mitigar o amortiguar los impactos ambientales que producen las actividades humanas sobre una reserva natural, en este caso, la del Parque Nacional Natural de los Nevados.

Es importante también tener en cuenta algunos conceptos acerca de los incendios forestales y los sistemas de información geográfica, ya que el trabajo requiere de información sobre ambos temas.

3.1.2 Incendio forestal. *“Es el fuego que se propaga sin control y sin límites establecidos, consumiendo material vegetal ubicado en áreas rurales de aptitud forestal o, en aquellas que sin serlo, cumplan una función ambiental. Su tamaño es superior a 0,5 hectáreas”.*¹

3.1.3 Fuego. *“Es el fenómeno que se produce cuando se le aplica calor a un material combustible, en presencia de aire. Una vez generado el fuego, es necesario que existan estos tres componentes (combustible, aire, calor) para que éste permanezca. Por ello para controlar un incendio, debe buscarse acabar por lo menos con uno de dichos factores.”*²

3.1.4 Quema. *“Es el fuego que se propaga con o sin control y/o límite preestablecido, consumiendo material combustible como basuras, elementos de madera, pastos y otros residuos vegetales producidos por actividades agrícolas, pecuarias y forestales.”*³

3.1.5 Conato. *“Es el fuego que se propaga sin control, cuyo tamaño oscila entre 0 y 0,5 hectáreas y presenta relativamente poca dificultad para su control.”*⁴

¹ www.dama.gov.co/ince/defi.htm

² Ibidem.

³ Ibidem.

⁴ Ibidem.

3.1.6 Desastre. Un desastre es un evento o conjunto de eventos, de origen natural o por actividades humanas, durante el cual pueden presentarse pérdidas humanas y materiales.

3.1.7 Mitigación. El término mitigación abarca todas aquellas acciones tendientes a reducir la exposición o la vulnerabilidad de una comunidad, de un elemento o de un sistema, amenazados por uno o por varios fenómenos de origen natural o tecnológico. Las principales medidas de mitigación se conciben en el mediano y largo plazo e incluyen medidas de planificación del desarrollo, ingenieriles tales como obras de protección, y de relocalización. Éstas últimas normalmente se toman cuando la exposición a un fenómeno previsible es considerada como alta; se trata, entonces, de alejar a la población y los bienes de esa exposición, para disminuir su vulnerabilidad.

3.1.8 Amenaza. *“El término amenaza se refiere a la probabilidad de la ocurrencia de un fenómeno natural o tecnológico potencialmente peligroso. Generalmente se aplica a los fenómenos de ocurrencia sorpresiva, de evolución rápida y de relativa severidad. Sin embargo, la peligrosidad de los fenómenos naturales tiene que ser vista en relación con el grado de previsión de los elementos vulnerables y sobre todo, para las obras de infraestructura vital en plazos de tiempo relativamente largos; esto hace recomendable incluir en la categoría de amenazas también algunos fenómenos de evolución lenta.”⁵*

⁵ www.desenredando.org/public/libros/1993/Idnsn/html/cap/htm

Más allá de los fenómenos intempestivos y violentos que ponen en peligro directo las vidas humanas, un plan como éste tiene que incluir en su enfoque, además, fenómenos que no atenten directamente contra la vida, que pueden ser producidos durante períodos largos, por los efectos que éstos pueden tener sobre formas de vida modernas.

3.1.9 Vulnerabilidad. *"Este término tiene múltiples connotaciones, dependiendo si se trata de personas, de conjuntos sociales o de obras físicas. En su definición latina significa que puede ser herido o sufrir daño. Según esto, puede definirse como el grado de propensión a sufrir daño por las manifestaciones físicas de un fenómeno de origen natural o causado por el hombre."*⁶ La vulnerabilidad de una comunidad o de un bien material depende de varios factores, entre los cuales pueden destacarse los siguientes:

- Su grado de exposición a un tipo de amenaza (por ejemplo sobre un terreno inundable o no inundable, corrientes de viento que arrastran sustancias contaminantes, suelos blandos que pueden amplificar las ondas sísmicas, y un terreno que puede deslizarse).
- El grado de incorporación en la Cultura de la prevención y de los conocimientos que permita a los pobladores reconocer las amenazas a las cuales están expuestos. Es decir, el grado de entendimiento sobre los procesos naturales y tecnológicos que pueden afectarlos, como insumo básico para prevenir y

⁶ Ibidem.

mitigar los efectos de los fenómenos considerados como peligrosos. Es más vulnerable una comunidad que ignora o desafía los procesos del Medio Ambiente en el cual vive, que una consciente de ellos.

- La calidad del diseño y de la construcción de las viviendas y de otras edificaciones, y de la urbanización (Ej. la disposición de suficientes espacios libres y de vías amplias); la calidad de los servicios públicos; la calidad de los terrenos sobre los cuales se habita o se construye o la presencia o ausencia de medidas físicas adecuadas de protección.
- El grado de organización de la Sociedad y la capacidad de interacción y de diálogo entre sus diversas instituciones: las de la comunidad, las del Estado, las de las Organizaciones No Gubernamentales, las de las empresas privadas, las de los gremios y las asociaciones profesionales, etc.
- La voluntad política de los dirigentes y de quienes toman decisiones (incluyendo a las organizaciones comunitarias de base), y la capacidad de los equipos de planificación para orientar el desarrollo físico, socioeconómico y cultural, teniendo en cuenta medidas de prevención y de mitigación de riesgos.
- Las capacidades de las instituciones que prestan apoyo en las emergencias, como los sistemas locales de servicios de salud y los organismos de socorro (Cuerpo de Bomberos, Cruz Roja, Defensa Civil, etc.).

3.1.10 Riesgo. *“El concepto de riesgo, en su definición más sencilla, hace referencia a la probabilidad de que a una población (personas, estructuras físicas, sistemas productivos, etc.), o segmento de la misma, le ocurra algo nocivo o dañino.”⁷*

Para que exista un riesgo debe haber tanto una amenaza (o, como algunos dirían, un peligro), como una población vulnerable a sus impactos, siendo la “vulnerabilidad” la propensión de sufrir daños que exhibe un componente de la estructura social (o la naturaleza misma). El riesgo es, en consecuencia, una condición latente o potencial, y su grado depende de la intensidad probable de la amenaza y los niveles de vulnerabilidad existentes. En este sentido, la vulnerabilidad es una expresión del desequilibrio o desajuste, en igual medida, entre la estructura social (ampliamente concebida) y el medio físico-constructivo y natural que lo rodea. La vulnerabilidad, entonces, nunca puede tener un valor absoluto, sino que depende siempre del tipo e intensidad de la amenaza. Así, la amenaza y el riesgo nunca deben considerarse sinónimos, como lo hacen algunos autores; por otra parte, el grado de riesgo siempre está en función de la magnitud de la amenaza y de la vulnerabilidad; es una condición dinámica, cambiante y teóricamente controlable.

3.1.11 Sistema de información geográfica-SIG. Es un sistema computarizado que permite la entrada, almacenamiento, manipulación, análisis, representación y

⁷ Ibidem

salida eficiente de datos espaciales (mapas) y atributos (descriptivos) de acuerdo con especificaciones y requerimientos concretos.

3.2 MARCO REFERENCIAL

*"La falta de sensibilidad de la población sobre la necesidad de proteger los recursos naturales se manifiesta en la realización indiscriminada de actividades como la expansión de la frontera urbana, industrial, minera y agrícola sobre áreas boscosas, las quemadas recurrentes como práctica agropecuaria o urbana, da lugar al incremento de la vulnerabilidad del territorio colombiano frente a los incendios forestales. Las variaciones en los regímenes microclimáticos y ambientales a nivel local y regional, aumentan la potencialidad de amenaza de ocurrencia de este tipo de eventos."*⁸

3.2.1. Incendios forestales.

3.2.1.1 Clases de incendios forestales.

- **Superficiales:** Son aquellos que se suceden a nivel del suelo, a una altura de más o menos 1,50 m.; estos incendios queman la hierba, los pastos, los matorrales, los arbustos y demás vegetación menor.
- **De copa:** Son aquellos cuyas llamas se trasladan de copa en copa de los árboles, quemándolos y provocando su muerte; afecta gravemente a los ecosistemas, pues destruye toda la vegetación y, en grados diversos, afecta a la fauna silvestre.

⁸ www.semarnap.nap.gob.mx/ssnr/pronare/foro/colombia.htm

- **Subterráneos:** Se propaga bajo la superficie del terreno, afecta las raíces y la materia orgánica acumulada en grandes afloramientos de roca. Se caracteriza por no generar llamas y por producir poco humo.

3.2.1.2 Causas de los incendios forestales.

- **Causados por el hombre.** En Colombia y en el mundo se estima que en la mayoría de los casos los incendios forestales son ocasionados por actividades humanas; y se clasifican de la siguiente manera:
 - **Intencionales:** Se refiere a los incendios provocados por incendiarios o pirómanos con el ánimo de destruir la vegetación. Un significativo número de incendios forestales son provocados intencionalmente.
 - **Por negligencia:** Son descuidos en la utilización del fuego al no tomar las precauciones adecuadas en actividades como la quema para la preparación de terrenos, en labores de urbanización agricultura, regeneración de pastizales, disposición final de basuras y desechos, mantenimiento de carreteras, y otros actos irresponsables como fogatas mal apagadas, fumadores que arrojan colillas de cigarrillos encendidos, mal manejo de pólvora, uso de globos y juego de niños con fuego.
 - **Accidentales:** Son sucesos que producen desprendimiento de energía que dan lugar a combustión, sin que haya voluntad deliberada de encenderle fuego a la vegetación. Dentro de este tipo de incendios se encuentran la caída de líneas eléctricas sobre la vegetación o roce de las mismas con los

árboles, incendios estructurales dentro de los bosques o en áreas próximas a ellos, maniobras militares y uso de pólvora, escapes de motores o accidentes de vehículos y aviones en los que se presentan explosiones o incendios.

- **Causados por la interacción del hombre y la naturaleza.** Rayos solares reflejados en vidrios. Los vidrios pueden hacer el efecto de lupa concentrando los rayos solares, lo que produce sobrecalentamiento del material vegetal y finalmente fuego.
- **Causados por la naturaleza.**
 - **Tormentas eléctricas:** cuando los rayos caen sobre la vegetación.
 - **Erupciones volcánicas:** por caída de piroclastos o rocas incandescentes.
 - **Radiación solar:** cuando por alta radiación solar se produce combustión espontánea de material vegetal
 - **Sismos:** los incendios forestales pueden aparecer como consecuencia de efectos indirectos producidos por los sismos, como por ejemplo los incendios estructurales o caída de redes eléctricas.

3.2.1.3 Consecuencias de los incendios forestales. Los incendios forestales en general producen un alto impacto ambiental, social y económico, repercutiendo negativamente en el proceso de desarrollo del país.

La oxidación de la materia orgánica por el fuego produce una rápida liberación de nutrientes en forma de cenizas, muchos de los cuales pueden perderse del sitio si después del incendio ocurre una lluvia. El nitrógeno depositado en la materia orgánica se volatiliza durante la combustión, lo que implica grandes remociones del área. El nitrógeno mineralizado o asimilable, en cambio, se incrementa después del incendio en virtud de aumentos en la fijación de nitrógeno. Después de los incendios se incrementa la cantidad de formas solubles en agua, del fósforo y el potasio y se estimula la actividad microbiana a causa de reducciones de la acidez en las partes superiores del suelo e incrementos de la temperatura.

- **Efectos sobre la flora.** La mayor parte de los vegetales mueren a temperaturas superiores a los 45 grados centígrados. En un incendio forestal se producen temperaturas hasta de 1.000 grados centígrados.

Entre las principales causas de la deforestación se encuentran los incendios forestales, los cuales reducen la diversidad florística de bosques y selvas tropicales al mínimo.

- **Efectos sobre la fauna.** Los incendios forestales producen muerte, desaparición de las especies, destrucción de refugios y escasez de alimentos, entre otras alteraciones en la población faunística. Aún 6 o 10 años después de un incendio forestal, la fauna que habita en una hectárea de bosque no logra recuperarse.

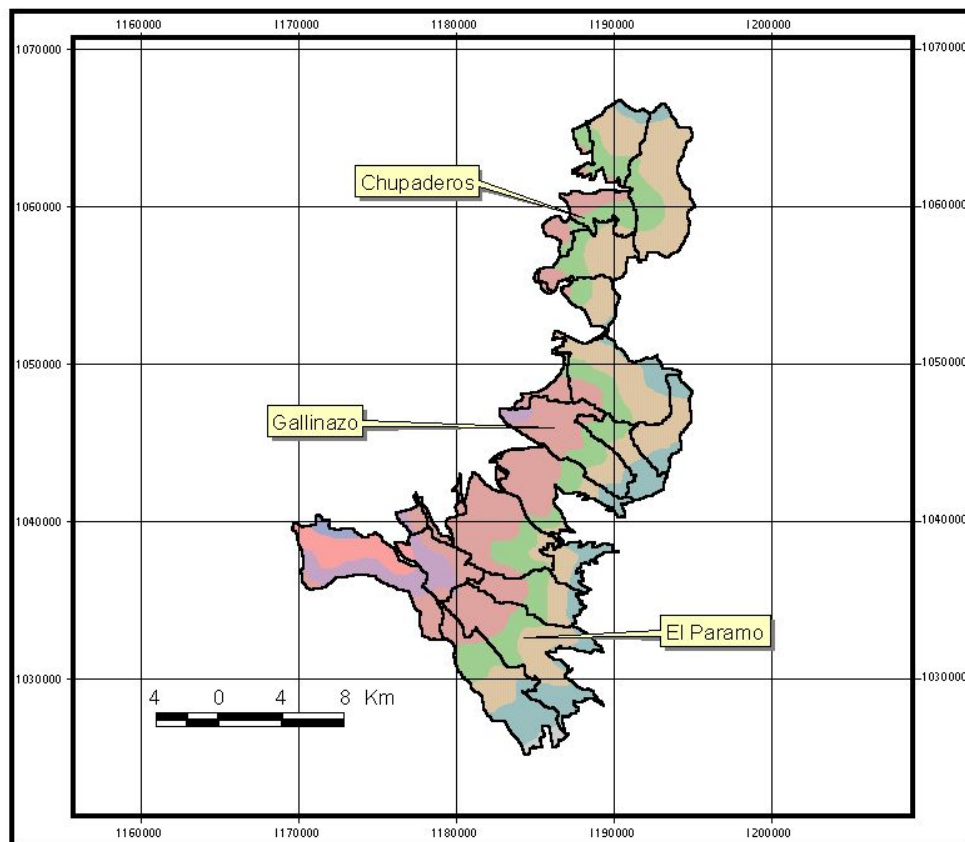
- **Efectos sobre los suelos** Depende de la naturaleza del suelo y de la frecuencia, duración e intensidad del fuego. Producen pérdida del contenido de humedad, disminución de la cantidad de materia orgánica y de la población microbial, por lo tanto disminuyen la fertilidad y se originan cambios perjudiciales en su estructura y textura, lo que incrementa la escorrentía por precipitaciones y el potencial de erosión, generando deslizamientos, avalanchas e inundaciones.
- **Efectos sobre el agua.** Las cenizas y carbones producto de la combustión van a las corrientes y cuerpos de agua, tornándolas turbias, lo que disminuye considerablemente su calidad para ser consumida por el hombre y los animales; además, producen efectos graves de sedimentación, contaminación e impacto negativo sobre la fauna acuática.
- **Efectos sobre el aire.** Son inmediatos y visibles. El humo y las partículas incandescentes, producto de los incendios forestales generan sobrecalentamiento del aire, aumento de temperatura en la atmósfera y contribuyen al incremento del efecto de invernadero por aporte del CO₂ .
- **Efectos sobre el hombre, bienes y servicios.** Los incendios forestales afectan la salud del personal que realiza las labores de control y extinción y de las personas que habitan en los lugares próximos a su ocurrencia. Pueden causar la muerte de personas, animales domésticos, la pérdida de suelos y cultivos, el deterioro y destrucción de viviendas, maquinaria infraestructura y equipos.

3.2.1.4 Facilidad de control: La facilidad de controlar un incendio forestal está ligada a:

- **Tamaño:** Se considera que un área incendiada menor de 0.5 hectáreas es relativamente fácil de controlar.
- **Combustible:** Por combustible forestal se entiende cualquier material de origen vegetal (árboles, arbustos, hierbas, ramas, troncos y raíces, entre otros) vivo o muerto que pueda entrar en combustión al aplicarle calor. Dependiendo de la proporción de celulosa, lignina, aceites y resinas que posea la madera, será más sencillo o más complejo combatir el fuego.
- **Características del lugar:** El acceso del personal que acude a combatir el incendio se dificulta o facilita entre otras por la pendiente y la cantidad, estado y tipo de vías existentes.

3.2.1.5. Factores que favorecen los incendios forestales. La aparición de incendios forestales es producto de diversos factores; sin embargo, la manifestación de éstos generalmente obedece a un patrón determinado. Con frecuencia las áreas de mas alta posibilidad de incendio se encuentran próximas a caminos, carreteras o poblados, así como en áreas de fuertes pendientes, zonas de pastoreo, lugares de recreo, áreas en aprovechamiento maderable, etc. Los factores que pueden favorecer los incendios forestales son:

- **Temperatura:** La temperatura no es más que el resultado de la radiación solar y de los movimientos de la atmósfera en un punto determinado. Se debe tener presente que a medida que aumenta la temperatura, aumentarán las posibilidades de ocurrencia de un incendio forestal; y si el fuego ya se ha iniciado, la temperatura servirá para que el fuego se propague con mayor intensidad.

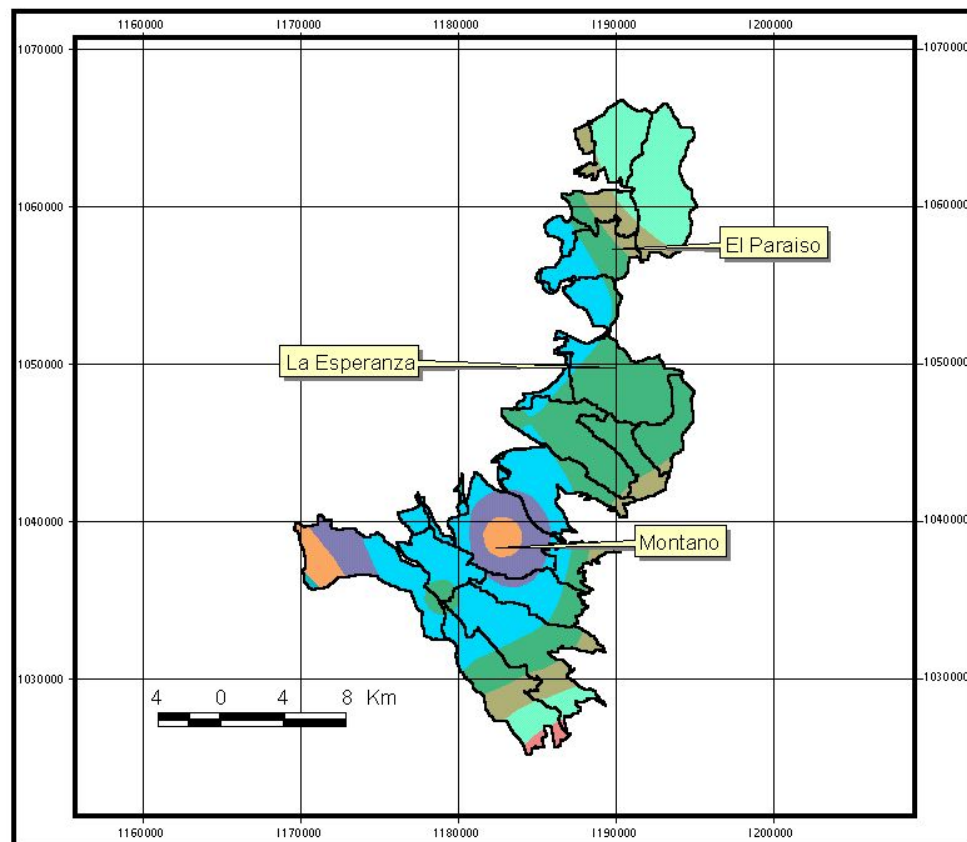


Estudio Incendios Forestales
Zona Amortiguadora
Mapa de Temperatura (°C)
Base Topográfica
IGAC
Escala 1:300000



figura 2. Registro de Temperatura por Área

- **Precipitación:** Una precipitación anual adecuada pero mal distribuida, del orden de 1000 a 2000 mm, y altas temperaturas favorecen en gran medida la ocurrencia de incendios. A medida que disminuye la lluvia y aumenta la temperatura, se incrementa el riesgo. Estas condiciones de humedad propician la presencia de combustibles vegetales vivos con mayor o menor grado de inflamabilidad.



Estudio Incendios Forestales
Zona Amortiguadora
Mapa de Precipitación

Base Topográfica
IGAC

Escala 1:300000

División Veredal
 Precipitación_Promedio
 1100 mm/añual
 1300 mm/añual
 1500 mm/añual
 1700 mm/añual
 1900 mm/añual
 2100 mm/añual
 2300 mm/añual
 2500 mm/añual

Figura 3. Distribución de Precipitaciones Pluviales

- **Uso de la tierra:** Este factor tiene gran incidencia en el riesgo de incendio, pues dependiendo del cultivo que se siembre en zonas aledañas a las plantaciones, las prácticas de manejo pueden incluir quemas y muchas veces por negligencia o descuido estas quemas pasan a mayores y se salen de control generando un gran incendio forestal.

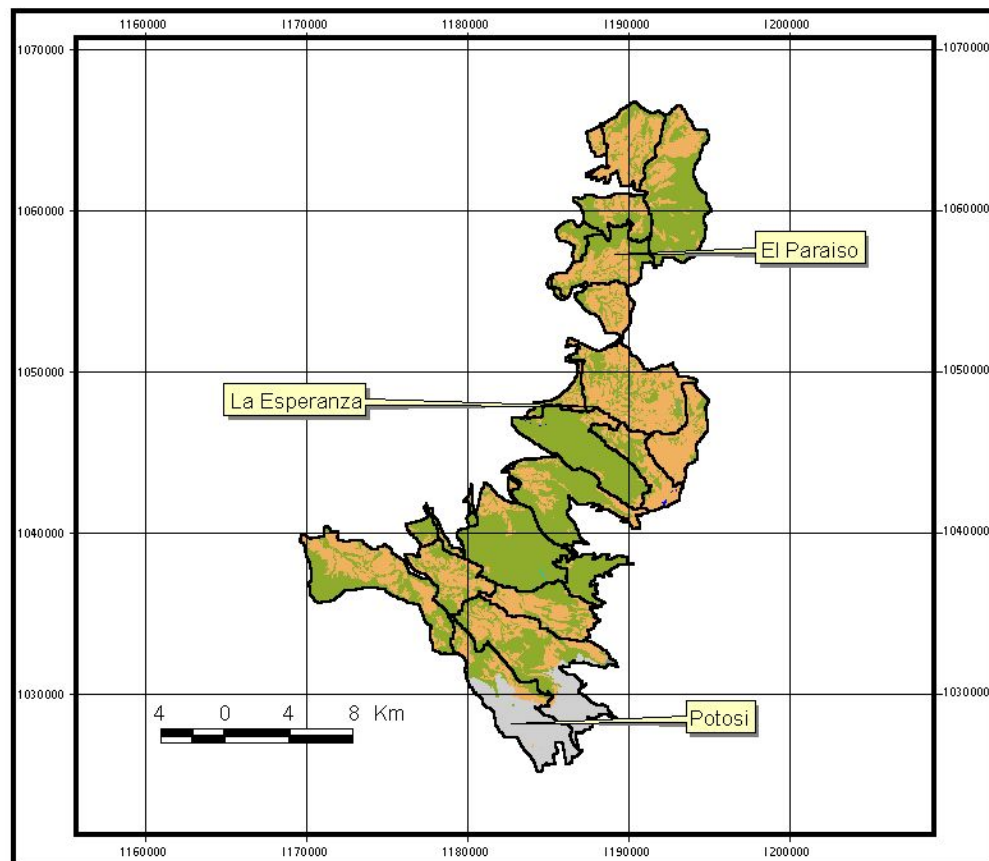
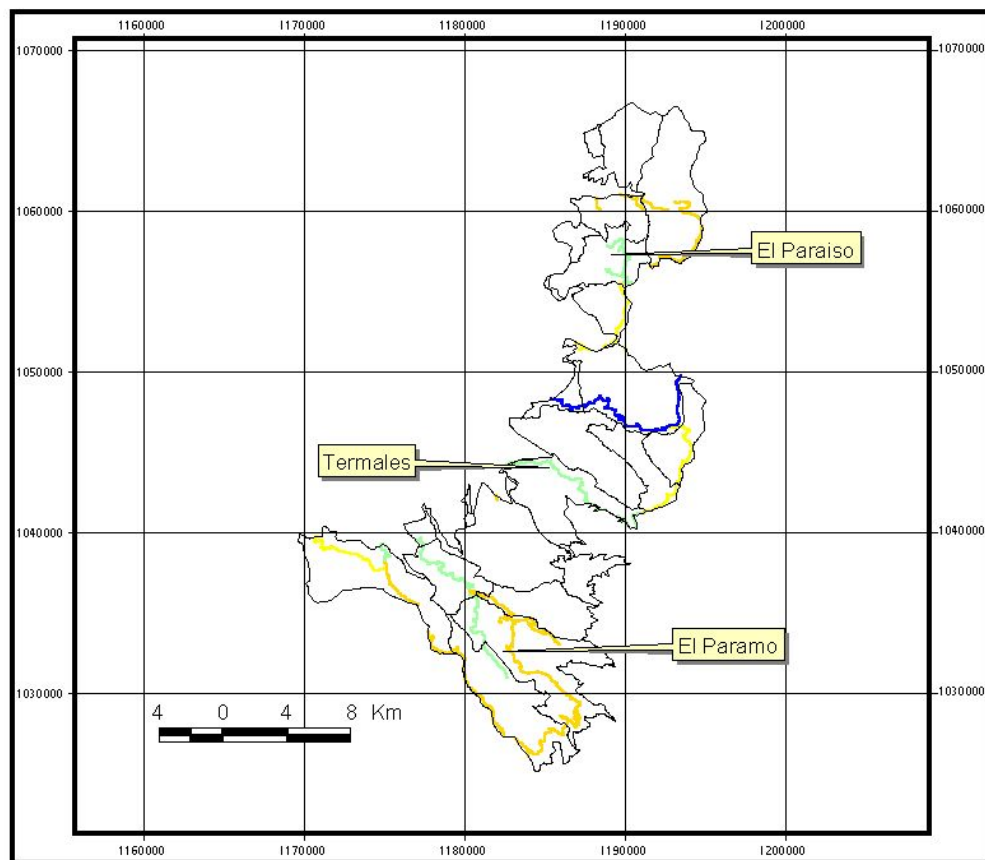


Figura 4. Distribución de Usos del suelo

- **Red vial:** Desde el punto de vista de los incendios forestales, las vías se constituyen en uno de los principales factores de provocación de incendios forestales, ya que las vías de frecuente tránsito, aledañas a las áreas de reforestación, se convierten en zonas de alto riesgo para la ocurrencia de incendios, pues allí son arrojados objetos que pueden dar inicio a un incendio, tales como, colillas de cigarrillo y botellas de vidrio.



Estudio Incendios Forestales Zona Amortiguadora Mapa de Vías
Base Topográfica IGAC
Escala 1:300000

	División Veredal
Vías	
~	Destapada Buena
~	Destapada Regular
~	Destapada Mala
~	Pavimentada Buena

Figura 5. Vías de la Zona

- **Concentración de población:** Los núcleos de población cercanos a áreas forestales tienen mayor probabilidad de generar incendios, principalmente en días festivos y en la época navideña, por la quema de pólvora o globos. Los incendios forestales en su mayoría son causados por el hombre y algunos de los centros poblados más importantes de la zona se señalan en este mapa.

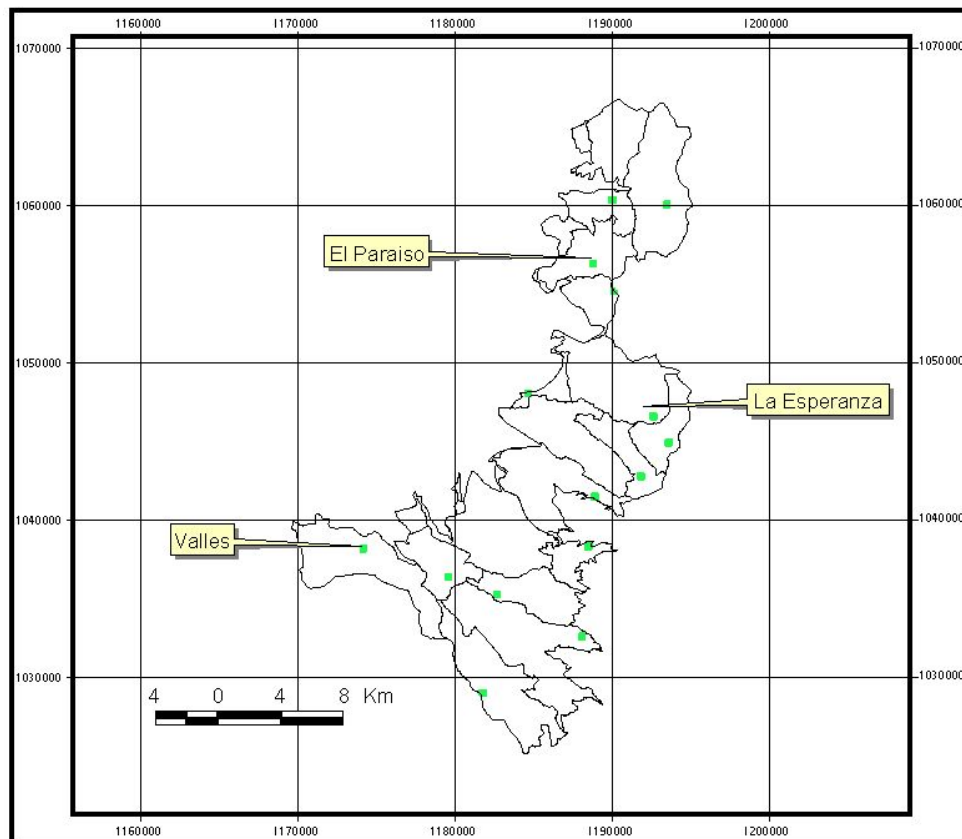


Figura 6. Centros Poblados

El grado de inflamabilidad de los combustibles varía en las diferentes especies vegetales y depende de:

- **Estado y peso:** Los combustibles, por su estado, se dividen en vivos y muertos (tienen mayor inflamabilidad los muertos que los vivos). Por su peso, se dividen en ligeros (ramillas, hierbas, hojarasca), medianos (ramas) y pesados (ramas gruesas y troncos). Los combustibles ligeros arden más fácilmente que los pesados, y en ellos también se propaga más rápidamente el fuego; sin embargo, en los pesados la intensidad del incendio es mayor, pues tienen mayor biomasa para la combustión.
- **Tamaño:** Conforme el volumen de combustible es más pequeño, tiende a arder más fácilmente porque por cada unidad de su volumen tendrá una mayor superficie de contacto con las llamas, lo que le hará perder más rápidamente la humedad y alcanzar más pronto la temperatura a la que puede arder (350°C , aproximadamente, en varias maderas).
- **Densidad:** A partir de contenidos de humedad iguales, las maderas densas tardan más en arder, pero lo hacen con mayor intensidad que las maderas menos densas, como las de muchos pinos, aunque estas últimas arden con mayores llamas, debido a la presencia de resinas.
- **Contenido de humedad:** A menor contenido de humedad más fácilmente se inicia la combustión y más fácilmente se propaga el fuego.

- **Compactación:** A medida que los combustibles están más compactados, el aire circula con menos libertad entre ellos, lo que merma la cantidad de oxígeno y dificulta su combustión.
- **Continuidad horizontal:** Cuando los combustibles son continuos horizontalmente, el fuego se propaga mejor en comparación a cuando existen sectores sin vegetación.
- **Continuidad vertical:** Implica puentes que comunican a los combustibles superficiales con las copas de los árboles, aumentando la probabilidad de que se produzcan incendios de copas.
- **Altura:** Acorde con su ubicación por altura, convencionalmente los combustibles se clasifican en subterráneos, superficiales y aéreos. Los subterráneos, son todos aquellos que se encuentran bajo la superficie del suelo, como raíces; los superficiales, son todos los que se encuentran desde la superficie del suelo hasta 1,5 m de altura, tales como hojarasca, ramillas, ramas, arbustos, troncos caídos etc. Los aéreos, son los que se encuentran desde 1.5 m de altura en adelante: árboles enteros jóvenes y maduros, vivos o muertos.

3.2.2. Sistemas de información geográfica. En la actualidad es muy común escuchar hablar de los sistemas de información geográfica o SIG como comúnmente se les conoce. No es solamente la manipulación de datos geo-

referenciados, sino la integración de diversas aplicaciones tecnológicas como son las bases de datos y los recursos de digitalización, que pueden producir resultados para la administración de la información.

Para el desarrollo de este proyecto fue necesario la utilización de los sistemas de información geográfica, con el propósito de obtener y manipular datos con mayor precisión, y poder tener un análisis más profundo del tema, haciendo énfasis en la importancia de los SIG como una herramienta valiosa para la prevención y mitigación de los incendios forestales.

Uno de los fundamentos principales de un SIG es ayudar y asistir durante la toma de datos espaciales para el manejo y conservación de los recursos naturales terrestres. El conocimiento básico sobre la localización, cantidad y disponibilidad de recursos naturales es indispensable para la planificación racional del desarrollo y la explotación inteligente de los recursos.

Los Sistemas Información Geográfica cuentan con funciones en las que se hace uso tanto de la información espacial como de los atributos relacionados. Las principales funciones de un SIG incluyen operaciones de consulta, reclasificación, medición, superposición, conectividad y búsqueda de información.

Los Sistemas de Información Geográfica, constituyen una nueva tecnología dentro del concepto más amplio de los Sistemas de Información. En una sociedad tecnológicamente desarrollada, surge la necesidad de disponer de la información

de modo rápido y eficaz, de tal manera que se pueda responder a los problemas o contestar interrogantes de modo inmediato.

3.2.2.1 Componentes de un SIG. Un SIG integra cinco componentes claves que son: hardware, software, expertos, procedimientos y datos. Con respecto al hardware, los SIG existentes trabajan en diferentes ambientes y plataformas, ya sea con equipos de PC, o estaciones de trabajo, plotters, mesas digitalizadoras, impresoras, GPS, radios, PDA, etc.

A través del software de los SIG se pueden llevar a cabo las funciones necesarias para desplegar, analizar y almacenar información geográfica. La tecnología de los SIG es de valor limitado sin la gente que administra el sistema y desarrolla un proyecto para aplicarlo a problemas reales. En un SIG intervienen muchos expertos con diferentes especialidades como pueden ser geógrafos, geólogos, ingenieros, topógrafos y personas interesadas en el medio ambiente, además de profesionales de diversas disciplinas, cuya participación depende de los objetivos del trabajo a realizar. Todos ellos en conjunto se complementan para el desarrollo y mantenimiento de un SIG.

Uno de los componentes más importantes de los SIG son los datos, los cuales representan la etapa mas dispendiosa por su adquisición, pues se requiere de un largo proceso que va desde la recolección de la información hasta la digitalización de mapas.

3.2.2.2 Aplicaciones de los SIG: Los sistemas de información geográfica han venido transformando el mundo de manera sorprendente, especialmente en sectores relacionados con:

- Geomarketing
- Administración de Servicios Públicos (Electricidad, Acueducto, Alcantarillado, Teléfono, Gas, etc),
- Manejo de Recursos Naturales, Ecología, Protección Ambiental, Desarrollo Urbano (Catastros, Planificación Urbana, Vial, Tránsito, etc.),
- Ordenamiento Territorial, Planes de Contingencia, y Emergencia, etc.

En todos estos campos, los SIG brindan mayor rapidez y confiabilidad de los datos suministrados sobre un tema determinado.

4. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

4.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación asumida para el desarrollo del trabajo, es de desarrollo tecnológico, pues se pretende generar una aplicación tecnológica derivada de un conocimiento establecido y validado, para atender un problema conceptualmente particular, aunque de múltiples utilidades en el campo pragmático.

4.2 MÉTODO Y FUENTES

Para la ejecución del trabajo, se utilizó una estrategia empírico-analítica centrada en la metodología documental, para lo cual se logró acceder a gran cantidad de información referida al fenómeno de los incendios forestales y las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica.

La primera fase de la investigación parte de la recolección de información de fuentes primarias y secundarias; la primera de ellas consta de información suministrada por personas encargadas de la detección, prevención y mitigación de incendios forestales, como son ingenieros y técnicos forestales, y la segunda proviene de textos, revistas, libros, documentos, informes, Internet e información existente suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Caldas, que

permite tener una idea más global de la utilidad de combinar dos temas como los Sistemas de Información Geográfica y el campo forestal.

La aplicación de los SIG en el tema de los incendios forestales es de vital importancia, ya que este desastre natural es mayoritariamente ocasionado por actividades humanas, y los SIG ayudarán a tomar decisiones oportunas y eficientes en cuanto a prevención y mitigación de estos desastres.

La siguiente fase consta de la utilización de la información recopilada en distintos medios y la información preexistente, y la utilización del software ArcView 3.2 para cumplir con los objetivos propuestos.

4.3 METODOLOGÍA

A continuación se describe el procedimiento metodológico utilizado en el trabajo para obtener un Sistema de Información Geográfica capaz de capturar, procesar, desplegar y reportar información georreferenciada, alfanumérica y gráfica a nivel veredal, como instrumento de apoyo para la prevención y mitigación de incendios forestales en Caldas, la cual comprende varias etapas. La primera de ellas consta de la recopilación de la información existente y la consulta de otros medios como textos, revistas, documentos, informes técnicos e Internet. En la etapa siguiente se procede a la construcción y retroalimentación de la matriz de variables, teniendo en cuenta la metodología propuesta por el Ministerio del Medio Ambiente, basada en la definición de la priorización de la protección (Ver anexo C), la cual contiene

todos los aspectos inmersos en el proyecto; luego se desarrolla la etapa de procesamiento de la información en el SIG, para así llegar a una etapa final de resultados, consistente en una aplicación de SIG, que servirá para la prevención y mitigación de incendios forestales en la Zona de Amortiguamiento del Parque Nacional Natural de los Nevados y cuya base de conocimiento aplicado puede ser adaptada para atender problemas similares en otras zonas del departamento de Caldas.

4.3.1 Técnicas para la recolección de información. El trabajo parte esencialmente de la recolección de información de fuentes primarias y secundarias; lo primero es la información suministrada por parte de ingenieros y técnicos forestales, y la segunda parte se divide en dos, la revisión de la información existente del tema y la otra parte consiste en la consulta de textos, libros, revistas, documentos, informes, e Internet.

Luego de tener la información existente y lo que se consulta en otras fuentes, se inicia la parte del procesamiento de la información de la siguiente manera:

- Definición de las variables en la matriz.
- Combinación de las variables según la amenaza, la vulnerabilidad y el daño potencial.
- Almacenamiento de los datos.
- Clasificación de los mapas de resultados.

4.3.2 Software utilizado. Para el desarrollo del proyecto se empleó el software ArcView 3.2 y sus módulos 3D Analyst y Spatial Analyst.

El software Arcview GIS, es un sistema que provee el análisis y las herramientas de escritorio necesarias para manejar la información geográfica de una manera fácil y ágil. El software está compuesto por una interfaz gráfica que le permite cargar datos espaciales y tabulares y desplegarlos como mapas, tablas y diagramas.

Herramientas ArcView: El software utilizado permite realizar eficientemente las siguientes tareas:

- Visualizar y organizar geográficamente los datos.
- Efectuar consultas.
- Editar y analizar la información.

4.3.3 Almacenamiento de los datos. Para el almacenamiento de los datos se usó la información existente del Plan de Ordenamiento Ambiental de la Cuenca del Río Chinchiná, estudio realizado por la Corporación Autónoma Regional de Caldas. Esta información es almacenada en el proyecto en formato shape de Arcview. Este formato solo es utilizado para el desarrollo y visualización de mapas.

La información suministrada por CORPOCALDAS contiene:

- Curvas de nivel
- Usos del suelo

- Temperatura
- Precipitación
- Vías
- Centros poblados
- Flujos volcánicos

4.3.4 Procesamiento de la información. Para el procesamiento de la información en el SIG, el primer paso es la verificación de los datos recopilados en la matriz que contiene cada una de las variables utilizadas para la obtención de los mapas; a continuación se procede a la unión o al "join"⁹ de la matriz con la tabla de atributos de la división veredal, que está en formato shape de Arcview, ya que la vereda fue el elemento utilizado como unidad de mapeo. Luego que se tiene toda la información en una sola base de datos de Arcview, se realiza la clasificación de los mapas de amenaza, vulnerabilidad, riesgo, daño potencial y prioridad de protección.

Para la obtención de los mapas finales se tiene en cuenta las siguientes variables:

- **Amenaza:** ocurrencia histórica, densidad de población, densidad de caminos y áreas de cultivos.
- **Vulnerabilidad:** Daño histórico, topografía, resistencia al control, potencial de propagación, recursos de control, clima y accesibilidad terrestre.

⁹ **Join.** Adición de los campos de una tabla a otra, basados en una posición con las mismas características.

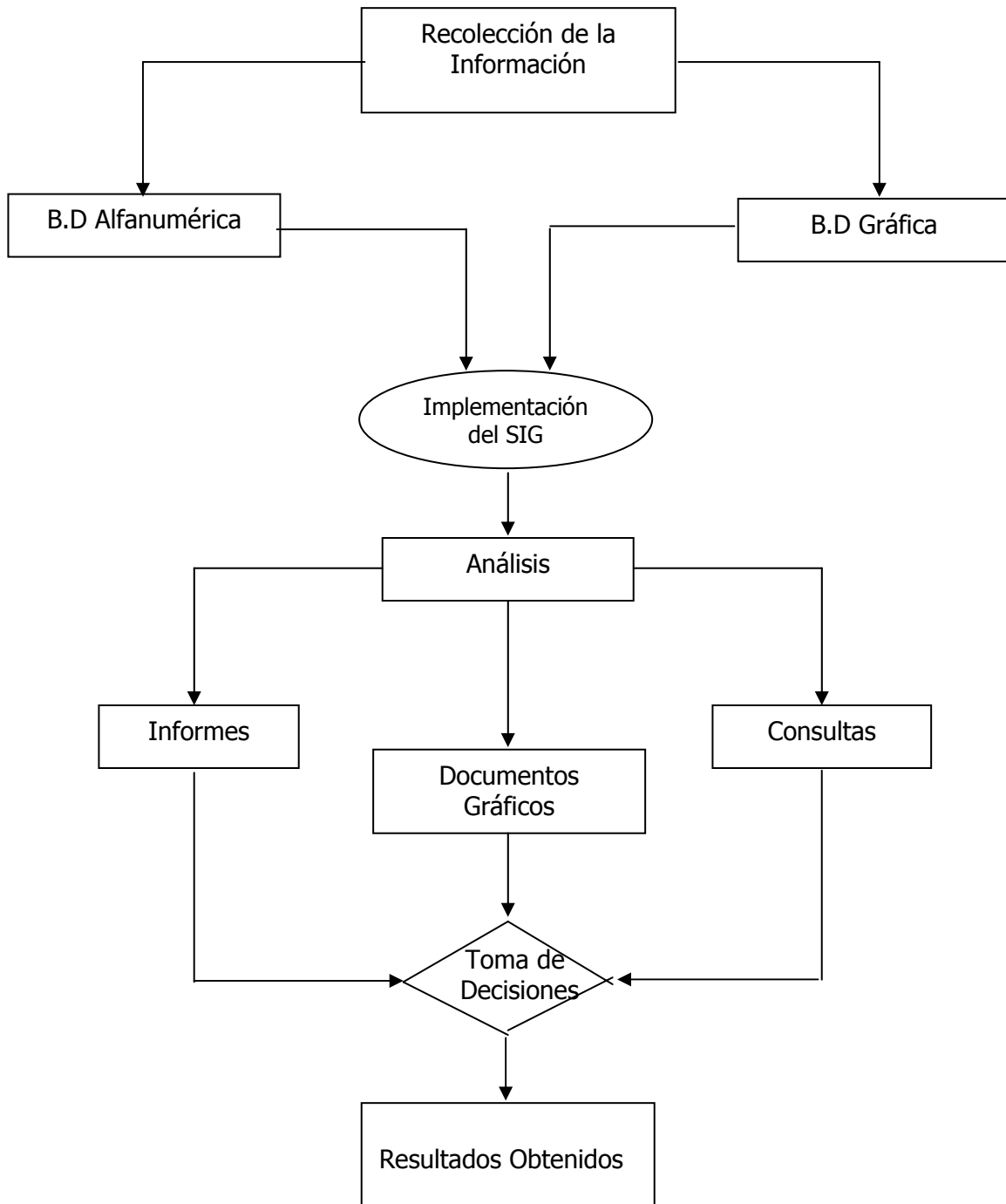
- **Riesgo:** Para la obtención del mapa de riesgos se tiene en cuenta la sumatoria de las variables de amenaza y vulnerabilidad.
- **Daño potencial:** Valor económico y valor social-ecológico.
- **Prioridad de protección:** Para la obtención de este mapa se tiene en cuenta la sumatoria de las variables de riesgo y daño potencial.

Finalmente se obtiene una información gráfica y alfanumérica a nivel veredal, teniendo en cuenta el buen uso del SIG como herramienta valiosa para la prevención y mitigación de incendios forestales.

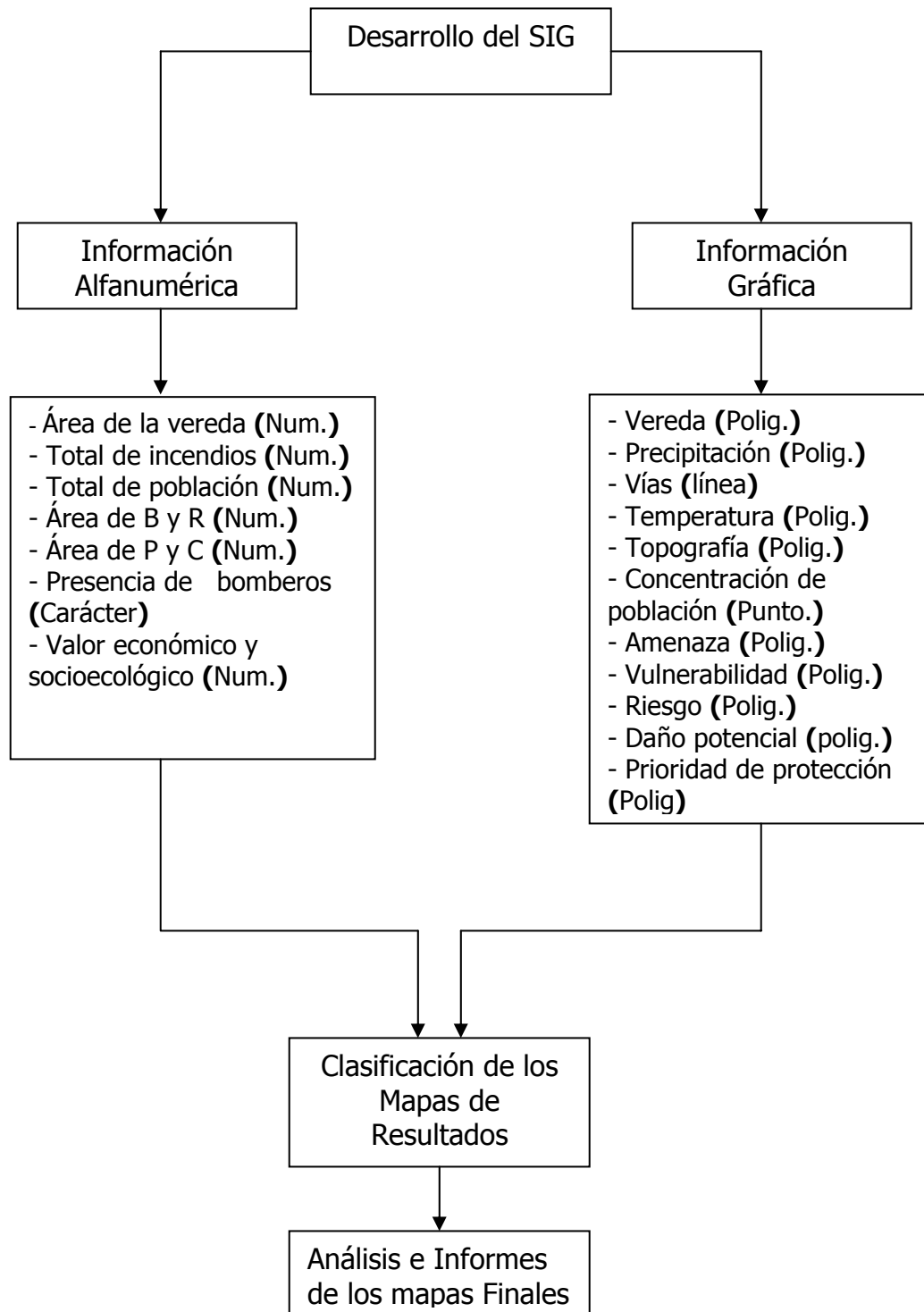
4.4 Diseño del SIG: Al iniciar el estudio para diseñar este SIG, que servirá como herramienta para la prevención y mitigación de incendios forestales en Caldas, debe pensarse que se van a manejar objetos que existen en la realidad, con características que los diferencia y que guardan ciertas relaciones espaciales que se deben conservar; por lo tanto, no se puede olvidar en ningún caso que este **SIG** se va a desarrollar en el computador.

El desarrollo del sistema de información geográfica parte principalmente de la recolección y respectivo análisis de la información existente, la cual fue introducida con datos alfanuméricos en la matriz que contiene cada una de las variables inmersas en el proyecto, para así poder suministrar una información verídica y confiable a la hora de tomar decisiones.

4.4.1 Modelo conceptual



4.4.2 Modelo lógico



5. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Con el objetivo de disminuir el gran impacto generado por los incendios forestales, se desarrolló un sistema de información geográfica para la Zona Amortiguadora del Parque Nacional Natural de los Nevados, ya que está expuesta a múltiples desastres naturales. A pesar de esta delimitación geográfica, el producto servirá de apoyo para la prevención y mitigación de incendios forestales en otras zonas del departamento de Caldas.

Una parte de la recolección de información se basó en la elaboración de los mapas de pendientes y de usos del suelo, ya que el resultado de estos mapas arrojó información requerida para la retroalimentación de la matriz de variables.

En la fase de recolección de la información se obtuvo como resultado una matriz de variables, la cual contiene información detallada a nivel veredal, relacionando correctamente cada una de los aspectos que intervienen en el desarrollo del trabajo. (Ver anexo B.)

Los resultados obtenidos con la elaboración de este trabajo permitieron integrar los sistemas de información geográfica y el campo forestal, arrojando datos alfanuméricos y gráficos a nivel veredal. Esta información determinara las zonas más susceptibles a los incendios forestales, para así implementar acciones de prevención y mitigación de este fenómeno.

El principal resultado que se obtuvo en la etapa de procesamiento de la información, fue la elaboración de los mapas finales de amenaza, vulnerabilidad, riesgo, daño potencial y prioridad de protección de la zona referenciada.

El resultado de los mapas finales, muestra una amplia información cuantitativa y cualitativa a nivel veredal. Cada uno de los mapas presenta tres clases de ponderación: alta, media y baja en cada una de las variables asociadas al fenómeno estudiado.

Para el desarrollo de la fase final de este trabajo, se hizo el análisis correspondiente de los mapas de amenaza, vulnerabilidad y daño potencial, los cuales conforman la matriz de variables. Para el desarrollo del mapa de amenazas se tuvo en cuenta las siguientes variables: Ocurrencia histórica, densidad de población, densidad de caminos y áreas de cultivos, arrojando como resultado una amenaza alta en gran parte de la zona de estudio, debido a los altos porcentajes de áreas de pastos y cultivos, pues dependiendo del tipo de cultivo que se siembre en zonas aledañas a las plantaciones de bosque, las prácticas de manejo pueden incluir quemas, que por negligencia o descuido pueden generar un incendio de gran magnitud. En cuanto a los caminos, se constituyen en uno de los principales factores de ocurrencia de incendios forestales y esta área cuenta con vías de frecuente tránsito que la convierten en zona de alto riesgo para la ocurrencia de incendios, debido a que son arrojados objetos como colillas de cigarrillo y botellas de vidrio, que pueden llegar a dar inicio a un incendio.

Otra variable importante para el análisis del mapa de amenazas es la concentración de población, ya que esta zona presenta núcleos de población cercanos a áreas forestales, principalmente en días festivos y época navideña, por la quema de pólvora y lanzamiento de globos, lo que hace que gran parte de la zona esté amenazada frecuentemente, considerando que más del 95% de los incendios forestales son ocasionados por actividades humanas.¹⁰

El mapa de amenazas también presenta zonas de media y baja amenaza, teniendo en cuenta que las variables en esta zona reducen en gran parte sus índices, como son las áreas de cultivos y la ocurrencia histórica, debido a que las zonas de muy baja amenaza presentan gran cantidad de hectáreas de bosques y rastrojos, haciendo que en esta parte no sea tan común la ocurrencia de los incendios forestales. (Ver figura 7.)

Para la elaboración del mapa de vulnerabilidad se tuvo en cuenta las variables de daño histórico, topografía de la zona, resistencia al control, potencial de propagación, recursos de control, clima y accesibilidad terrestre, arrojando como resultado sólo en una pequeña parte, vulnerabilidad baja, y en gran parte de la zona se presenta una vulnerabilidad alta y media; esto debido a la gran variedad de cotas topográficas que sirve como un condicionante en la velocidad de propagación del fuego y de la dificultad de control de los incendios forestales.

¹⁰ Fuente: COLOMBIA. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General de Ecosistemas. Plan Nacional para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales en Colombia. Estructuración y Montaje de un Sistema de Información Georreferencial Mitigación de Incendios Forestales. Santa Fe de Bogotá, 1999.

Para el análisis del mapa de vulnerabilidad también se tiene en cuenta la variable de daño histórico de incendios forestales. Se tomaron como referencia los años de 1997 y 1998, dos de los años en que la presencia de altas temperaturas generaron varios incendios en esta zona, consumiendo gran cantidad de hectáreas de bosque. (Ver figura 8).

Para una buena interpretación y análisis del mapa de daño potencial se deben tener en cuenta aspectos económicos y social-ecológicos. Para estas dos variables se consideran los dos modelos generales de combustibles forestales utilizados en la metodología: bosques y rastrojos y pastos y cultivos clasificándolos de acuerdo con el valor económico relativo, como fuente de materias primas forestales para los habitantes de la zona. (Ver figura 9).

Finalmente, se tuvo en cuenta para el desarrollo de los mapas de riesgos y prioridad de protección, lo siguiente: Para un buen análisis del mapa de riesgos, siempre se debe tener en cuenta la magnitud de la amenaza y de la vulnerabilidad. (Ver figura 10).

Para la elaboración del mapa de prioridad de protección se tuvo en cuenta el riesgo y el daño potencial, teniendo presente que para el análisis de este mapa se considera prioridad para las entidades encargadas de la prevención y mitigación de los incendios forestales. (Ver figura 11).

5.1 INTERPRETACIÓN GRÁFICA DE LOS MAPAS DE RESULTADOS

- Para la elaboración del mapa de amenazas se tuvo en cuenta las siguientes variables: Ocurrencia histórica, densidad de población, densidad de caminos y áreas de cultivos, arrojando una ponderación a nivel veredal.

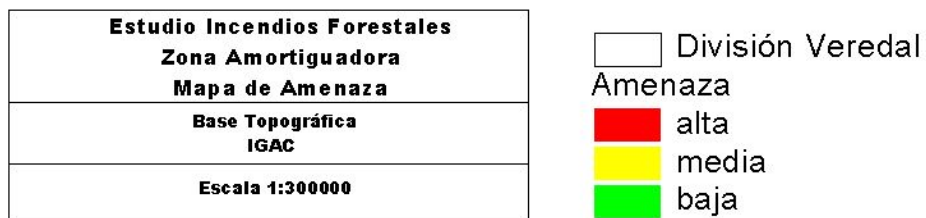
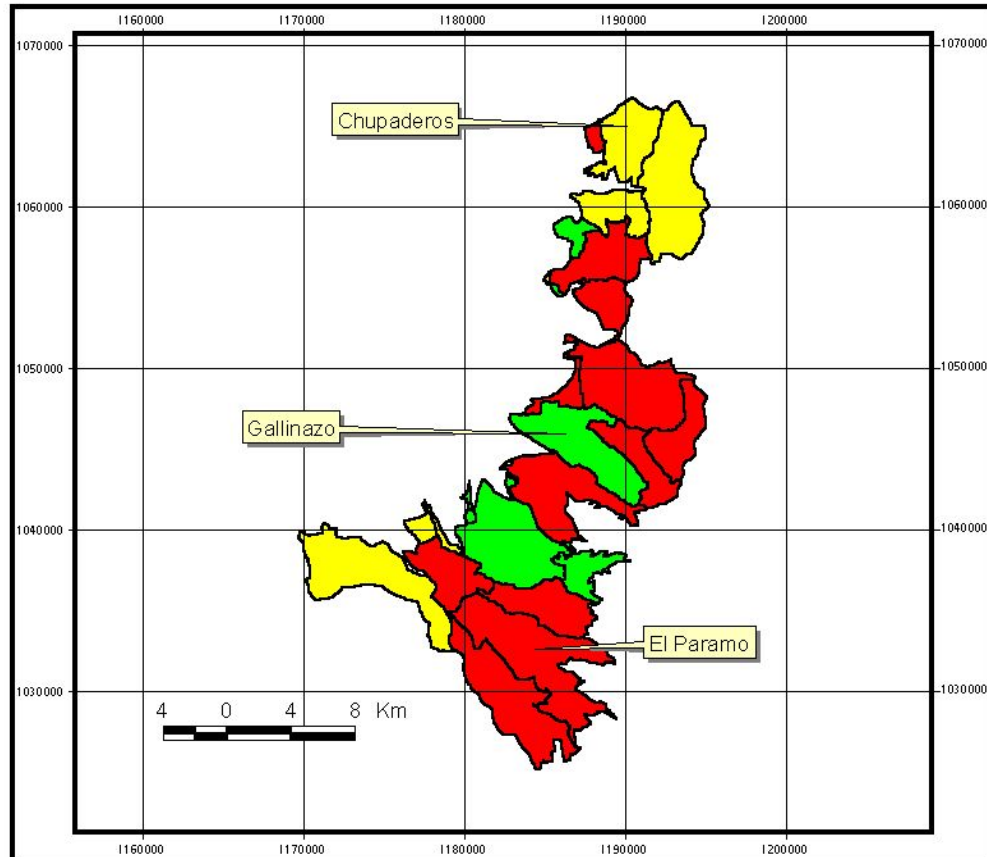


Figura 7. Zona Amortiguadora Parque Nacional Natural de los Nevados.
Mapa de Amenazas

- Para la elaboración del mapa de vulnerabilidad se tuvo en cuenta las siguientes variables: Daño histórico, topografía, resistencia al control, potencial de propagación, recursos de control, clima y accesibilidad terrestre, arrojando como resultado la siguiente ponderación a nivel veredal.

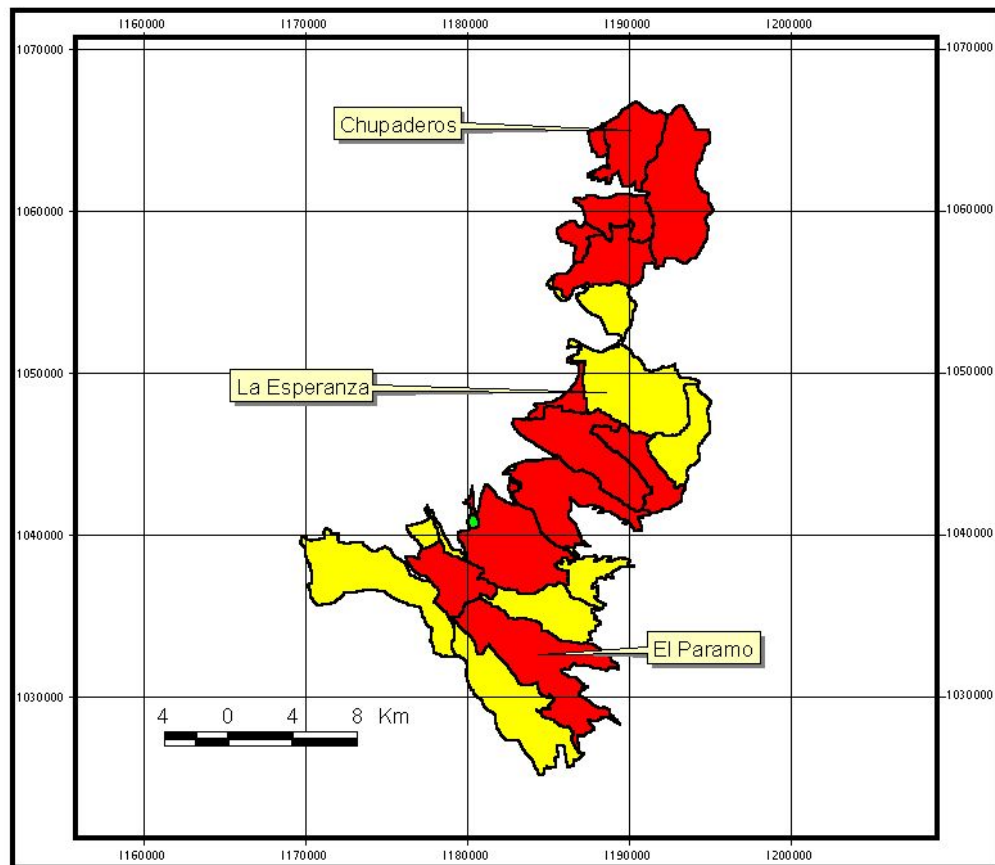


Figura 8. Zona Amortiguadora Parque Nacional Natural de los Nevados.
Mapa de Vulnerabilidad

- Para la elaboración del mapa de riesgos se tuvo en cuenta la amenaza y la vulnerabilidad, arrojando como resultado la siguiente ponderación a nivel veredal.

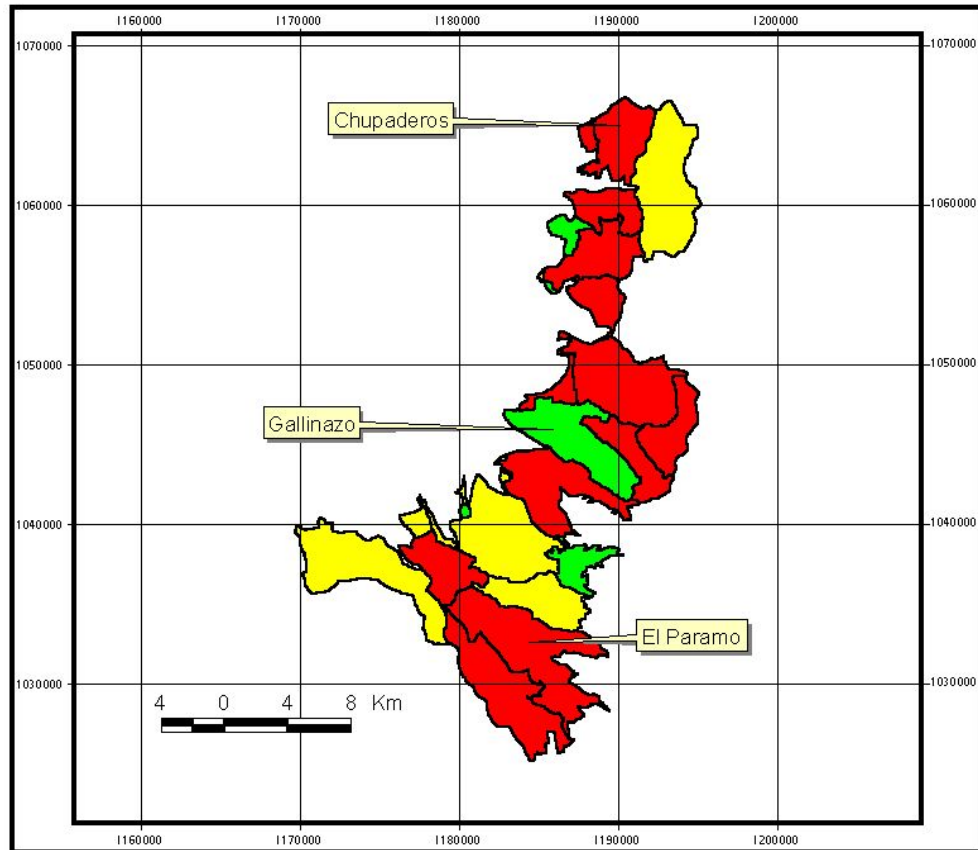


Figura 9. Zona Amortiguadora Parque Nacional Natural de los Nevados.
Mapa de Riesgos

- Para la elaboración del mapa de daño potencial se tuvo en cuenta las siguientes variables: Valor económico y valor social-ecológico, arrojando como resultado esta ponderación alta, media o baja a nivel veredal.

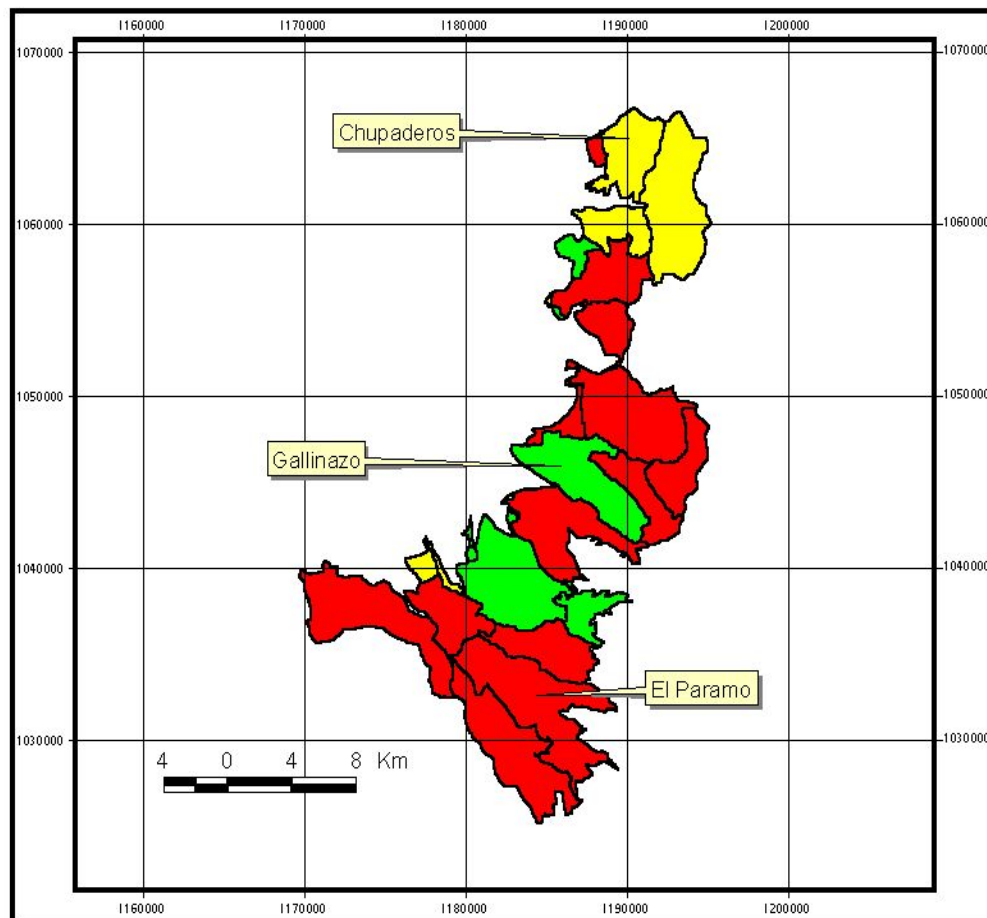
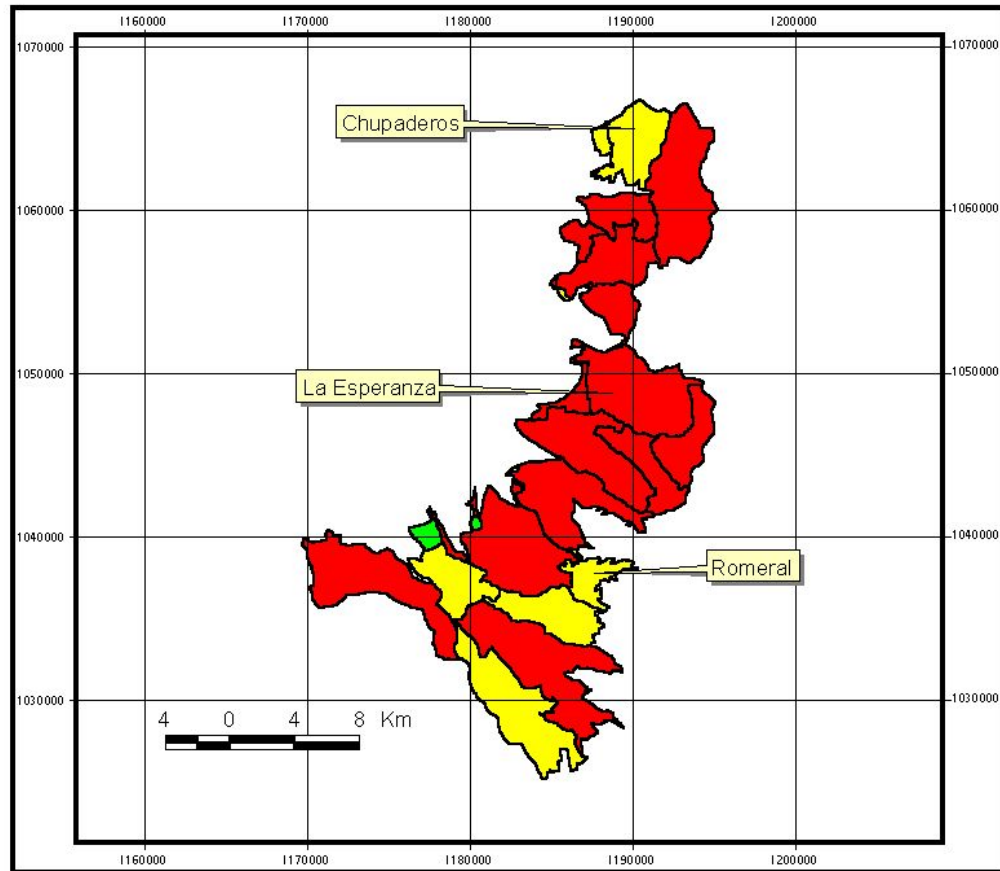


Figura 10. Zona Amortiguadora Parque Nacional Natural de los Nevados.
Mapa de Daño Potencial

- Para la elaboración del mapa de prioridad de protección se tuvo en cuenta el riesgo y el daño potencial, arrojando como resultado a nivel veredal, la siguiente distribución:



Estudio Incendios Forestales
Zona Amortiguadora
Mapa de Prioridad de Protección

Base Topográfica
IGAC

Escala 1:300000

División Veredal
 Prioridad de Protección
 alto
 medio
 bajo

Figura 11. Zona Amortiguadora Parque Nacional Natural de los Nevados.
 Mapa de Prioridad de Protección

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los Sistemas de Información Geográfica es una herramienta valiosa a la hora de prevenir y mitigar los incendios forestales, ya que los SIG permiten la entrada, almacenamiento, manipulación, análisis, representación y salida eficiente de datos, referidos a uno de los fenómenos de carácter natural que pueden ocasionar situaciones de riesgo para las personas y que además constituye un problema medioambiental muy grave.

La aplicación de los sistemas de información geográfica al campo forestal ha demostrado que estos dos temas son compatibles y que puede servir para diseñar actividades de prevención y mitigación de los incendios forestales, ya que esta tecnología tiene la capacidad de brindar información rápida y confiable.

La información que arrojan los mapas de resultados servirá como apoyo para la prevención y mitigación de incendios forestales en Caldas, pero se hace necesario difundirla en la comunidad que está mas expuesta a este evento, ya que los incendios forestales en su mayoría son ocasionados por actividades humanas en las que median factores como la irresponsabilidad, la negligencia e incluso la ignorancia.

La función principal de este sistema de información geográfica es mejorar la información a la hora de tomar decisiones en cuanto al tema de los incendios forestales. Lo antes expresado se fundamenta en el deseo de contribuir de alguna forma a la solución de un problema grande, que en los últimos años ha venido cobrando proporciones alarmantes en el departamento de Caldas. Los SIG entran a jugar un papel muy importante a la hora de tomar alguna decisión en cuanto a los incendios forestales, ya que permiten un estudio y análisis más profundo de la zona, obtener los datos con mayor precisión, y difundir información e instrucciones que orienten a la población sobre el problema de los incendios forestales, a fin de evitarlos a toda costa.

Conocer qué tipo de eventos pueden presentarse en el futuro en una región determinada, aunque no se conozca con exactitud cuándo pueden ocurrir, es de vital importancia para la población civil que se ve afectada por este desastre, ya que podrá tener información oportuna y verídica, y los Sistemas de Información Geográfica actuarán como la herramienta adecuada para ayudar a que los incendios se puedan prevenir en gran parte, ya que este desastre es prácticamente antrópico. En este caso, el producto contribuirá a la sostenibilidad de una región, de tal manera que el impacto de dicho evento sea el mínimo posible y que no signifiquen un trastorno importante para el desarrollo social y económico de la misma.

Se recomienda hacer reuniones o talleres periódicos para promover el uso de los SIG como herramienta para prevenir y mitigar los incendios forestales. Esto se hará posible con el apoyo de la Corporación Autónoma Regional de Caldas que es la entidad responsable del control ambiental en el departamento, así como la UDEPADE (Unidad de Prevención y Atención de desastres) de la gobernación de Caldas.

Una recomendación sería mantener este SIG, por medio de CORPOCALDAS o por otros medios, en algún lugar estratégico, donde la comunidad más expuesta al evento de los incendios forestales se pueda enterar de las zonas más susceptibles a ellos y los factores que determinan su ocurrencia, de tal manera que se facilite el trabajo de las autoridades ambientales y la población para la prevención y atención de los mismos.

Se recomienda hacer uso de los cuestionarios propuestos en el Anexo D, que tienen como objetivo recopilar datos acerca de los incendios forestales, pues se hace necesario actualizar y mejorar la información de la zona, con el propósito de motivar la participación comunitaria y el compromiso de la población con las acciones emprendidas por las autoridades ambientales en torno al problema de los incendios forestales en la región.

Una recomendación muy importante es la actualización periódica y permanente del Sistema de Información Geográfico que se implementó, pues se hace necesario ya que la información varía constantemente.

7. BIBLIOGRAFÍA

COLOMBIA. Ministerio del Medio Ambiente. Dirección General de Ecosistemas. Plan Nacional para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales en Colombia. Estructuración y Montaje de un Sistema de Información Georreferencial Mitigación de Incendios Forestales. Santa Fe de Bogotá, 1999.

COLOMBIA. Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres. Prevención de Incendios Forestales, Mi Amigo el bosque. 3ª ed. Cartilla. Santa Fe de Bogotá, 1996

MARTÍNEZ, Yovanny A. Curso de Sistemas de Información Geográfica. Santa Fe de Bogotá, 1994

Otras fuentes

CORPOCALDAS. Cartografía Digital Zona Amortiguadora, Parque Nacional Natural Los Nevados. Manizales (Col), 2000.

www.dama.gov.co/ince/defi.htm

www.semarnap.nap.gob.mx/ssnr/pronare/foro/colombia.htm

www.desenredando.org/public/libros/1993/Idnsn/html/cap.htm

ANEXO A

DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES QUE CONFORMAN LA MATRIZ

VEREDA: Nombre de la vereda

COD_UNICO: Código único de la vereda

MUNICIPIO: Municipio al cual pertenece la vereda

DEPARTAMENTO: Departamento al que pertenece el municipio

COD_DEPTO: Código DANE del departamento

ÁREA_VEREDA: Área de la vereda en hectáreas

TOT_INC97/98: Total de incendios ocurridos en los años 97/98 en cada vereda

INC_10000HA: Incendios cada 10000 hectáreas

TOT_POBLAC: Total de población en cada vereda

HAB_10000H: Habitantes cada 10000 hectáreas

INC_HAS: Promedio de incendios cada 10000 hectáreas de cobertura municipal

HA_INCDÑAÑ_H: Daño promedio de incendios y se expresa en número de hectáreas

CLIMA: Promedio de días lluviosos en cada vereda

PUNTAJE: Puntaje normalizado del clima

ÁREA_PARAMO(HA): Área de páramo en hectáreas

PRESENC_VIAS: Si hay o no presencia de vías en cada vereda

ESTADO_VIAS: Estado en que se encuentran las vías

TEMPER_PROM: Temperatura promedio de la vereda

BOSQYRAS(HA): Área de bosques y rastrojos en hectáreas

ZBOSQYRAS: Zona de bosques y rastrojos

RESISCONTR: Resistencia al control de bosques y rastrojos

POTENPROPA: Potencial de propagación de bosques y rastrojos

VALORECONO: Valor económico de bosques y rastrojos

VALSOCECOL: Valor social ecológico de bosques y rastrojos

PASTCULT(HA): Área de pastos y cultivos en hectáreas

ZPASTCULTI: Zona de pastos y cultivos

RESISCONTR: Resistencia al control de pastos y cultivos

POTENPROPA: Potencial de propagación de pastos y cultivos

VALORECONO: Valor económico de pastos y cultivos

VALSOCECOL: Valor social ecológico de pastos y cultivos

TOPOG_PENDIENTE: Pendiente de la vereda y se expresa en porcentaje

PUNTAJE: Puntaje normalizado de la pendiente

BOMBEROS: Presencia de bomberos en la zona

RECURCONTR: Recursos de control en la ausencia o presencia de los bomberos

RESICONTOT: Resistencia al control en total

POTPROPTOT: Potencial de propagación en total

VALECONTOT: Valor económico total

VASOECOTOT: Valor social ecológico total de la vereda

OCURRENCIA_HIST: Ocurrencia histórica de incendio forestal

PUNTAJE: Puntaje normalizado de la ocurrencia histórica

DENSIPOBLA: Densidad de población por cada 10000 hectáreas

PUNTAJE: Puntaje normalizado de la densidad de población

DENSIDDAÑO: Densidad del daño histórico

PUNTAJE: Puntaje del daño histórico

ZCAMINOS: Zona de caminos en porcentaje

PUNTAJE: Puntaje normalizado de los caminos

ACCESIBILIDAD: Accesibilidad de las vías en porcentaje

PUNTAJE: Puntaje de la accesibilidad

AMENAZA: Amenaza de la vereda

PONDERACIÓN: Ponderación de la amenaza de la vereda

VULNERABILIDAD: Vulnerabilidad de la vereda

PONDERACIÓN: Ponderación de la vulnerabilidad de la vereda

RIESGO: Riesgo de la vereda

PONDERACIÓN: Ponderación del riesgo de la vereda

DAÑOPOTENC: Daño potencial de la vereda

PONDERACIÓN: Ponderación del daño potencial de la vereda

PRIORIDAD_PROT: Prioridad de protección de la vereda

PONDERACIÓN: Ponderación de la prioridad de protección de la vereda

Nota 1: Se puede observar que en la matriz de variables, se repite una vereda varias veces, debido a que la zona amortiguadora parte una vereda en varios trozos, y se hace necesario definirlas así, ya que la metodología lo requiere.

Nota 2: También se puede observar en la matriz que en varias ocasiones se repite un mismo dato en toda una columna, como son los valores de las variables de **clima, inc-has-daño y recurcontr**. Esta información fue suministrada en esa forma por el Ingeniero Forestal Gustavo Moreno, funcionario de Corpocaldas.

ANEXO C

ESTRUCTURACIÓN Y MONTAJE DE UN SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEORREFERENCIAL COMO INSTRUMENTO DE APOYO PARA LA FORMULACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DEL PROGRAMA NACIONAL PARA LA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES.

Metodología para la definición de la priorización de la protección.

Este concepto se basa en la premisa que la priorización de una determinada área tiene por finalidad la búsqueda de la optimización de la focalización de las actividades de prevención, mitigación, detección y control de los incendios forestales y consecuentemente de la determinación de los niveles de inversión requeridos.

Para dicha finalidad se considera la siguiente función:

Prioridad de protección: f (*Riesgo (Amenaza + vulnerabilidad) y Daño potencial*)

Al descomponer dicha función se obtiene lo siguiente

Amenaza: f (Ocurrencia histórica; Población; Caminos; Áreas de cultivo).

Vulnerabilidad: f (Daño Histórico; Topografía; Resistencia al control; Potencial de propagación; Recursos de control; Clima; Accesibilidad).

Daño potencial: f (Valor Económico, Valor social - Ecológico)

Considerando que se está en una primera aproximación de la metodología, se le asignó igual peso específico (33.%) a cada uno de los tres parámetros que componen la función de prioridad de protección.

Al asignar una ponderación relativa a cada una de las variables que componen las funciones anteriores, se obtiene la siguiente matriz:

Factores	Ponderación (%)	Variables	Puntaje normalizado
Amenaza	33,3	Ocurrencia Histórica	13,2
		Densidad de población	5,4
		Densidad de caminos	6,7
		Áreas de cultivo	7,7
		Daño histórico	13,2
Vulnerabilidad	33,3	Topografía	4,1
		Resistencia al control	0,6
		Potencial de propagación	3,2
		Recursos de control	2,4
		Clima	4,0
Daño Potencial	33,3	Accesibilidad terrestre	5,5
		Valor Económico	5,6
		Valor socioeconómico	10,9
		Valor estratégico-Nal.	16,5

ANÁLISIS DE LA AMENAZA

Con la finalidad de hacer una priorización relativa de cada uno de los componentes que están relacionados con la ocurrencia de incendios forestales, y considerando que mas del 95% de los incendios son de origen antrópico, es necesario correlacionar la densidad de incendios forestales, con la densidad de población, la cobertura de caminos y las áreas de cultivo de cada uno de los municipios.

El resultado demuestra que se presenta un alta correlación así:

Correlación de la Ocurrencia histórica con: Población (0.61); Caminos (0.80); Áreas de cultivos (0.91)

Una vez determinada la correlación se procede a considerar las variables específicas necesarias para su análisis y las ponderaciones asociadas a cada una de ellas.

- **Densidad de Ocurrencia de Incendios forestales**

Para esta variable se considera el promedio de incendios forestales entre los años 1995 y 1997, expresando en numero de incendios forestales por cada 10000 hectáreas de cobertura municipal.

Rangos de ocurrencia histórica (inc/10000 ha)	Puntaje Normalizado
>100	13,2
76-100	11,0
51-75	8,8
26-50	6,6
11-25	4,4
<10	2,2
Sin ocurrencia registrada	0,0

Tabla C1 Ocurrencia histórica de incendios forestales.

- **Densidad de Población**

Para esta variable se considera que un 30% de la población urbana y totalidad de la población rural, de acuerdo al censo de 1993, son los posibles agentes causales de los incendios forestales en Colombia; los rangos se expresan en número de habitantes por 10.000 hectáreas de cobertura municipal.

Rangos Densidad de Población (hab/10.000ha)	Puntaje Normalizado
>100.000	5,4
50.000-100.000	4,5
10.000-50.000	3,6
5.000-10.000	2,7
1.000-5.000	1,8
<1.000	0,9

Tabla C2 Densidad de población

- **Densidad de Caminos**

Para esta variable se considera un área de influencia a lado y lado de las vías principales de la zona de 5 kilómetros, y se expresa en porcentaje de cobertura municipal de caminos.

Rangos Densidad de Caminos	Puntaje normalizado
>100	6,7
75-99	5,4
50-74	4,1
25-49	2,8
<24	1,5
Sin cobertura	0,0

Tabla C3 Densidad de caminos

● **Áreas de cultivos**

Para esta variable se considera el numero de hectáreas de terrenos destinadas a pastos y cultivos por vereda, y se expresa en porcentaje de cobertura municipal de áreas cultivadas.

Rangos Áreas de Cultivo (%)	Puntaje Normalizado
81-100	7,7
61-80	6,2
41-60	4,6
21-40	3,1
<20	1,5

Tabla C4 Áreas de cultivos

ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD

Con la finalidad de hacer una priorización relativa de cada uno de los componentes que están relacionados con la vulnerabilidad frente a los incendios forestales, se procede a correlacionar el promedio de hectáreas por incendio, con la pendiente, resistencia al control, potencial de propagación, recursos de control y accesibilidad de cada uno de los municipios.

El resultado indica una baja correlación de esos factores así:

Correlación del Daño Histórico con: Topografía (0.21), Resistencia al Control (-0.07); Potencial de Propagación (0.10); Recursos de Control (-0.18); Accesibilidad (-2.0).

● Densidad del daño Histórico

Para esta variable se considera el daño promedio de los incendios forestales ocurridos entre los años 1995 y 1997 en Caldas, y se expresa en número de hectáreas afectadas por incendio forestal.

Rangos hectáreas por incendio (ha/inc)	Puntaje Normalizado
>1.000	13,2
501-1.000	11,0
101-500	8,8
51-100	6,6
11-50	4,4
<10	2,2
Sin daño Reportado	0,0

Tabla C5 Densidad de daño histórico de incendios forestales

- **Topografía**

Se considera la pendiente del terreno como un condicionante en la velocidad de propagación del fuego y de la dificultad de control de los incendios forestales.

Rangos de pendiente (%)	Puntaje Normalizado
>35	4,1
25-35	3,0
15-25	2,5
<15	1,0

Tabla C6 Topografía

- **Clima**

Para determinar esta variable se pondera el promedio de los días con lluvia en cada una de las veredas, clasificándolos con un Puntaje bajo en las zonas mas lluviosas, y con Puntaje alto en las zonas con menos lluvia al año.

Rangos número de días con lluvia	Puntaje Normalizado
> de 250 días	1,0
150-250	2,5
50-150	3,0
< a 50 días	4,0

Tabla C7 Clima

- **Resistencia al control**

Debido a la naturaleza de los datos obtenidos, para el análisis de esta variable se consideran los modelos generales de combustibles forestales: Bosque y rastrojos por un lado y pastos y cultivos por el otro. Estos se clasifican de acuerdo a la resistencia del material vegetal a la propagación del fuego.

Resistencia al control (%)	Se multiplica por
Bosque y Rastrojos	0,60
Pastos y Cultivos	0,15

Tabla C8. Resistencia al control

- **Potencial de propagación**

Esta variable se analiza con las mismas variables de combustibles forestales anterior, clasificándolos en cuanto a la velocidad de propagación de los incendios forestales. Se encuentra expresado en el porcentaje que ocupa dentro del área municipal.

Potencial de Propagación (%)	Se multiplica por
Bosque y Rastrojos	3,2
Pastos y Cultivos	0,15

Tabla C9 Potencial de propagación

- **Recursos de control**

Para esta variable se considera la presencia o ausencia de cuerpos de bomberos, sin tener en cuenta la cualificación de los mismos, así como tampoco otras opciones de control, por falta de información al respecto.

Cuerpos de Bomberos	Se multiplica por
Si hay presencia	0,8
No hay presencia	2,4

Tabla C10. Presencia bomberil

- **Accesibilidad**

Esta variable se expresa como porcentaje (%) de cobertura de vías a nivel municipal, ya que juega un papel muy importante como condicionante de acceso para las fuerzas de control de incendios forestales.

Rangos de Accesibilidad	Puntaje Normalizado
> a 100%	0,0
75 – 99	1,8
50 – 74	2,7
25 – 49	3,7
< 24	4,6
Sin cobertura	5,5

Tabla C11 Accesibilidad

ANÁLISIS DEL DAÑO POTENCIAL

Para efectos de la metodología, se considera que las funciones de los recursos forestales son de tipo económico, social - ecológico y estratégico Nacional.

La responsabilidad del estado, en función decreciente, va desde lo estratégico Nacional a lo Ecológico – Social y a lo Económico.

En consecuencia, la importancia relativa asignada es la siguiente:

● Valor Económico

Para esta variable se considera los dos modelos generales de combustibles forestales, utilizados en la metodología, clasificándolos de acuerdo al valor económico relativo como fuente de materias primas forestales.

Categorías de Recursos (%)	Se multiplica por
Bosque y Rastrojos	5,6
Pastos y cultivos	1,4

Tabla C12 Valor económico

● Valor Social – Ecológico

Para esta variable, al igual que las demás se consideran los dos modelos generales de combustibles forestales otorgándoles un valor social – ecológico relativo.

Categorías de Recursos (%)	Se multiplica por
Bosque y Rastrojos	1,09
Pastos Y Cultivos	2,8

Tabla C13 Valor social - ecológico

ANEXO D
MODELO DE CUESTIONARIOS PROPUESTOS PARA LA LUCHA PASIVA
CONTRA LOS INCENDIOS FORESTALES

MODELO DE CUESTIONARIO N° 1

La Corporación Autónoma Regional de Caldas está realizando una investigación sobre el tema de los *incendios forestales* por ello, solicitamos su apoyo y colaboración, a fin de que, con sus respuestas, sea posible proponer soluciones a este problema a las autoridades correspondientes.

Agradecemos anticipadamente su ayuda para la realización de ésta investigación

Fecha: _____

Comunidad: _____

Vereda: _____

Instrucciones:

Marque usted con una **X** la respuesta en el paréntesis correspondiente:

1. Escolaridad

Ninguna	Primaria	Secundaria	Preparatoria	Profesional	Otros

2. Edad

3. Sexo

<i>Hombre</i>	Mujer

4. Horas que permanece en su domicilio

- De 8 a 11 de la mañana
- De 11 de la mañana a 2 de la tarde
- De 2 de la tarde a 8 de la noche
- Después de las 8 de la noche

5. ¿Considera que su comunidad está organizada para afrontar los incendios forestales?

- Sí No

¿Por qué?

—

—

6. ¿Cuentan en su comunidad con información completa y oportuna para la acción contra el fuego?

- Sí No

7. ¿En cuanto a las vías de comunicación en vehículos y las de acceso a pie al bosque, ¿Considera que son adecuadas para contraatacar los incendios forestales?

- Sí No

¿Por qué?

8. ¿Cree que hacen falta campañas de información y cursos de capacitación respecto de la lucha contra los incendios forestales?

() Sí () No

9. ¿Conoce usted las causas que provocan los incendios forestales?

() Sí () No

Explique por favor aquellas que considere usted como las más importantes:

—

—

10. ¿Conoce usted los efectos que provocan los incendios forestales?

() Sí () No

Explique por favor aquellos que considere usted como las más importantes:

—

—

11. ¿En su comunidad existen planes de acción antes durante y después de un incendio forestal?

() Si () No

12. ¿Cree usted que el inicio de un incendio forestal pudiera prevenirse?

() Sí () No

¿Por favor sugiera cómo?

—

—

—

13. ¿Qué haría falta en su comunidad para poder prevenir los incendios forestales?

—

—

—

14. ¿En su localidad existen sitios seguros hasta los cuales sea posible trasladarse en caso de un incendio forestal?

() Sí () No

15. Le reiteramos nuestro agradecimiento por sus respuestas; le rogamos anotar cualquier otra idea o propuesta que contribuya positivamente a la lucha contra los incendios forestales:

—

—

—

MODELO DE CUESTIONARIO N° 2

1. Enumere en orden de importancia del 1 al 5, cuales son las principales causas de los incendios forestales.

- () Fogatas mal apagadas
- () Colillas de cigarro sin apagar
- () Rayos
- () Quema de hierba y basura
- () Fuegos intencionales
- () Chispas de las chimeneas

2. ¿Considera usted que la información y preparación para la lucha contra incendios es?

- () Suficiente
- () Regular
- () Insuficiente

3. ¿Las acciones de los grupos contra incendio de su comunidad son?:

- () A tiempo
- () Tarde
- () Muy tarde

4. ¿Las vías de acceso al bosque para la lucha contra los incendios forestales son?

- () Buenas
- () Regulares
- () Malas

5. ¿Existen programas de reforestación?:

- () Siempre
- () Casi siempre
- () Frecuentemente
- () Casi nunca
- () Nunca

6. ¿Los equipos y herramientas que existen para la lucha contra incendios forestales están?:

- En muy buen estado
- Buen estado
- Regular estado
- Mal estado
- No existen

7. ¿Hay agua suficiente en los lugares adecuados para la lucha contra los incendios forestales?:

- Siempre
- Frecuentemente
- Casi nunca
- Nunca

ANEXO E

RECOMENDACIONES PARA LA LUCHA CONTRA INCENDIOS FORESTALES

Un personal entrenado que disponga de la maquinaria, herramienta y materiales adecuados, utilizando agua y eventualmente algún producto químico, puede contender contra los incendios. La eficacia de ese sistema depende, por una parte y de manera determinante de la rapidez de actuación, así como por la existencia de una red de vías de circulación bien conocida, bien realizada y en buen estado.

Es indispensable, ante todo, que exista una correlación muy estrecha entre los caminos y las vías forestales ya construidas así como las nuevas que se realicen y las trincheras cortafuego, sería inconcebible que se planearan de manera independiente, el proyecto debe hacerse conjuntamente.

Es de vital importancia que los caminos en cualquier momento permitan la circulación y que en cualquier parte de la vía se tengan posibilidades de escape en ambas direcciones, así pues los caminos deberán tener el ancho suficiente y los enlaces estratégicos necesarios a fin de que se faciliten las maniobras.

Por otra parte, como ya se ha mencionado, las medidas preventivas, que atacan el origen del fuego y una buena señalización a lo largo de toda la zona, permitirá una mejor atención al problema.

Un aspecto fundamental es el de considerar que los equipos son costosos en su adquisición y posteriormente en su mantenimiento, de manera que para equipar

cada bosque se deberán tomar en cuenta los aspectos de riesgo, productividad, frecuencia con la que se producen los incendios, etc. para la inversión mas adecuada.

Bajo la perspectiva de los presupuestos limitados, la decisión de adquirir equipo y herramientas para la defensa contra incendios forestales hace necesario ponderar tales inversiones pues es posible que se equipe un lugar y otro de igual importancia, o mayor no sea equipado; y si tal equipo además permanece inactivo durante mucho tiempo se hará obsoleto y quizá se deteriore hasta un punto en que ya no sea utilizable. Es prudente pues analizar las posibilidades de compra distribución y mantenimiento y para ello, se hace necesaria la participación de las autoridades y de los propietarios particulares.

En los lugares turísticos además de las medidas de protección y mantenimiento será necesaria una administración adecuada de los recursos que se capten por concepto de acceso y disfrute de las instalaciones.

○ **PARA EVITAR LOS INCENDIOS FORESTALES**

- No encienda fogatas en zonas forestales, especialmente en los periodos secos, pero de preferencia en ninguna zona forestal.
- Lleve su comida preparada o cómprela en el lugar adecuado.
- No tire colillas de cigarro encendidas ni botellas de vidrio.

- No queme la hierba seca, la basura, rastrojos, desperdicios, etc..
- No use cohetes, ni cualquier fuego artificial.
- Comunique cualquier cosa que vea y considere que representa un peligro de incendio forestal.
- No quiera llegar en su carro a todas las partes.

○ **SI LA CASA O TRABAJO SE ENCUENTRAN EN UNA ZONA FORESTAL**

- Mantenga libre de basura, desperdicios, matorrales, etc. construya una franja suficientemente amplia, de más o menos unos 25 metros.
- Mantenga limpio también su tejado de ramas y otras cosas que resulten combustibles.
- No apile madera seca cerca de la construcción.
- No encienda fuego y si tiene chimenea coloque un captador de chispas (también llamados "matachispas").
- Mantenga en buen estado su instalación eléctrica.
- Mantenga limpios y en buen estado de funcionamiento los caminos de acceso al edificio.

■ **Si por desgracia se ha iniciado el fuego, la gente debió haberse enterado anticipadamente por medio de instrucciones como estas:**

- Mantenga la calma, piense y actúe con sangre fría.
 - Trate de extinguir el fuego con agua arrojándola a la base de las llamas, golpee con una rama verde o cúbralo con tierra.
 - Prevea siempre una salida y manténgala libre.
 - Si logra apagar el fuego, cerciórese de que esto haya ocurrido, es decir que esté totalmente extinguido, pues podrían quedar restos y reiniciarse horas mas tarde, si tiene duda pida ayuda a los bomberos de su localidad.
- **Debería informarse acerca de las acciones a seguir para participar en labores de extinción del fuego como por ejemplo con instrucciones como los siguientes:**
- Nunca asista directamente a la zona del incendio.
 - Si es autorizado atienda las indicaciones cabalmente, su ayuda será valiosa si va equipado (con calzado y ropas especiales, herramientas, linterna, silbato, etc.) e instruido al respecto de los incendios forestales.
 - Si accede en vehículo propio, busque estacionarlo donde no obstruya el paso de otros vehículos para poder salir o entrar con prontitud.
 - Deberá haber siempre un profesional que le dé indicaciones.

- Una vez que se ha extinguido el fuego, es necesario mantener la zona sin acceso y con vigilancia, a fin de extinguir cualquier foco que existiese hasta que el responsable de las operaciones lo indique.

Recuerde:

Los incendios forestales son uno de los fenómenos de carácter natural que pueden ocasionar situaciones de riesgo para las personas, Además constituyen un problema medioambiental muy grave.

Un comportamiento responsable, procurando no encender fuego en el campo cuando exista riesgo de incendio, es la mejor medida para evitar los incendios forestales.