CLASIFICADO

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
GOBIERNO SEGURIDAD Y CONVIVENCIA
Fondo de Prevención y
Atención a Emergencias

MARÍA TERESA GAONA VILLATE
INGENIERA FORESTAL
ESPECIALISTA EN EDUCACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL
CARRERA 5 No. 21 – 96
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

DIAGNÓSTICO DE ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES Y SEGUIMIENTO AL PLAN DE ACCIÓN A CORTO PLAZO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES EN LOS CERROS ORIENTALES, DEFINIDO EN EL MARCO DE LA SUBCOMISIÓN TÉCNICA DE LA COMISIÓN DISTRITAL DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES, BOGOTÁ D.C..

CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS N^{O} PS – 488 - 2007

ORIGINAL

23 DE MAYO DE 2008

CLASIFICADO



MARÍA TERESA GAONA VILLATE
INGENIERA FORESTAL
ESPECIALISTA EN EDUCACIÓN Y GESTIÓN AMBIENTAL
CARRERA 5 No. 21 – 96
BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

DIAGNÓSTICO DE ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES Y SEGUIMIENTO AL PLAN DE ACCIÓN A CORTO PLAZO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES EN LOS CERROS ORIENTALES, DEFINIDO EN EL MARCO DE LA SUBCOMISIÓN TÉCNICA DE LA COMISIÓN DISTRITAL DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES, BOGOTÁ D.C..

CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS NO. PS – 488 - 2007

ORIGINAL

23 DE MAYO DE 2008

Nota especial: "De acuerdo con el artículo 20 de la Ley 23 de 1982, los Derechos de Autor pertenecen al FOPAE. La solicitud para reproducir este documento parcial o totalmente, se debe dirigir por escrito al Director del FOPAE."

ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.
GOBIERNO SEGURIDAD Y CONVIVENCIA
Fondo de Prevención y
Atención a Emergencias

TÍTULO Y SUBTÍTULO

DIAGNÓSTICO DE ACTUALIZACIÓN DEL MAPA DE RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES Y SEGUIMIENTO AL PLAN DE ACCIÓN A CORTO PLAZO PARA EL MANEJO INTEGRAL DEL RIESGO POR INCENDIOS FORESTALES EN LOS CERROS ORIENTALES, DEFINIDO EN EL MARCO DE LA SUBCOMISIÓN TÉCNICA DE LA COMISIÓN DISTRITAL DE PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE INCENDIOS FORESTALES, BOGOTÁ D.C..

AUTOR
MARÍA TERESA GAONA VILLATE, Ingeniera Forestal, Especialista en Educación y Gestión Ambiental

RESUMEN

En este informe se presenta las variables empleadas en la metodología de "Zonificación de riesgo por incendio forestal y diseño de las medidas preventivas y operativas para los Cerros Orientales de Bogotá D.C.", y que fueron modernizadas en estos años por distintas entidades del Distrito Capital, y con las cuales se propone actualizar el modelo propuesto por DPAE en el año 2002.

PALABRAS CLAVE
Cerros Orientales, Usaquén, Chapinero, Santa Fé, San Cristóbal, Usme, Análisis de Riesgos

TÉRMINOS PARA GLOSARIO E ÍNDICE
Incendios Forestales: Zonificación de riesgos

CLASIFICACION DE SEGURIDAD	CONTRATO	IDIOMA	NÚMERO DE PÁGINAS	NÚMERO DE COPIAS
CLASIFICADO	PS – 488 - 2007	Español	61	1

OBSERVACIONES

RESUMEN

Con motivo del incendio forestal ocurrido del 30 de Septiembre al 05 de Octubre de 2007 en el Cerro el Cable, la Comisión Distrital para la Prevención y Mitigación de Incendios Forestales (CDPMIF), creó la Subcomisión Técnica, en cuyo marco se elaboró el "Plan de Acción a Corto Plazo para el Manejo Integral del Riesgo por Incendios Forestales para los Cerros Orientales", el cual, para su ejecución, se crearon cinco (5) Subcomisiones, siendo una de ellas la Técnica, cuya labor de coordinación y seguimiento se le asignó a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE).

Una de las subactividades incluidas en el Plan es la "Definición de insumos para actualizar las coberturas del mapa de amenaza por incendios forestales". Para ello, la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE), a través del presente estudio, revisó las metodologías de zonificación de Chile, España, Canadá y Estados Unidos, así como las empleadas por el Ministerio de Ambiente, la de IDEAM y DPAE., encontrándose que resulta conveniente actualizar el modelo propuesto por DPAE en el 2002.

Luego, se hizo un análisis específico de la metodología y se plantearon algunas recomendaciones para su actualización. Posteriormente, se identificaron las variables que requieren de reajuste, según la información cartográfica digital disponible en diversas entidades del Distrito Capital y que fueron renovadas en los últimos cinco (5) años.

Finalmente, se procedió a la consecución de los shapes modernizados de los mapas de Clima, Cobertura Vegetal, Vías y Antecedentes, ante el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), la Secretaría Distrital de Ambiente y el Jardín Botánico José Celestino Mutis (JBB), los cuales fueron remitidos a la DPAE y reposan en la Oficina de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la entidad.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN **4**

TABLA DE CONTENIDO **5**

LISTADO DE CUADROS, GRÁFICOS Y ANEXOS **7**

INTRODUCCION **8**

REVISIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA "ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR INCENDIO FORESTAL Y DISEÑO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y OPERATIVAS PARA LOS CERROS ORIENTALES DE BOGOTÁ D.C." ELABORADA POR LA DPAE EN EL 2002. ..... **9**

1. OBJETIVO **9**

2. JUSTIFICACIÓN **9**

3. ASPECTOS GENERALES DE UNA ZONIFICACIÓN **9**

CRITERIOS Y MODELO PARA EL ANÁLISIS **10**

1. REVISIÓN DE METODOLOGÍAS EXISTENTES **10**

1.1 INTERNACIONALES 10
1.1.1 Estados Unidos (NFDR – National Fire Danger Rating) 10
1.1.2 Canadá (FWI - Fire Weather Index) 13
1.1.3 España 14
1.1.4 Chile – Prioridades de Protección 15
1.2 NACIONALES 16
1.2.1 Ministerio del Medio Ambiente – Prioridades de Protección 16
1.2.2 Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE) 17

2. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA **18**

3. METODOLOGÍA DPAE 2002 ..... **18**

3.1 ANÁLISIS 18
3.1.1 De planificación 19
3.1.2 Conceptual 20
3.1.2.1 Riesgo 20
3.1.2.2 Amenaza 22

3.1.2.3 Vulnerabilidad 23
3.1.2.4 Del Método Semi – Cuantitativo empleado 23
3.1.3 Metodológico 24
3.2 RECOMENDACIONES 25

4. INFORMACIÓN BASE 25

4.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES 25
4.2 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN PARA DEFINIR CUALES COBERTURAS NECESITAN ACTUALIZARSE 27
4.2.1 Disponibilidad de información 27
4.2.2 Año de publicación 27
4.2.3 Verificación de la variable 27
4.2.4 Nivel de detalle 27

5. IDENTIFICACIÓN DE COBERTURAS QUE REQUIEREN AJUSTE EN LA ZONIFICACIÓN 28

5.1 AMENAZA 28
5.1.1 Viento 28
5.1.2 Provincias de humedad 28
5.1.3 Accesos 29
5.1.4 Antecedentes 29
5.2 VULNERABILIDAD 30
5.2.1 Ignición, Combustibilidad, Velocidad de propagación y Resistencia al control 30

6. SELECCIÓN DE COBERTURAS MODERNIZADAS 31

6.1 PROVINCIAS DE HUMEDAD 31
6.2 VIENTO 32
6.3 MOVILIDAD 33
6.4 ANTECEDENTES 33
6.5 IGNICIÓN, COMBUSTIBILIDAD Y RESISTENCIA AL CONTROL 34

CONCLUSIONES 37

RECOMENDACIONES 38

ANEXO A 39

ANEXO B 40

BIBLIOGRAFÍA 42

LISTA DE DISTRIBUCIÓN 43

LISTADO DE CUADROS, GRÁFICOS Y ANEXOS

Cuadro No. 1 Modelo empleado para la revisión de la metodología de riesgo por incendio forestal en los Cerros Orientales de Bogotá D.C., propuesta por DPAE en el 2002

Cuadro No. 2 Identificación y selección de coberturas modernizadas por diferentes entidades del Distrito, que requieren de actualización en la metodología de zonificación de riesgo por incendio forestal en los Cerros Orientales de Bogotá D.C., empleada por DPAE en el 2002

Cuadro No. 3 Selección de las variables empleadas en la zonificación de riesgo por incendio forestal, que requieren de actualización

Cuadro No. 4 Situaciones y criterios empleados por Torres, para la composición de la variable Amenaza

Gráfico No. 1 Metodología de Estados Unidos – Índice NFDR (1972)

Gráfico No. 2 Metodología de Canadá – Índice FWI (1970)

Gráfico No. 3 Metodología de Chile (1973)

Gráfico No. 4 Metodología de Colombia – Ministerio de Ambiente (1998)

Gráfico No. 5 Metodología para la Zonificación de Riesgo por Incendio Forestal en Bogotá D.C. (2002)

ANEXO A FACTORES QUE RIGEN LA INFLAMABILIDAD Y LA COMBUSTIBILIDAD DE LOS COMBUSTIBLES VEGETALES Y SU INCIDENCIA EN EL INCENDIO FORESTAL

ANEXO B PROPUESTA GENERAL DE PROYECTOS SIG QUE SE DEBERÍAN REALIZAR CON EL OBJETO DE AVANZAR EN EL TEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS POR INCENDIOS FORESTALES

INTRODUCCION

Con motivo del incendio forestal presentado en el Cerro El Cable, durante el 30 de septiembre al 5 de octubre de 2007, la Administración Distrital, en el marco de la Comisión Distrital de Prevención y Mitigación de Incendios Forestales (CDPMIF), elaboró el "Plan de Acción a corto plazo para la Gestión Integral del Riesgo por Incendios Forestales en los Cerros Orientales de Bogotá D.C., en el que se definen las acciones prioritarias a adelantar en el periodo octubre – diciembre de 2007 para prevenir y atender los incendios forestales que se presenten en la ciudad.

Para su ejecución, se crearon cinco (5) Subcomisiones, siendo una de ellas la Técnica, cuya secretaría técnica se le asignó a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE). Con el fin de coordinar dichas labores, la DPAE celebró el Contrato e Prestación de Servicios No PS – 488 - 2007, con la Ingeniera Forestal Maria Teresa Gaona Villate, en cuyo marco se debe adelantar el diagnóstico de actualización del mapa de riesgo por incendios forestales y el seguimiento al Plan de Acción.

El reajuste de la Zonificación de Riesgo por Incendio Forestal y Diseño de las Medidas Preventivas y Operativas para los Cerros Orientales de Bogotá D.C., elaborada por la DPAE en el año 2002, es importante para Bogotá D.C., pues permitirá definir con mayor exactitud, las zonas que requieren de intervención de la cobertura vegetal, que corresponden a las zonas de amenaza alta y muy alta (sitios con mayor temperatura, menor precipitación, mayor velocidad del viento, dirección paralela del viento en los cerros, pendiente superior del 50%, geoformas con predominio de escarpes y crestas, mayor existencia de caminos y mayor presencia de caminantes), para posteriormente, iniciar su proceso de intervención. En este sentido, la zonificación será la herramienta de soporte para involucrar a los propietarios de predios privados en el manejo silvicultural de plantaciones forestales, según el proceso que el Distrito, en cabeza de la Secretaría Distrital de Ambiente, inicie ante la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR).

Teniendo en cuenta que el parámetro de Vulnerabilidad se refiere a la predisposición intrínseca de la cobertura vegetal a ser afectada por el fuego y considerando que dicha variable fue actualizada por el Jardín Botánico "José Celestino Mutis", se hace necesario su respectivo ajuste.

Por lo anterior y de conformidad con la definición de riesgo, la Zonificación elaborada por la DPAE en el 2002, se califica como de riesgo, pues determina una probabilidad cualitativa de sufrir pérdidas de la cobertura vegetal y de los servicios ambientales que ésta genera.

De acuerdo a lo estipulado en la cláusula segunda del contrato "Obligaciones del contratista", referido a la presentación de informes, se elabora este Informe final, en el que se consignan las actividades realizadas.

REVISIÓN DE LA METODOLOGÍA EMPLEADA EN LA "ZONIFICACIÓN DE RIESGO POR INCENDIO FORESTAL Y DISEÑO DE LAS MEDIDAS PREVENTIVAS Y OPERATIVAS PARA LOS CERROS ORIENTALES DE BOGOTÁ D.C." ELABORADA POR LA DPAE EN EL 2002.

Comprende:

1. OBJETIVO

Identificar y analizar diferentes metodologías de zonificación en incendios forestales y con base en ello, determinar la funcionalidad y operatividad del modelo empleado en el Distrito Capital.

2. JUSTIFICACIÓN

La Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE) requiere de un instrumento actualizado, con un nivel de información semidetallado, que facilite la incorporación de la temática de incendios forestales en la planificación del territorio de Bogotá D.C.. En dicho marco, la zonificación es una herramienta base para el desarrollo de las siguientes actividades:

- Identificar las áreas que requieren de intervención de la cobertura vegetal.
- Diseñar las medidas de intervención de la cobertura vegetal en las áreas que lo requieran.
- Incorporar a los propietarios de los predios localizados en las zonas que requieran de intervención.
- Incorporar aspectos preventivos, operativos y de restauración en los presupuestos de entidades públicas como el IDRD y EAAB-ESP, como mecanismo de apoyo a la gestión del riesgo por incendios forestales.

3. ASPECTOS GENERALES DE UNA ZONIFICACIÓN

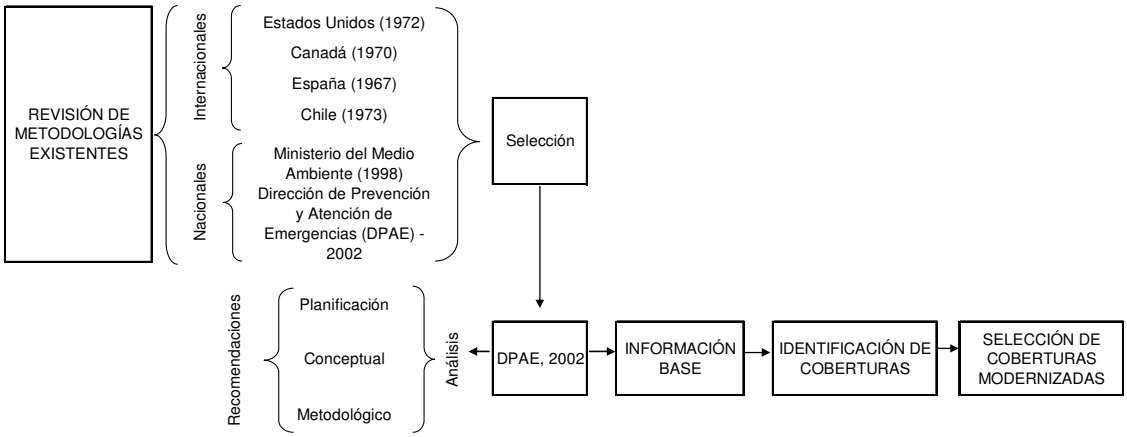
A nivel mundial, las “zonificaciones de riesgo” son conocidas como los “índices meteorológicos de peligro”, los cuales son “números que reflejan anticipadamente la posibilidad de que se produzca un incendio, así como la facilidad de que se propague, de acuerdo con las características de la vegetación”.

Para realizar una zonificación, se pueden utilizar modelos ráster y vectorial. En el ráster, los objetos están representados por unidades homogéneas de información espacial llamadas celdas y se localizan referenciándolas en filas y columnas; en él, las celdas son de igual forma y tamaño que se puede designar como objeto central de la planificación. En el modelo vectorial, la abstracción de la realidad se hace por medio de puntos y líneas y en el que las áreas o superficies se describen por el conjunto de líneas de fronteras que las circunscriben. Aunque son más precisas que los modelos ráster, tienen el inconveniente de generar áreas muy pequeñas que resultan de poca utilidad en el proceso de planificación.

CRITERIOS Y MODELO PARA EL ANÁLISIS

Para determinar cual metodología de zonificación de riesgo por incendio forestal, resulta más viable aplicar en el Distrito Capital, se utilizará el modelo que se plantea en el Cuadro No. 1.

Cuadro No. 1 Modelo empleado para la revisión de la metodología de riesgo por incendio forestal en los Cerros Orientales de Bogotá D.C., propuesta por DPAE en el 2002



En el cuadro No. 1, se observa que este proceso parte de la revisión de metodologías existentes a nivel internacional y nacional. Luego del análisis de cada una ella se determinó que la mejor alternativa es hacer la revisión de la metodología elaborada en el 2002 por la DPAE (metodología seleccionada), debido a que esta incorpora los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo que se emplean en la actualidad, así como por otras características que se mencionaran a lo largo del documento. Posteriormente se identifican las variables empleadas en dicha metodología y se procede a hacer la identificación, consulta y consecución de las coberturas relacionadas con dichas variables, para finalmente seleccionar las coberturas modernizadas disponibles y que requieren de actualización en la zonificación de riesgo por incendio forestal.

1. REVISIÓN DE METODOLOGÍAS EXISTENTES

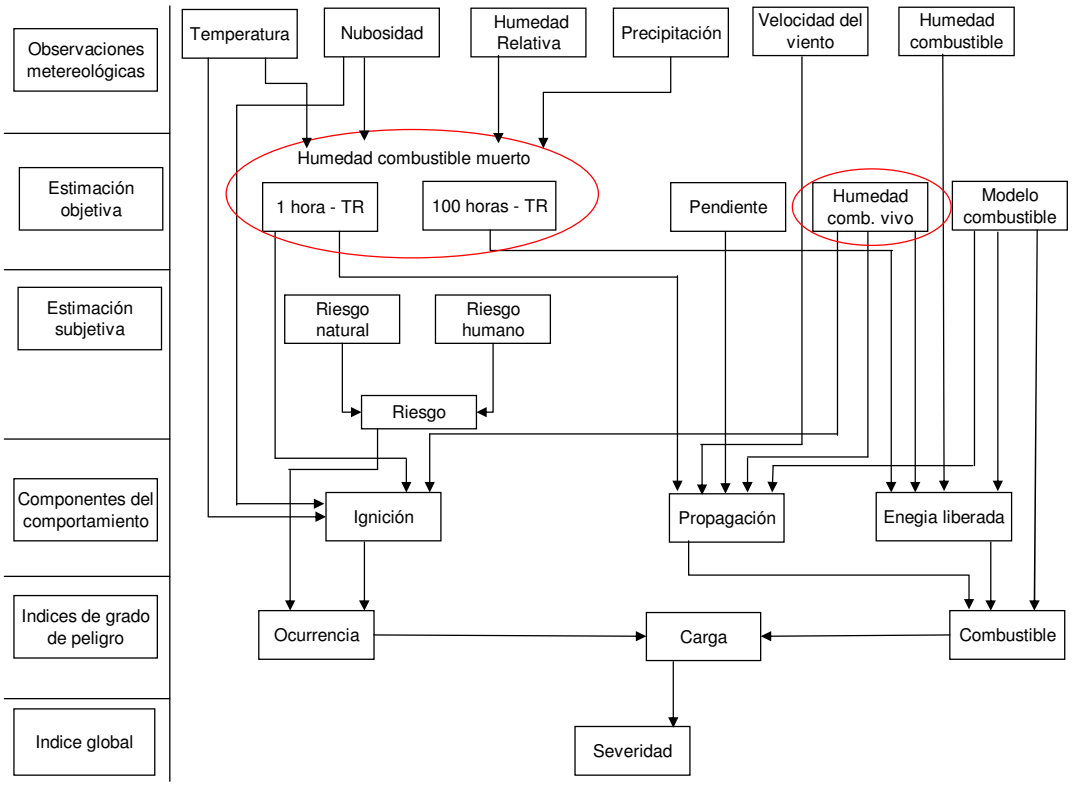
Los sistemas de determinación de los índices de peligro se basan fundamentalmente en los factores meteorológicos, a los cuales se les asigna mayor o menor importancia, dependiendo el país. A continuación se hace el análisis de varias de ellas.

1.1 INTERNACIONALES

1.1.1 Estados Unidos (NFDR – National Fire Danger Rating)

Su estudio inició en Montana hacia 1930 y se fue perfeccionando hasta llegar a un resultado final en 1972, el cual se muestra en el Gráfico No. 1.

Gráfico No. 1 Metodología de Estados Unidos – Índice NFDR (1972)



Para determinar la humedad del combustible muerto (madera y hojarasca) y del combustible vivo (hierbas, arbustos y árboles), que constituyen el material disponible para la generación y propagación de los incendios forestales, se debe partir por la identificación individual (conocida como florística) de cada una de las especies que conforman las diferentes unidades de cobertura vegetal (conocida como fisionómica). La madera de cada especie varía una con otra, pero en general contiene agua bajo tres formas:

- Agua libre: se encuentra llenando las cavidades celulares.
- Agua higroscópica: se halla contenida en las paredes celulares.
- Agua de constitución: se encuentra formando parte integrante de la estructura molecular.

Cuando se expone la madera al medio ambiente, empieza a perder agua iniciándose el proceso de secado. En el transcurso del secado se pierde primero el agua libre y después el agua higroscópica, el agua de constitución sólo se pierde por combustión de la madera
En función de la cantidad de agua que contenga la madera, pueden presentarse los siguientes estados:

- Verde: cuando ha perdido parte del agua libre.
- Seca: cuando ha perdido la totalidad del agua libre y parte del agua higroscópica.
- Anhídra: cuando ha perdido toda el agua libre y toda el agua higroscópica.

El contenido de humedad (CH) es el porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la madera anhídra.

Las variaciones en el CH producen cambios dimensionales en la madera, debidos principalmente a la pérdida o ganancia del agua higroscópica en la pared celular. El agua libre de las cavidades celulares no tiene ninguna influencia en la variación de las dimensiones.

A menor contenido de humedad más fácilmente se inicia la combustión y más fácilmente se propaga el fuego, debido a la conductividad térmica y al poder calorífico.

Expansión y conductividad térmica: Es la medida de la cantidad de calor que fluye de un material sometido a un gradiente de temperatura, expresado en Kcal / hora - m - ºC. La madera es considerado un material aislante debido a la gran cantidad de poros (se llama así a la sección transversal de un vaso o de una traqueida vascular) que posee (0.12). Otros materiales tienen valores de 1.15 (el concreto) y 350 (cobre).

Poder calorífico (PC): Es la cantidad de calor (en calorías) que es liberado por 1kg de combustible. Depende de la cantidad de oxígeno que compone la madera; las ricas en celulosa generalmente tienen bajo PC. Una vez está en combustión, la madera no libera azufre y si poca ceniza (0.2 al 0.6%), las cual está contenida, en su mayoría en la albura. En el durámen de las coníferas se encuentra abundante cantidad de aceites y resinas, lo cual hace que se eleve su PC.

- Celulosa: PC = 4350 kcal/kg.
- Lignina: PC = 6100 kcal/kg.
- Resina: PC = 8500 kcal/kg.

Una vez determinada la composición florística, se debe proceder a la caracterización de las variables que regulan el contenido de humedad, tales como:

Estado y peso

Los combustibles por su estado se dividen en vivos y muertos.

Por su peso, se dividen en ligeros (ramillas, hierbas, hojarasca), medianos (ramas) y pesados (ramas gruesas y troncos). Las denominadas ramillas, ramas, ramas gruesas y troncos constituyen la parte leñosa del árbol en estado seco y son la mayor cantidad de combustible disponible en un incendio forestal. Desde el punto de vista anatómico, la parte maderable del árbol tiene tres funciones básicas que son las siguientes: conducción de agua, almacenamiento de sustancias de reserva y resistencia mecánica. Para cumplir con estas funciones en la madera se distinguen tres tipos de tejidos: Tejido vascular (de conducción), tejido parenquimático (de almacenamiento) y tejido fibroso (de resistencia).

Los combustibles ligeros arden más fácilmente que los pesados, y en los primeros el fuego se propaga más rápidamente que en los segundos, pero en estos últimos la intensidad del incendio será mayor, pues tienen mayor biomasa para la combustión.

Compactación

Es el grado de separación de las células vegetales. Estas células son de forma redondeada, por lo que se forman espacios vacíos entre una y otra células, conocidos como poros. A medida que los combustibles están más compactados (menor cantidad de poros), el aire circula con menos libertad entre ellos, lo que merma la cantidad de oxígeno y el contenido de humedad, dificultando su combustión.

Tamaño

Conforme el 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 (350º C, aproximadamente, en varias maderas; según Chandler 1983).

Densidad y peso específico

La relación que existe entre la masa y el volumen de un cuerpo se llama densidad. Por costumbre, cuando se usa el sistema métrico se toma la masa como el peso del cuerpo. El peso de la madera es la suma del peso de la parte sólida más el peso del agua. A partir de contenidos de humedad iguales, las maderas densas, tardan mas 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, a lo que también contribuye su resina.

Por lo anterior, se observa que en las actuales condiciones de información, en el Distrito Capital no es posible la caracterización de la variable contenido de humedad. Adicionalmente, el modelo NFDR no incluye los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, por lo que se concluye que no se puede emplear la metodología NFDR.

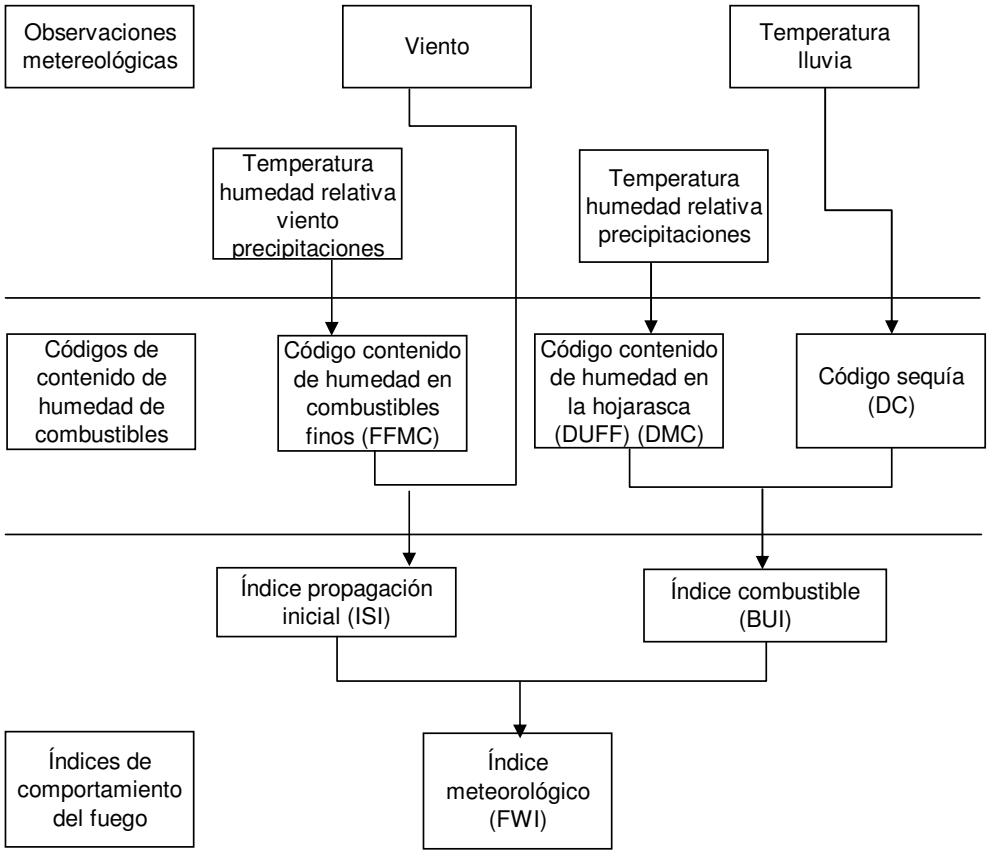
1.1.2 Canada (FWI - Fire Weather Index)

Según Vélez (2000), “los estudios fueron iniciados en 1929 en la provincia de Ontario, calculándose ya hacia 1939 en tres provincias y en los Parques Nacionales de la región occidental del país. Las investigaciones continuaron en los años siguientes, llegándose en 1970 al sistema actual, que tiene un carácter prácticamente nacional”.

El modelo FWI se basa en el estado de la vegetación en el que la inflamabilidad depende de factores meteorológicos, tal como se ilustra en el gráfico No. 2.

Tal y como sucede con el modelo estadounidense (NFDR), la metodología de Canadá (FWI) emplea el concepto de contenido de humedad del combustible, el cual según lo mostrado en el numeral anterior, no puede establecerse en el Distrito Capital, debido a la falta de información.

Gráfico No. 2 Metodología de Canadá – Índice FWI (1970)



1.1.3 España

Para el caso Español (1967), Vélez señala:

"El estado de las plantas depende de dos factores, intrínsecos y extrínsecos. Los primeros son principalmente:

- Composición de la materia vegetal, que la hace combustible en sí.
- Especie vegetal, que modifica su inflamabilidad haciéndola más o menos alta.
- Estado silvícola de la masa forestal, que determina las dimensiones y la cantidad de combustible existente.

Los factores extrínsecos se pueden reducir a dos grupos:

- Relieve del terreno, que influye sobre todo en la propagación del fuego y que es también de carácter permanente.
- Factores meteorológicos, que alteran la inflamabilidad de la materia vegetal al modificar su contenido de humedad y que facilitan la propagación del fuego por medio del viento.

Como ya lo citó Torres (2002), los mapas de cobertura vegetal existentes en Bogotá D.C. son de tipo fisionómico, es decir se identifica la vegetación por la forma como la ve el

observador, pero en ningún caso, determina la composición florística de las mismas. Así, no es posible identificar la especie que requiere el modelo Español.

1.1.4 Chile – Prioridades de Protección

Es un método propuesto en 1973, que busca evaluar la distribución espacial de los problemas ocasionados por los incendios forestales. Para ello se proporcionan los mecanismos necesarios para clasificar los diferentes sectores de la zona bajo protección, de acuerdo al grado de interés que exista para la ejecución de operaciones de Manejo del Fuego. Es un procedimiento flexible, puesto que tanto las variables como su peso dentro del análisis pueden ser acomodado de acuerdo con las características de la ocurrencia, así como también de acuerdo con los intereses que orientan a la organización de protección, tal y como se muestra en el Gráfico No. 3.

Aunque no incluye los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, es una metodología que podría utilizarse en Bogotá D.C., debido a que es muy fácil de entender y la mayoría de sus variables ya fueron empleadas en la zonificación DPAE 2002. Sin embargo, para su implementación, debe emplearse software como el "Spans", que permite asignar valores a las variables, así como la asignación de pesos o valores, ya que otros como el Arc –View y Arc – Gis, requieren de la unión de sólo dos variables (dicotómico), en las que a ambas se les asigna el mismo valor, tal y como se hizo en la Zonificación de Riesgo para los Cerros Orientales de Bogotá D.C..

Gráfico No. 3 Metodología de Chile (1973)

Variables Generales	PN	Variables Específicas	PN
RIESGO	40	Ocurrencia Histórica	20
		Cercanía a Caminos	10
		Cercanía a Centros Poblados	10
PELIGRO	25	Resistencia al Control	5
		Comportamiento. del Fuego	10
		Clima	5
		Topografía	5
DAÑO POTENCIAL	35	Valores Comerciales	10
		Valores Ambientales	10
		Impacto Social	15

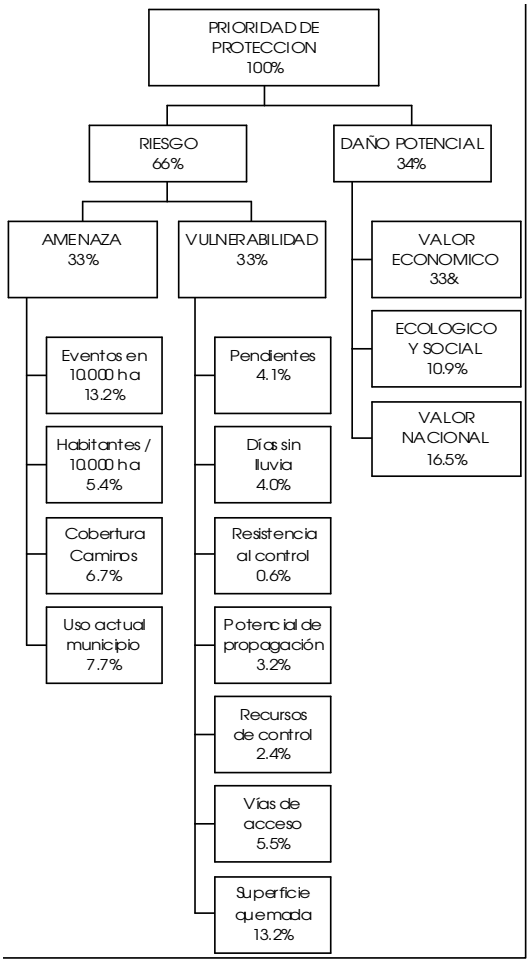
1.2 NACIONALES

1.2.1 Ministerio del Medio Ambiente – Prioridades de Protección

En 1998 el ahora Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), propuso una metodología de tipo exploratorio, a escala 1:100.000, la cual se muestra en el gráfico No. 4. Para determinar los factores de amenaza y vulnerabilidad y por ser tan general y de aplicación nacional, tomó la cuenca hidrográfica como unidad de base, mientras que para el caso Bogotano, se tomó la cobertura vegetal. Esto trae como consecuencia que para el caso nacional se determine que la pendiente es una propensión intrínseca de la cuenca y por ende, estipule su vulnerabilidad, mientras que para Torres, la pendiente es un factor que aumenta la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno (amenaza).

Por lo anterior, se concluye que los estudios aplicados al distrito tienen un mayor nivel de análisis y por consiguiente, no resulta adecuado abordar estudios con un menor nivel de precisión.

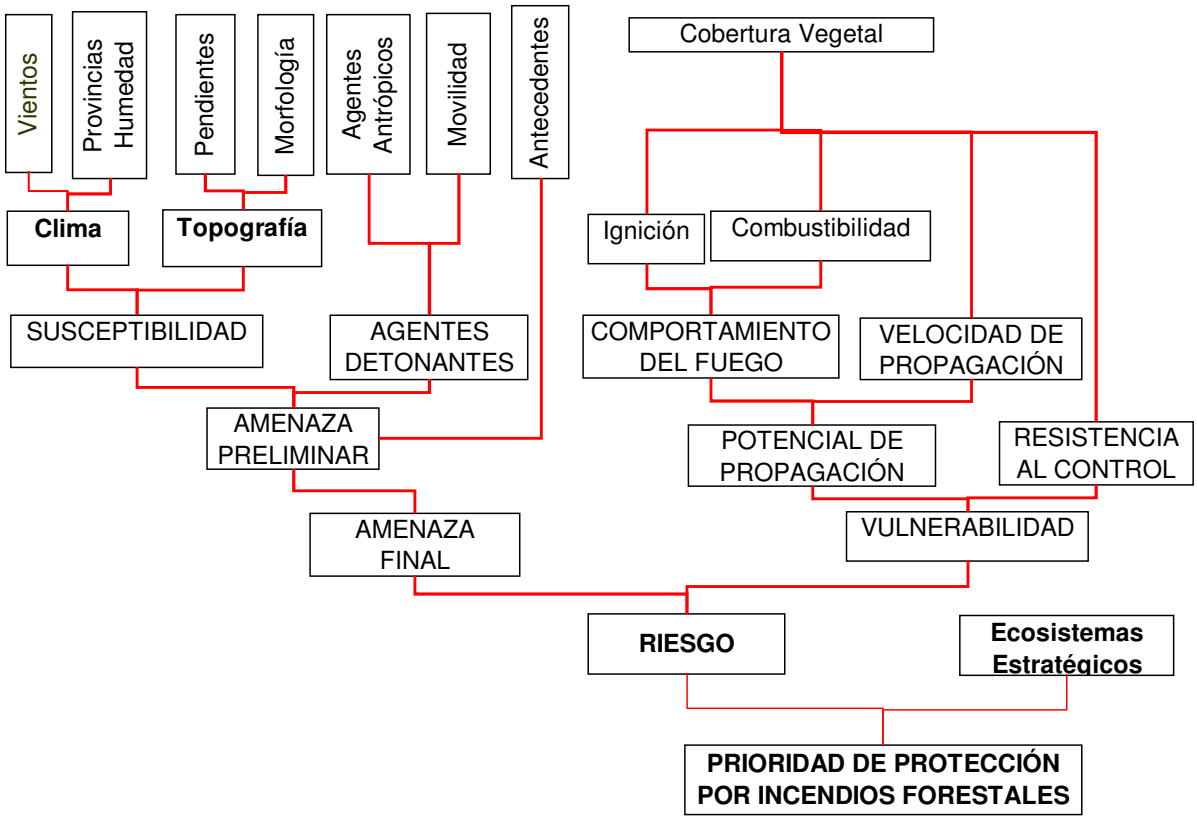
Gráfico No. 4 Metodología de Colombia – Ministerio de Ambiente (1998)



1.2.2 Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE)

Luego de revisar los documentos que sobre información biofísica e incendios forestales en Bogotá D.C., existía en el orden internacional, nacional y local, en el 2002 la DPAE formuló una metodología a utilizar, adaptada a las condiciones del Distrito Capital. De esta forma se planteó un método de tipo Semi – Cuantitativo, mediante la técnica de evaluación de expertos, identificando los factores que favorecen los incendios forestales, entre los que se encuentran la superficie del suelo (pendiente y morfología), las condiciones climáticas extremas (temperatura, precipitación y viento), los aspectos socioculturales (uso de la tierra, red vial, concentración de la población y turismo) y las características silviculturales de la vegetación (estado, peso, altura y continuidad horizontal entre otras) que regulan el comportamiento de las plantas como combustible. El modelo se calibró con el mapa de ocurrencia histórica de conatos e incendios forestales en Bogotá, que comprendía 95 eventos presentados durante 1995 a 2001. En el Gráfico No. 5, se muestra la metodología empleada en el estudio, objeto de revisión para actualización.

Gráfico No. 5 Metodología para la Zonificación de Riesgo por Incendio Forestal en Bogotá D.C. (2002)



De acuerdo con las zonas de riesgo, se diseñaron las medidas preventivas y operativas frente a incendios forestales, que propendan por la solución de la problemática en el Distrito y por la conservación de los espacios naturales, encaminadas a la reducción del riesgo, la prevención, la mitigación, los preparativos para emergencia, la alerta, la respuesta y la restauración de áreas incendiadas.

El modelo DPAE 2002 es muy claro, con el concepto de riesgo orientado hacia la pérdida de la cobertura vegetal y los servicios ambientales que ésta presta. Como ventaja tiene que es de nivel detallado a semidetallado y que utiliza variables con información disponible en el Distrito Capital, por lo que se concluye que debe ser la metodología ha aplicar. Es de señalar que hoy día y como resultado del desarrollo del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C. (POT), diversas entidades distritales cuentan con información más detallada de factores acá empleados, por lo que se requiere de actualizar la Zonificación, a fin de hacer más eficiente la gestión del riesgo por incendio forestal en Bogotá D.C.

2. SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA

A continuación se señalan las conclusiones del proceso de revisión de los distintos modelos:

- Las metodologías detalladas toman como unidad de análisis la cobertura vegetal (Canadá, Estados Unidos, Chile y DPAE), excepto el ahora Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) que emplea la cuenca hidrográfica.
- No hay una limitación de escala, sino que ésta debe obedecer al nivel de detalle de los mapas temáticos involucrados. Para Bogotá D.C., algunos son 1:25.000 y otros 1:10.000, por lo que se debe trabajar en 1:25.000.
- Las variables clima, topografía y cobertura vegetal están involucradas en todas las metodologías.
- El modelo de Estados Unidos y Canadá no se puede aplicar en Colombia pues posee la variable Humedad del Combustible, para la cual aún no existen los datos.
- No se puede aplicar el modelo Español porque no se tiene identificada la cobertura vegetal por composición florística.
- Chile y Colombia incluyen la variable de ocurrencia histórica dentro del análisis, mientras que Estados Unidos y DPAE la emplean para calibrar el modelo. Se aconseja que sea de la segunda forma pues la variable debe servir como parámetro de verificación de los pesos asignados a las unidades de cada variable.
- Por ser modelos de años atrás (Chile, Estados Unidos y Canadá), la mayoría no incorporó los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo promovidos por UNESCO y UNDRO en la década de los noventa.
- Se aconseja actualizar la metodología DPAE 2002, en términos de emplear coberturas más recientes y de ajuste de la calificación de cada unidad de cobertura. Para ello, se hará un análisis específico del modelo en el siguiente numeral.

3. METODOLOGÍA DPAE 2002

Luego de revisar la metodología planteada para la “Zonificación de Riesgo por Incendio Forestal y Diseño de las Medidas Preventivas y Operativas para los Cerros Orientales de Bogotá D.C.”, se encuentran las siguientes observaciones:

3.1 ANÁLISIS

A continuación se hace un análisis de la zonificación, en los siguientes términos:

3.1.1 De planificación

El tema de incendios forestales no quedó incluido de manera directa en el Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá – POT (Decreto 619 de 2000), ni en la actualización del mismo (Decreto 190 de 2004) como una de las amenazas en la zona rural de Bogotá D.C.. Por ello, la zonificación de riesgo se convierte en el documento técnico de soporte para la inclusión del tema en el POT y dar cumplimiento a los numerales 3 y 4 del artículo 1 de la Ley 388/97, en cuanto a "Garantizar que la utilización del suelo por parte de sus propietarios se ajuste a la función social de la propiedad y permita hacer efectivos los derechos constitucionales a la vivienda y a los servicios públicos domiciliarios, y velar por la creación y la defensa del espacio público, así como por la protección del medio ambiente y la prevención de desastres" y el "Promover la armoniosa concurrencia de la Nación, las entidades territoriales, las autoridades ambientales y las instancias y autoridades administrativas y de planificación, en el cumplimiento de las obligaciones constitucionales y legales que prescriben al Estado el ordenamiento del territorio, para lograr el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes"[1].

Así, la zonificación de riesgo por incendio forestal debe ser el instrumento eficiente que oriente el desarrollo del territorio y regule la utilización, transformación y ocupación del espacio, de acuerdo con las estrategias de desarrollo socioeconómico y en armonía con el medio ambiente y las tradiciones históricas y culturales de los Bogotanos.

De conformidad con el artículo 6 de la Ley 388/97, la zonificación es el mecanismo de planificación con la dimensión territorial, de racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible, mediante:

- La definición de las estrategias territoriales de uso, ocupación y manejo del suelo, en función de los objetivos económicos, sociales, urbanísticos y ambientales, tales como la intervención de la cobertura vegetal como mecanismo de mitigación de incendios forestales.
- El diseño y adopción de los instrumentos y procedimientos de gestión y actuación que permitan ejecutar actuaciones urbanas integrales y articular las actuaciones sectoriales que afectan la estructura del territorio municipal o distrital, como el involucrar a los propietarios de predios privados, para modificar la estructura y composición de las coberturas vegetales existentes en sus terrenos.
- La definición de los programas y proyectos que concretan estos propósitos, como la sustitución de plantaciones forestales de especies exóticas.

En conversaciones personales con Carlos Edgar Torres Becerra, Ingeniero Forestal encargado de la elaboración de la Zonificación, se determinó que hasta finales del año 2007, se tenía lo siguiente:

- En 1999, existían múltiples estudios elaborados por Planeación Distrital, el Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente (DAMA) y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP), en los que se identificaba que los incendios forestales eran un problema en la ciudad, pero no se incluían programas para su manejo.
- En el momento de elaborar los estudios técnicos del POT, la DPAE, en cabeza del Ingeniero Torres, hizo la gestión respectiva ante Planeación Distrital y el DAMA, para

[1] Ley 388 de 1997.

la inclusión del tema de incendios forestales, pero esto no se logró, debido a la carencia de un estudio específico de incendios forestales en Bogotá D.C..

- Debido a que en el artículo 389 del POT (Decreto 619/00), se determinó que "las actividades de las distintas entidades y los particulares dentro de los Cerros Orientales se sujetarán a la zonificación y reglamentación del Plan de Manejo que elabore la CAR para ésta área, en concertación con el MINAMBIENTE y el Distrito Capital", y considerando que los Cerros Orientales son la zona donde más se presentan incendios forestales en Bogotá D.C., la DPAE, entre 2001 y 2002 elaboró la Zonificación, para que fuera tenida en cuenta en el Plan de Manejo Ambiental allí planteado.
- En el 2003, el DAMA elaboró el Plan de Ordenamiento y Manejo de los Cerros Orientales de Bogotá (POMCO), el cual incluyó la Zonificación de Riesgo por Incendio Forestal. El POMCO fue presentado para aprobación por parte de la CAR y el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), la cual no se logró, debido a problemas de carácter legal.
- En el 2004, en la actualización del POT, no se efectuó ningún trámite al respecto, debido a que aún no se habían resuelto los inconvenientes legales.
- En el 2006, la Corporación Autónoma de Cundinamarca (CAR), mediante la Resolución No. 1141 adoptó el Plan de Manejo de la Zona de Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá (nombre legal de los Cerros Orientales), el cual incluye un programa general de Prevención y Atención de Desastres, en el que se incluyen los incendios forestales[2].

Por lo anterior, se observa que hoy día, el tema de incendios forestales sigue sin incluirse de manera directa en el POT de Bogotá D.C., lo cual se convierte en una tarea necesaria para el Distrito Capital, a fin de poder integrar a los propietarios privados en la intervención de la cobertura vegetal como mecanismo de mitigación de incendios forestales y de restauración ecológica de las áreas incendiadas, en términos de corresponsabilidad y de cooperación por parte de los dueños hacia el Estado, basados en el artículo 2 de la Ley 388/97, que establece que "el ordenamiento del territorio se fundamenta en los principios de función social y ecológica de la propiedad, la prevalencia del interés general sobre el particular y la distribución equitativa de las cargas y los beneficios". Lo anterior, teniendo en cuenta que los incendios forestales afectan la integridad de los ecosistemas, generando emisiones de gases y material particulado que afecta la integridad de los habitantes de Bogotá D.C..

3.1.2 Conceptual

A continuación, se señalan las observaciones encontradas:

3.1.2.1 Riesgo

Según las definiciones empleadas por Torres, el "riesgo son los daños o pérdidas estimados, de orden físico, social, económico o ambiental, representados por las

[2] CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOGOTÁ (CAR). Plan de Manejo de la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental de Bogotá. www.car.gov.co/documentos/5_26_2006_5_27_22_PM_documento%20tecnico%20PMA.pdf, p.528.

afectaciones a las personas, las propiedades y a la infraestructura física y económica debidas a un fenómeno natural o de origen antrópico no intencional particular"[3].

Sin embargo, al analizar el contenido del documento elaborado por Torres, se observa que la definición de riesgo no se aplicó totalmente, pues el estudio toma como patrón de análisis la cobertura vegetal y por consiguiente, orienta el concepto de riesgo de otra forma, así:

- Pérdidas de orden físico, social o económico: El estudio asumió que la población asentada dentro del área de estudio es muy baja a casi nula, lo que hace que sean pocos los bienes e infraestructura allí concentrados. Tan sólo identificó algunas antenas de comunicación, pero no les otorgó ningún tipo de tratamiento.
- Pérdidas ambientales: El estudio se realizó para la cobertura vegetal, por cuanto es el principal componente natural que resulta afectado en un incendio forestal, aunque también resultan dañados el suelo, aire, agua, atmósfera, fauna y el hombre. Esto se evidencia en el documento elaborado por Torres, en cuyo numeral "7. Diseño de Medidas Preventivas y Operativas", en la página 130 se manifiesta que "7.2.4.2 Mapa de riesgo para la población: Realizar la zonificación del territorio para conocer el riesgo que los incendios forestales generan para la población"[4]. Así mismo, en la página 132 se establece "7.3.1.1.4 Actualización del mapa de riesgo para la cobertura vegetal: Realizar la actualización del Mapa de Riesgo para la Cobertura Vegetal por Incendios Forestales"[5].

Adicionalmente, en la página 132, Torres indica:

> "7.3.2 OTROS COMPONENTES NATURALES
> En los incendios forestales resultan afectados otros componentes naturales como la fauna, flora, el aire, la atmósfera, el paisaje y el agua entre otros. Sin embargo, el nivel de conocimiento que se tiene en el Distrito es casi nulo, por lo que se deben adelantar estudios tendientes a analizar sus consecuencias sobre la población. Por ejemplo, se puede efectuar el monitoreo de la calidad del aire en los sitios con buena cobertura vegetal, con el fin de poder compararlos después de que se presente un incendio forestal y así determinar los niveles de emisiones a la atmósfera durante este tipo de eventos"[6]

De lo anterior y a manera de ampliación de la información, se hace el análisis de riesgos para el concepto "emisión de humo", así: El humo genera afectación sobre el aire y el hombre, pero no sobre la flora (o por lo menos a nivel mundial no se ha reportado información de este tipo), por lo que dicha variable no se incluyó en el ejercicio de la zonificación, pues el estudio se hizo de manera específica para la cobertura vegetal; pero para la estimación de riesgos en el aire y en la población sí deben ser incluidos, tal como lo recomendara previamente el autor.

---

[3] TORRES BECERRA, Carlos Edgar. Zonificación de Riesgo por Incendio Forestal y Diseño de las Medidas Preventiva y Operativas para los Cerros Orientales de Bogotá D.C.. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE), 2002, p.26.
[4] Ibid., p. 130.
[5] Ibid., p. 132.
[6] Ibid., p. 132.

Por último, se puede concluir que la definición del riesgo empleada en el estudio es la de "los daños o pérdidas de vegetación y los servicios ambientales que esta genera, debido a la ocurrencia de incendios forestales en Bogotá D.C.".

3.1.2.2 Amenaza

Según las definiciones empleadas por Torres, la amenaza es la "probabilidad de ocurrencia de un fenómeno de origen natural o antrópico no intencional, con una cierta intensidad y potencialmente nocivo para las personas, los bienes, infraestructura y/o el medio ambiente, dentro de un período específico de tiempo y en un área delimitada geográficamente"[7]. Más adelante, en la página 100, menciona que "resulta de la calibración del modelo teórico (Amenaza Preliminar) con el modelo real (Antecedentes)".

Así mismo, en la página 24, establece que la amenaza preliminar son las "estimaciones de la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente dañino, utilizando evaluaciones subjetivas, cualitativas o semicuantitativas, o sea que no se obtiene un valor matemático específico sino intervalos tales como "alta", "media" y "baja"", y luego, en la página 97 determina que corresponde a "la zona más susceptible de presentar incendios forestales, ya que el clima es seco, con presencia de vientos, la forma y pendiente del terreno es abrupta y hay una alta densidad de población y de caminos para acceder hasta las zonas con cobertura vegetal de los Cerros Orientales de Bogotá D.C.".

Por otro lado, al razonar sobre el contenido del documento elaborado por Torres, se observa que el concepto de amenaza no se aplicó totalmente, bajo las siguientes consideraciones:

- Probabilidad: no establece una razón entre el número de casos favorables y el número de casos posibles, sino que hace el análisis como posibilidad, es decir, en términos de que "se puede presentar o que puede suceder".
- Intensidad: no determinó el grado de fuerza con el que se puede manifiestar un incendio forestal en los polígonos de análisis.
- Potencialmente nocivo: no lo especifica, pero en todo el documento es claro que el incendio forestal puede suceder y ser dañoso o perjudicial.
- Para las personas, los bienes, infraestructura y/o el medio ambiente: como se mencionó en el análisis de la definición de riesgo (numeral 3.1.2.1 del presente informe), el estudio asumió que hay muy poca población asentada dentro del área de estudio, que hay pocos bienes e infraestructura allí concentrados, y que identificó la cobertura vegetal como principal componente natural que resulta afectado en un incendio forestal, aunque también resultan dañados el suelo, aire, agua, atmósfera, fauna y el hombre.
- Período de tiempo: no especifica el espacio de tiempo en el que se podría presentar el incendio forestal.
- Área delimitada geográficamente: en primera instancia, corresponde a cada uno de los polígonos de análisis, mientras que en la segunda, son los Cerros Orientales de Bogotá D.C., como unidad de análisis.

Finalmente, se puede concluir que la definición de amenaza empleada en el estudio es el de la "posibilidad de ocurrencia de un incendio forestal potencialmente nocivo para la cobertura vegetal y los servicios ambientales que esta genera, en un área específica".

[7] Ibid., p. 24.

3.1.2.3 Vulnerabilidad

Según las definiciones empleadas por Torres, en la página 26 establece que la vulnerabilidad es “el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo resultado de la probable ocurrencia de un evento desastroso”.

Al estudiar el contenido del documento elaborado por Torres, se observa que el enunciado de vulnerabilidad no se aplicó totalmente, aunque con respecto a las definiciones de riesgo y amenaza, es el término más desarrollado, pues establece una posibilidad de que la cobertura vegetal sufra pérdidas por el fuego.

Aunque en la página 104 del estudio se menciona que la vulnerabilidad de la cobertura vegetal está dada por las características silviculturales de la vegetación y estás se describen en la página 145 (Anexo B), no se observa cual fue el análisis efectuado a los parámetros Estado y peso, Presencia de sustancias inflamables, Compactación, Contenido de humedad, Poder calorífico, Tamaño, Densidad y peso específico, Continuidad horizontal, Continuidad vertical y Altura, para la calificación de las variables Ignición, Combustibilidad, Velocidad de Propagación y Resistencia al Control. Así mismo, el estudio no determina si los valores utilizados corresponden a datos tomados en campo o si son valores de referencia; es de señalar que en la página 25 se menciona que como “Técnicas de Zonificación de amenazas” se empleó la “Evaluación de Expertos, que utiliza el conocimiento de un experto sobre un sitio específico a través de fotointerpretación y trabajo de campo”, por lo que se concluye que la calificación asignada corresponde a la experiencia del autor.

Adicionalmente, en el Anexo A se muestra un cuadro sinóptico sobre los factores que favorecen la inflamabilidad y la combustibilidad y su incidencia en un incendio forestal, en el que se aprecia el complejo desarrollo conceptual y científico que debe darse para lograr expresar la diferencia de los grados de vulnerabilidad de la cobertura vegetal ante el fuego.

Para comprobar el grado de conocimiento del autor sobre las variables de Ignición, Combustibilidad, Velocidad de Propagación y Resistencia al Control, se recomienda efectuar el cruce de los mapas de vulnerabilidad y de antecedentes, y verificar si los eventos se presentaron en zonas calificadas como de “media, alta y muy alta”, pues de hecho, una de las razones para que el fuego se propague, es la mayor predisposición de la vegetación (en acción con la dirección y velocidad del viento y la pendiente), tales como Estado seco, Peso liviano, Con Presencia de sustancias inflamables, Baja Compactación o Porosidad, Bajo Contenido de humedad, Alto Poder calorífico, Poco Tamaño, Baja Densidad, Bajo Peso específico, Alta Continuidad horizontal, Alta Continuidad vertical y Gran Altura.

En conclusión, la definición de vulnerabilidad empleada en el estudio es el de la “el grado de pérdida de de la cobertura vegetal y de los servicios ambientales que esta genera, debido a la posible ocurrencia de un incendio forestal”.

3.1.2.4 Del Método Semi – Cuantitativo empleado

En la zonificación se menciona que para hacer el análisis de amenaza se empleó el método semicuantitativo pero no desarrolló el concepto. Una vez revisado el documento

se observó que se identificó el peligro basados en el comportamiento físico del incendio forestal, mediante la determinación de la posibilidad de ocurrencia y propagación del fuego según la topografía y el clima, y la información de los eventos ocurridos en el pasado en Bogotá D.C., aunque no determina el tiempo de exposición al fuego.

Par calibrar el modelo, se empleó la variable Antecedentes, la cual tiene muy pocos registros relacionados con el fuego, pues de un total de 95 eventos, 59 corresponden a incendios forestales, pero de ellos, de tan sólo 23 eventos se sabe la magnitud (es decir del 39% únicamente).

Por lo anterior, nuevamente se reitera la necesidad de efectuar la actualización de la zonificación. En ella, se debe hacer un análisis de los datos de ocurrencia histórica, en el que se verifique que el tiempo de exposición está dentro de una curva normal y los valores máximos de afectación corresponden a valores situados por fuera de ella. De este modo, el valor del pixel de 0.00390625 ha (ver siguiente numeral) resultaría conveniente, pues circunscribe los eventos normales que se presentan en Bogotá D.C..

3.1.3 Metodológico

La zonificación empleo un modelo vectorial en el que la abstracción de la realidad se hace por medio de puntos y líneas y en el que las áreas o superficies se describen por el conjunto de líneas de fronteras que las circunscriben. Aunque son más precisas que los modelos ráster, tienen el inconveniente de generar áreas muy pequeñas que resultan de poca utilidad en el proceso de planificación.

De manera consecuente con lo anterior y para reiterar la recomendación de utilizar un modelo ráster, los sistemas de precisión de modelos cartográficos determinan que para calcular el tamaño de la celda se emplee la siguiente fórmula:

T = (¼) (mm de papel) 1 donde T es el lado de la celda

Para el caso de la cartografía 1:25.000 que se tiene en el Distrito, entonces:
1 mm de papel ↔ 25.000 mm de terreno
ó
1 mm de papel ↔ 25 m de terreno 2
Al aplicar 2 en 1 se tiene:

T = (¼) (25 m terreno)
T = 6.25 m de terreno

Entonces, la celda será de 6.25 m x 6.25 m, que corresponden a 39.0625 m^2

Con lo anterior, se puede señalar que si los resultados se plasmarán en escala 1:25.000, una unidad de análisis visual del tomador de decisiones de un (1) pixel de 1 mm^2 equivaldría a 39.0625 m^2, es decir a 0.00390625 ha de terreno.

Por ello, se aconseja que se actualice la zonificación bajo un modelo ráster, tal como se hace en los modelos de Estados Unidos, Canadá, España, Chile y Colombia, en el que se adopte dicho valor como tamaño de la celda.

Es de señalar que el empleo de un modelo raster no afecta el desarrollo cartográfico de la entidad, por cuanto los mapas de riesgo por incendio forestal siempre se visualizan solos o con las variables de ocurrencia histórica, vegetación y predial. Para los dos primeros no hay limitante pues son parte del modelo, es decir que ya se les aplicó la celda, mientras que para los propietarios, el pixel sobredimensiona la superficie del terreno, permitiendo mejores márgenes de movimiento para la toma de decisiones.

3.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda actualizar la zonificación aplicada a la zona rural del Distrito Capital que comprende las localidades de Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme y Ciudad Bolívar. Lo anterior teniendo en cuenta que la Secretaria Distrital de Ambiente elaboró el Atlas Ambiental de Bogotá, el cual contiene la mayoría de los parámetros de amenaza contemplados en la zonificación. No se sugiere involucrar la Localidad de Sumapaz pues en dichos archivos no se cuenta con el mapa de Antecedentes, que corresponde a los registros históricos de ocurrencia de conatos e incendios forestales, por lo que no se podría calibrar el modelo propuesto para la nueva zona de cubrimiento.

Así mismo se recomienda efectuar la zonificación en un modelo ráster, en el cual los objetos están representados por unidades homogéneas de información espacial llamadas celdas y se localizan referenciándolas en filas y columnas. En el método, las celdas son de igual forma y tamaño y posteriormente se pueden designar como objeto central de la planificación de la reducción del riesgo por incendio forestal en Bogotá D.C.. Se sugiere un tamaño de celda de 0.00390625 ha (6.25 metros x 6.25 metros).

A fin de mejorar la gestión y de avanzar en el empleo de instrumentos de planificación la zonificación debe ser complementada con análisis espaciales (recursos para el control), análisis integrados (relación de la ocurrencia histórica de incendios forestales con el clima) y modelado cartográfico (aplicaciones que permiten integrar capas para predecir la ocurrencia de incendios forestales, pronosticar la propagación del fuego y la evaluación de los daños causados por el incendio).

4. INFORMACIÓN BASE

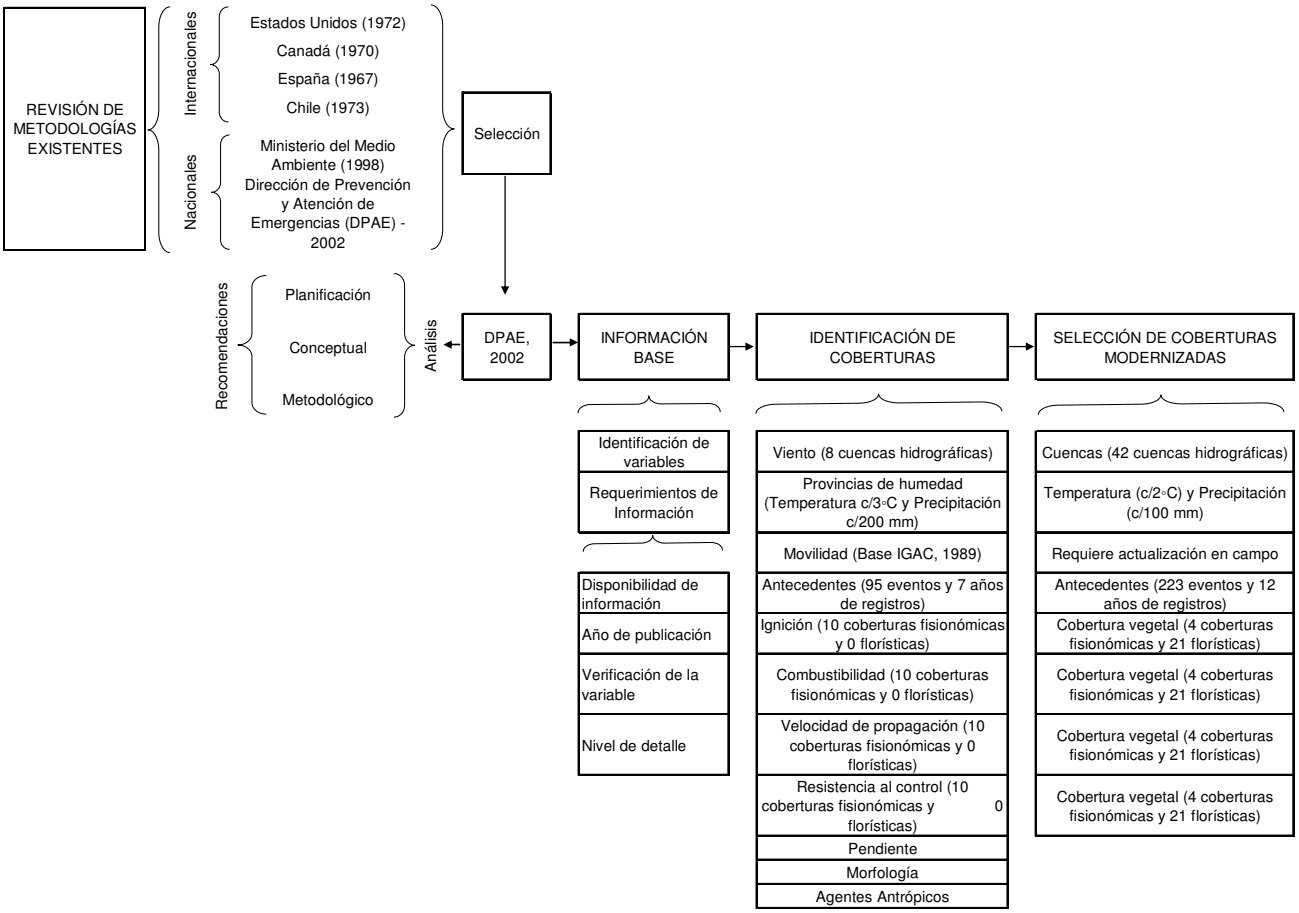
En el cuadro No. 2, se muestra el proceso seguido para la actualización de la zonificación de riesgo por incendio forestal en los Cerros Orientales de Bogotá D.C., empleada por DPAE en el 2002. Comprende:

4.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

Las variables empleadas en la Zonificación y su interpretación para incendios forestales fueron:

- Viento: espacios asociados a cuencas hidrográficas, donde el aire se desplaza a mayor velocidad y en sentido paralelo a los cerros, favoreciendo la propagación del fuego.
- Provincias de Humedad: sitios en que la temperatura es elevada (más caliente) y la precipitación es mínima (llueve poco), haciendo que se presenten ambientes más cálidos que ayudan a disminuir el contenido de humedad de la vegetación, favoreciendo la transferencia del calor.

Cuadro No. 2 Identificación y selección de coberturas modernizadas por diferentes entidades del Distrito, que requieren de actualización en la metodología de zonificación de riesgo por incendio forestal en los Cerros Orientales de Bogotá D.C., empleada por DPAE en el 2002



- Pendiente: lugares en que la inclinación del terreno es elevada, lo que facilita la propagación del fuego.
- Morfología: territorios en que la geoforma es más pronunciada, lo que ayuda a una rápida propagación del fuego.
- Agentes antrópicos: zonas en que hay mayor cantidad de población que puede generar un evento.
- Accesos: parajes (zonas) donde hay una mayor cantidad de vías y caminos por donde puede llegar la población hasta los lugares con vegetación y generar fuego.
- Antecedentes: sitios con ocurrencia histórica de conatos e incendios forestales durante 1995 – 2001.
- Ignición: es la facilidad con la que se enciende el fuego sobre un material (Anderson, 1970). Los combustibles vegetales caracterizados por ser ligeros, secos, pequeños, poco compactos, poco densos y con bajo contenido de humedad son de muy fácil ignición, una vez se les ha puesto el fuego.
- Combustibilidad: es la facilidad a la que arde un vegetal, desprendiendo la energía suficiente para consumirse y provocar la inflamación de la vegetación vecina (Valette, 1977). Los combustibles vegetales caracterizados por ser pesados, secos, altos, grandes, compactos, densos, con bajo contenido de humedad y con presencia de sustancias inflamables son de muy fácil combustión.

- Velocidad de propagación: es la tasa de incremento del área afectada por el incendio, de acuerdo con el combustible que se está consumiendo (MINAMBIENTE, 1998). Las coberturas vegetales caracterizadas por alta continuidad vertical, poco lignificadas, poco densas y pequeñas presentan una mayor velocidad de propagación del fuego, debido a que hay menor biomasa que entra en combustión y espacialmente ésta cubre la superficie del suelo.
- Resistencia al control: es la oposición que presenta el material vegetal a la propagación del fuego. Depende de la distribución espacial de las plantas (cantidad de individuos por unidad de superficie, altura y continuidad vertical del rodal), de la proporción entre especies leñosas y no leñosas, de la presencia de sustancias inflamables, el contenido de humedad, la densidad y el poder calorífico.

4.2 REQUERIMIENTOS DE INFORMACIÓN PARA DEFINIR CUALES COBERTURAS NECESITAN ACTUALIZARSE

Para determinar los requerimientos de información para la definición de que coberturas requieren actualizarse, se procedió de la siguiente forma:

4.2.1 Disponibilidad de información

De conformidad con el "Anexo A" de la zonificación[8], se observó que la información consultada para la elaboración del estudio provenía de diferentes fuentes, entre las que se destaca el Acueducto, la Secretaría Distrital de Ambiente y Planeación Distrital. Para ello, se procedió a hacer las consultas personales respectivas ante la Dirección de Abastecimiento de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB-ESP) y la Oficina de Ecosistemas Estratégicos y Biodiversidad de la Secretaría Distrital de Ambiente, en donde manifestaron la existencia de nuevas coberturas e informaron sobre la existencia de un nuevo mapa de Cobertura Vegetal, que fue elaborado por el Jardín Botánico José Celestino Mutis (JBB), para lo cual se hizo la respectiva consulta ante la Subdirección Científica de dicha entidad.

4.2.2 Año de publicación

Luego, se verificó el año de publicación de la nueva información, de tal forma que fuera posterior a la empleada en la zonificación.

4.2.3 Verificación de la variable

Ocasionalmente, se presenta que el título de algunos mapas no reflejan el contenido temático del mismo, por lo que se procedió a verificar que la nueva información suministrada corresponda a las unidades de cobertura relacionadas con la zonificación.

4.2.4 Nivel de detalle

Una vez comprobado que la información es consistente con el estudio, se procedió a analizar el nivel de detalle de cada uno de ellos, encontrando que aunque el mapa está a la misma escala, posee unas categorías más pormenorizadas que las empleadas en la zonificación.

[8] TORRES, p. 144.

5. IDENTIFICACIÓN DE COBERTURAS QUE REQUIEREN AJUSTE EN LA ZONIFICACIÓN

Para determinar los requerimientos de información para hacer la actualización del mapa de riesgo, se debe partir del análisis de la información base, para identificar las coberturas que requieren de reajuste. Como ya se citó en numerales anteriores, el modelo empleado en el Distrito Capital en el 2001 – 2002 requiere de arreglo según los mapas modernizados con los que se cuenta en la actualidad, más no se recomienda la inclusión de nuevas variables al modelo. Los shapes que requieren de ajuste son:

5.1 AMENAZA

Estas son:

5.1.1 Viento

El viento contribuye a la desecación del combustible y proporciona oxígeno, el cual es uno de los elementos esenciales para que haya fuego (triangulo del fuego). En la zonificación, para obtener la variable viento, se emplearon las siguientes coberturas:

- Persistencia del viento: En la página 32 se indica que "El aire tiene un comportamiento que afecta toda una cuenca" y que se mide en las estaciones de monitoreo de la calidad del aire que tiene la hoy Secretaría Distrital de Ambiente.
- Cuencas: Se procedió a hacer una división de las hoyas hidrográficas, tomando como referencia los divorcios de agua que están alrededor de un colector principal"
- Mapa resultante – Viento: Posteriormente, a cada una de las cuencas determinadas se les asignó el valor de la persistencia del viento en cuanto a dirección (respecto a los cerros) y velocidad, según los datos de la estación más cercana.

En el 2007, la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE), en Convenio con el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), elaboró la Caracterización Climática del Distrito Capital, que incorpora las variables temperatura, humedad relativa, brillo solar, radiación solar, evaporación, nubosidad, presión atmosférica, precipitación, vientos, nivel ceráunico, nieblas y neblinas. Sin embargo, aunque el estudio involucró un total de 103 estaciones climatológicas y pluviométricas, tan sólo se pudo usar los datos de 26 estaciones que presentaban una serie de registros de entre 30 y 10 años, para el caso del viento sólo se utilizaron los datos de la estación del Aeropuerto El Dorado.

Por otro lado, en el 2007, la Secretaría Distrital de Ambiente elaboró el Atlas Ambiental de Bogotá D.C., que incluye una determinación de las Cuencas hidrográficas existentes en el territorio.

5.1.2 Provincias de humedad

En la página 35 se reporta que "Se denomina provincias de humedad a la integración de la relación entre la biotemperatura y la precipitación con las diferentes regiones latitudinales y las fajas altitudinales de la tierra. La biotemperatura media anual es el promedio de las temperaturas positivas de todo el año dentro de los cuales se produce el crecimiento vegetativo (se debe considerar que las plantas a temperaturas bajo cero se

inactivan). Las latitudes son distancias existentes entre el paralelo “0” o línea ecuatoriana y cualquier punto de la tierra que se encuentre al norte o al sur. Los pisos altitudinales corresponden a franjas de la tierra que tienen relación, exclusiva con la altura a la que se encuentra, tomando en cuenta el nivel del mar”.

La temperatura influye especialmente en la humedad relativa del aire: con tiempo cálido y seco, el riesgo de incendio y la magnitud de sus efectos son máximos. Las precipitaciones, más que su cantidad, determina la aparición de los incendios y el tamaño de las superficies recorridas por el fuego.

En la actualización, la variable provincias de humedad debe desaparecer y darle paso a otras variables como temperatura, humedad relativa, brillo solar, radiación solar, evaporación, nubosidad, presión atmosférica, precipitación, vientos, nivel ceráunico, nieblas y neblinas, que se determinaron en el documento producto del Convenio DPAE – IDEAM, que se mencionó en el numeral anterior.

5.1.3 Accesos

Las vías son una de las características socioculturales que favorecen la ocurrencia de incendios forestales, debido a que su presencia permite que los caminantes se adentren hacia el interior de las zonas boscosas, provocando fuegos que pueden ser intencionales, por negligencia, por descuido o accidentales (a nivel mundial se tiene que el 99% de los incendios forestales son de tipo antrópico).

En la página 53 se menciona que “Vale la pena señalar que ninguna entidad posee el inventario y la espacialización de los caminos peatonales trazados en los Cerros Orientales de Bogotá D.C.. Como punto de partida se toma las Planchas Cartográficas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, año 1989, a escala 1:10.000”, por lo que para la actualización debe confrontarse el shape con el mapa oficial de Vías, elaborado por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), con imágenes de satélite y fotografías aéreas, con su respectiva verificación en campo.

5.1.4 Antecedentes

En la zonificación, los antecedentes no son una variable adicional sino que es el instrumento que permite calibrar, probar o verificar si la amenaza inicial está bien calificada, para que el polígono afectado requiera una categoría igual o superior a la asignada inicialmente. Para ello, se partió del concepto que la ocurrencia histórica ya es una zonificación natural y que el profesional debe concebir un modelo que identifique las variables involucradas en esa ocurrencia de eventos y le asigne a cada una de ellas, una ponderación que en su sumatoria, coincida en una gran proporción con la ocurrencia de eventos, a fin de encontrar otras zonas con alta posibilidad para la presencia de nuevos incendios forestales. Así, entre mayor cantidad de registros se posea, mejor será la calibración del modelo propuesto.

Para la actualización se debe emplear el Mapa de Ocurrencia histórica de conatos e incendios forestales en Bogotá, desde 1995 a 2007, que posee la Secretaría Distrital de Ambiente.

5.2 VULNERABILIDAD

Como ya se dijo anteriormente, el documento de la zonificación, en lo relacionado con vulnerabilidad, no es muy rico en describir el análisis conceptual de las variables empleadas (tal como sucede en la amenaza). Sin embargo, debe procederse a la actualización de:

5.2.1 Ignición, Combustibilidad, Velocidad de propagación y Resistencia al control

En la zonificación se observa que son el mismo mapa de Cobertura Vegetal, pero interpretado de distinta forma, según el análisis propio de cada variable, según el cuadro mostrado en el Anexo A.

En la página 104 se reporta que la "Ignición: Es la facilidad con la que se enciende el fuego sobre un material (Anderson, 1970). Los combustibles vegetales caracterizados por ser ligeros, secos, pequeños, poco compactos, poco densos y con bajo contenido de humedad son de muy fácil ignición".

En la página 105 se menciona que la "Combustibilidad: Es la facilidad a la que arde un vegetal, desprendiendo la energía suficiente para consumirse y provocar la inflamación de la vegetación vecina (Valette, 1977). Los combustibles vegetales caracterizados por ser pesados, secos, altos, grandes, compactos, densos, con bajo contenido de humedad y con presencia de sustancias inflamables son de muy fácil combustión".

En la página 109 se señala que la "Velocidad de propagación: Es la tasa de incremento del área afectada por el incendio, de acuerdo con el combustible que se está consumiendo (MINAMBIENTE, 1998). Las coberturas vegetales caracterizadas por alta continuidad vertical, poco lignificadas, poco densas y pequeñas presentan una mayor velocidad de propagación del fuego, debido a que hay menor biomasa que entra en combustión y espacialmente ésta cubre la superficie del suelo".

En la página 113 se establece que la "Resistencia al control: Es la oposición que presenta el material vegetal a la propagación del fuego. Depende de la distribución espacial de las plantas (cantidad de individuos por unidad de superficie, altura y continuidad vertical del rodal), de la proporción entre especies leñosas y no leñosas, de la presencia de sustancias inflamables, el contenido de humedad, la densidad y el poder calorífico".

Para la actualización de las variables se requiere modificarlas con los siguientes componentes:

- Mapa de Cobertura vegetal: En el 2007, el Jardín Botánico José Celestino Mutis (JBB) realizó el Mapa de Cobertura Vegetal de los Cerros Orientales, de tipo florístico.
- Mapa de Análisis Ecológico de los Disturbios en los Cerros Orientales de Bogotá. En el 2005, el Jardín Botánico José Celestino Mutis (JBB) realizó dicho estudio, en el que se incluye el fuego como factor perturbador de los ecosistemas.
- Mapa de Actividades de Mitigación de Incendios Forestales, Control de Retamo y Restauración de Áreas afectadas por incendios forestales. La Secretaría Distrital de Ambiente posee el Mapa de las actividades de intervención de la cobertura vegetal como mecanismo de mitigación de incendios forestales, realizadas entre 1998 y 2007.

6. SELECCIÓN DE COBERTURAS MODERNIZADAS

Se procedió a elaborar las comunicaciones respectivas, las cuales fueron enviadas a la Secretaría Distrital de Ambiente y al Jardín Botánico José Celestino Mutis. Posteriormente, se hizo el seguimiento a cada uno de los oficios, hasta lograr que la información fuera remitida a la DPAE, donde reposa en medio magnético, en la Coordinación de Informática.

A continuación se hace un análisis de los alcances, nivel de detalle y entidad responsable, de la información entregada por las Secretarías de Ambiente y Jardín Botánico y que reposa en la oficina SIG de la DPAE, en el que se compara los datos con los que se realizó la zonificación en el año 2002, con respecto a los registros ahora disponibles, así:

6.1 PROVINCIAS DE HUMEDAD

Zonificación DPAE, 2002

PROVINCIA	TEMPERATURA (ºC)	PRECIPITACION (mm/año)
Semi Arido	>12	600 - 800
Sub Húmedo Seco	6 - 9	800 - 1000
	9 - 12	800 - 1000
	>12	800 - 1000
Sub Húmedo Humedo	6 - 9	1000 - 1200
	9 - 12	1000 - 1200
	>12	1000 - 1200
	6 - 9	1200 - 1400
	9 - 12	1200 - 1400
Húmedo	6 - 9	<1400
	9 - 12	<1400

Secretaría de Ambiente, 2007

PROVINCIA	**TEMPERATURA**	**PRECIPITACIÓN**
frio humedo	9-11	800-900 mm
frio seco	11-13	900-1000 mm
frio subhumedo	11-13	1000-1100 mm
subparamo humedo	7-9	1000-1100 mm
subparamo muy humedo	5-7	1100-1500 mm

Nombre inicial de la variable: Provincias de humedad
Cartografía sobre la que se hizo el montaje: provincias de humedad (parámetro tomado directamente del estudio de "Zonas rurales de Bogotá D.E., 1996).
Tipo: polígono
Característica en la actualización: desaparece para darle paso a las variables temperatura y precipitación
Nuevo nombre de la variable: Temperatura y Precipitación.
Tipo: polígono
Alcance: Amenaza.
Nivel de detalle: Mayor en las nuevas coberturas de la Secretaría de Ambiente (menores rangos de temperatura (c/2oC) y de precipitación (c/100 mm de lluvias).
Justificación: antes se tenían divisiones de temperatura c/3oC y ahora se tienen c/2oC. Antes se tenían divisiones de precipitación c/200 mm de lluvias y ahora se tienen c/100 mm de lluvias.

6.2 VIENTO

Zonificación DPAE, 2002

CUENCA y/o SECTOR	VELOCIDAD (Km/h)	DIRECCIÓN (respecto a los cerros)
San Cristóbal	6,74	Diagonal (<45)
San Franciso	1,62	Oblicuo (>45)
Rosales - La Vieja - Delicias	1,53	Oblicuo (>45)
Chiguaza - Santa Librada - Yomasa - Amoladero	7,00	Paralelo
El Verjón	No determinada	Paralelo
Las Moyas - La Chorrera	5,98	Perpendicular
Usaquén	4,84	Perpendicular
Torca	3,12	Perpendicular

Secretaría de Ambiente, 2007

SUBCUENCA	CUENCA_NOM	DIRECCION
Q. Chorreron	Fucha	oriente - occidente
Q. Manzanares	Fucha	oriente - occidente
Q. Mochon del Diablo	Fucha	oriente - occidente
Q. Ramajal	Fucha	Noreste
Rio San Cristobal	Fucha	Suroriente - occiden
Rio San Francisco	Fucha	Suroriente - occiden
Q. Arzobispo	Juan Amarillo	oriente - occidente
Q. Chicó	Juan Amarillo	oriente - occidente
Q. Choachí	Juan Amarillo	oriente - occidente
Q. Contador	Juan Amarillo	oriente - occidente
Q. La Chorrera	Juan Amarillo	Oriente-occidente
Q. La Vieja	Juan Amarillo	oriente - occidente
Q. Las Delicias	Juan Amarillo	oriente - occidente
Q. Rosales	Juan Amarillo	oriente - occidente
Q. Santa Bßrbara	Juan Amarillo	oriente - occidente
Q. Trujillo	Juan Amarillo	oriente - occidente
Escorrentías	Teusacá	oriente-occidente
Q. Barro Blanco	Teusacá	oriente-occidente
Q. Carrizal	Teusacá	occidente-oriente
Q. Centella	Teusacá	suroccidente - orien
Q. de Santos	Teusacá	suroccidente - orien
Q. El Barrito	Teusacá	oriente-occidente
Q. El Coral	Teusacá	occidente-oriente
Q. El Leon	Teusacá	oriente-occidente
Q. El Turin	Teusacá	oriente-occidente
Q. El Verjon	Teusacá	occidente-oriente
Q. Farias	Teusacá	occidente-oriente
Q. Honda	Teusacá	sur - norte
Q. Montañuela	Teusacá	occidente-oriente
Ca±ada Morena	Torca	oriente - occidente
Q. Aguas Calientes	Torca	oriente - occidente
Q. Bosque de Pinos	Torca	oriente - occidente
Q. El Cedro	Torca	oriente - occidente
Q. Floresta	Torca	oriente - occidente
Q. Francia	Torca	oriente - occidente
Q. San Cristobal	Torca	oriente - occidente
Q. Soratama	Torca	Suroriente-Noroccide
Q. Torca	Torca	oriente - occidente
Q. Chiguaza	Tunjuelo	oriente - occidente
Q. de Fucha	Tunjuelo	oriente-occidente
Q. Santa Librada	Tunjuelo	oriente - occidente
Q. Yomasa	Tunjuelo	oriente - occidente

Nombre inicial de la variable: Viento
Cartografía sobre la que se hizo el montaje: cuencas
Tipo: polígono
Característica en la actualización: se le asignan valores de velocidad y dirección del viento a un nuevo mapa de cuencas
Nuevo nombre de la variable: Viento
Tipo: polígono
Alcance: Amenaza
Nivel de detalle: Mayor en la cobertura de la Secretaría de Ambiente (mayor cantidad de cuencas)
Justificación: antes se tenían 8 cuencas y ahora se tienen 42 cuencas

6.3 MOVILIDAD

Zonificación DPAE, 2002	IDU, 2007
Vehicular principal, Vehicular secundaria y camino	Av. Circunvalar, Choachí, reserva, vía calera, vía codito – La calera y vías secundarias reserva

Nombre inicial de la variable: Movilidad
Cartografía sobre la que se hizo el montaje: Movilidad (parámetro tomado directamente de las planchas cartográficas IGAC, 1989).
Tipo: líneas
Característica en la actualización: verificación de información con mapa IDU, fotografías aéreas, imágenes de satélite y visitas de campo.
Nuevo nombre de la variable: Movilidad
Tipo: línea
Alcance: Amenaza
Nivel de detalle: Mayor en la cobertura de DPAE (más cantidad de vías y con una mejor clasificación)
Justificación: la información empleada en la zonificación no era de carácter oficial.

6.4 ANTECEDENTES

Zonificación DPAE, 2002	Secretaría de Ambiente, 2007
Tipo de evento, Tamaño, Año de ocurrencia, Fuente y Fecha, para el período 1995 - 2001	Tipo de evento, Tamaño, Año de ocurrencia, Fuente, Estudio, Fecha, Localidad, Cobertura afectada, para el período 1995 - 2007

Nombre inicial de la variable: Antecedentes
Nombre del shape: incendios_95_07_final
Cartografía sobre la que se hizo el montaje: Antecedentes (parámetro tomado directamente de tres estudios distintos
Tipo: puntos
Característica en la actualización: recalificación de polígonos de afectación.
Nuevo nombre de la variable: Antecedentes
Tipo: puntos.
Alcance: Amenaza
Nivel de detalle: Mayor en la cobertura de la Secretaría Distrital de Ambiente (más cantidad de puntos (223 eventos) y mayor cantidad de años de registro (12 años)
Justificación: antes se tenían 95 eventos y ahora se tienen 223 eventos. Antes se tenían 7 años de registros y ahora se tienen 12 años de registros.

6.5 IGNICIÓN, COMBUSTIBILIDAD Y RESISTENCIA AL CONTROL

Zonificación DPAE, 2002

LEYENDA
Asentamiento
Erial y/o explotacion minera
Cultivos
Hierbas
Pastos, a veces con árboles dispersos y/o cercas vivas
Matorral
Rastrojo
Plantación Forestal
Cordon ripario
Bosque

Jardín Botánico, 2007

FISIONOMÍA	COMPOSICIÓN FLORÍSTICA
BOSQUE	Bosque de Alnus acuminata
BOSQUE	Bosques de Cedrela montana/ laur ceas
BOSQUE	Bosques de Myrcianthes leucoxyla- Val
HERBAZAL / PASTIZAL	Cultivos de papa y arveja principalme
MATORRAL	Matorrales de Arcytophyllum nitidum/
MATORRAL	Matorrales de Myrsine sp/ Dodonea Vis
MATORRAL	Matorrales de solanum oblongifolium y
MATORRAL	Matorrales de Vallea stipularis/ Mico
PASTIZAL ARBOLADO	Pastizales de Pennisetum clandestinum
HERBAZAL/PASTIZAL	Prados de Muehlenbergia fastigiata, A
BOSQUE	Bosques de Weinmannia tomentosa y pru
MATORRAL	Matorral de Miconia ligustrina
MATORRAL	Matorrales de Hypericum spp/ Lachemil
MATORRAL	Matorrales de Senecio pulchellus/ Fra
HERBAZAL / PASTIZAL	Pajonal con Espeletia argentea y Acae
HERBAZAL / PASTIZAL	Pajonales de Cyperaceas y Pajonales d
BOSQUE	Bosques de Diplostephyum rosmarinifol
MATORRAL	Matorrales de Gaiadendrum punctatum/
MATORRAL	Matorrales de Macleania rupestris/ Ca
MATORRAL	Matorrales de Ulex europaeus/ Matorra
BOSQUE	Plantaciones forestales de Pinnus pat

Nombre inicial de las variables: Ignición, Combustibilidad y Resistencia al control
Nombre del shape: vegetación_cerros
Cartografía sobre la que se hizo el montaje: Vegetación (parámetro tomado directamente del estudio del Jardín Botánico
Tipo: polígono
Característica en la actualización: recalificación de polígonos, con consideración de otros parámetros dentro de cada variable (disturbios y actividades de mitigación)
Nuevo nombre de la variable: Ignición, Combustibilidad y Resistencia al control
Tipo: polígono
Alcance: vulnerabilidad
Nivel de detalle: Mayor en la cobertura de Jardín Botánico (más cantidad de polígonos, mayor cantidad de coberturas de fisionomía y planteamiento de composición florística)
Justificación: antes se tenían 10 coberturas de fisionomía y ahora se tienen 4 coberturas de fisionomía. Antes se tenía 0 composición florística y ahora se tiene 21 formaciones vegetales de tipo florístico

En el cuadro No. 3 se muestra las variables empleadas en la zonificación de riesgo por incendio forestal, que requieren de actualización. Para su elaboración, se procedió de la siguiente forma:

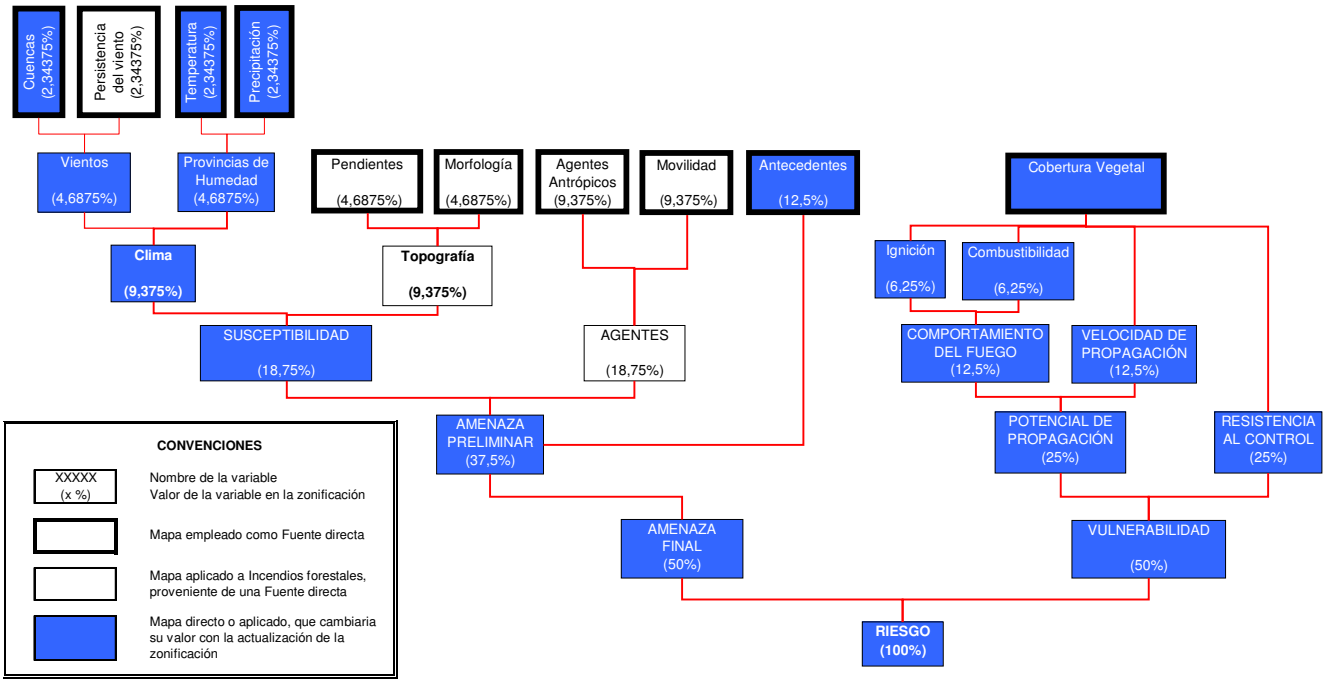
- Identificación de los mapas base de las variables: La variable Viento proviene de los mapas de Cuencas hidrográficas y Persistencia del Viento, mientras que la variable Provincias de Humedad, es el recultado de la combinación de los mapas de Temperatura y Precipitación.
- Identificación de las variables base: Las variables Pendiente, Morfología, Agentes antrópicos, Movilidad, Antecedentes y Cobertura vegetal, son fuente directa para realizar la zonificación.
- Selección de las variables que resultan de la aplicación de mapas base o de variables base: Son aquellos cuyo resultado se utiliza en la metodología como la combinación de dos parámetros definidos previamente, tales como las variables Viento, Provincias de humedad, Clima, Topografía, Agentes antrópicos, Ignición, Combustibilidad, Velocidad de Propagación y Resistencia al control, entre otros.
- Asignación del valor de la variable: aunque no está de manera tácita en el documento, el método de combinación binaria de las variables lleva implícito el concepto de "valor de la variable", por lo que se procedió a efectuar la asignación respectiva. Es de señalar que para definir la amenaza final, Torres señala que resulta de la mezcla de la Amenaza preliminar (proveniente del cruce de las condiciones físicas, bióticas y sociales del sitio), con los Antecedentes; sin embargo, allí se observa que el método empleado no fue el de combinación sino el de composición, el cual se logra apreciar más claramente en la página 100, en donde el "Cuadro No. 32, muestra los Criterios de Decisión para la variable Amenaza"

Cuadro No. 4 Situaciones y criterios empleados por Torres, para la composición de la variable Amenaza

SITUACIÓN EN LA AMENAZA PRELIMINAR	CRITERIO DE DECISIÓN PARA LA AMENAZA FINAL
Sin ocurrencia	Mantiene su categoría
Marcada ocurrencia	El polígono pasa a la categoría superior
Alta densidad de accesos	El polígono que la circunscribe pasa a la categoría superior
Accesos en zonas de baja categoría	Se crea un nuevo polígono exclusivo para la zona de accesos
Los accesos están en la división de dos polígonos de diferente categoría	El acceso se asigna al polígono de mayor categoría

Con el anterior procedimiento, en el Cuadro No. 3 se puede concluir que las únicas variables que no requieren de actualización son la Persistencia del Viento y las de Topografía y Agentes Antrópicos, que suman un total de 30.46875% de la zonificación. El restante 69.53125% requiere de actualización y ya se cuenta con la información modernizada por parte de otras entidades del Distrito Capital y como resultado del presente contrato, reposan en la Oficina de Sistemas de Información Geográfica (SIG) de la DPAE.

Cuadro No. 3 Selección de las variables empleadas en la zonificación de riesgo por incendio forestal, que requieren de actualización.



CONCLUSIONES

No se aconseja utilizar las metodologías internacionales pues son muy antiguas y por consiguiente, no incorporan los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo.

El método del Ministerio del Medio Ambiente no debe ser utilizado pues su unidad de análisis es la cuenca hidrográfica, mientras que para el caso Bogotano los análisis han llegado hasta la unidad de cobertura vegetal, el cual se considera de mayor detalle.

La metodología DPAE 2002 es de riesgo, pero sólo lo concibe para la cobertura vegetal, sin incorporar la probabilidad de sufrir pérdidas económicas o de población. Así mismo, se hizo para los Cerros Orientales, pero no incluyo otros conceptos como la amenaza del incendio forestal para la población habitante del Distrito Capital.

La información cartográfica disponible es de tipo Detallado a Semidetallado, es decir está en escalas entre 1:25.000 y 1:10.000.

Las variables clima, topografía y cobertura vegetal están involucradas en todas las metodologías.

Se aconseja actualizar la metodología DPAE 2002, en términos de emplear coberturas más recientes (modernizadas) y de ajuste de la calificación de cada unidad de cobertura utilizada en la misma.

RECOMENDACIONES

Se recomienda actualizar la zonificación aplicada a la zona rural del Distrito Capital que comprende las localidades de Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme y Ciudad Bolívar. Lo anterior teniendo en cuenta que la Secretaria Distrital de Ambiente elaboró el Atlas Ambiental de Bogotá, el cual contiene la mayoría de los parámetros de amenaza contemplados en la zonificación. No se sugiere involucrar la Localidad de Sumapaz pues en dichos archivos no se cuenta con el mapa de Antecedentes, que corresponde a los registros históricos de ocurrencia de conatos e incendios forestales, por lo que no se podría calibrar el modelo propuesto para la nueva zona de cubrimiento.

Efectuar el cruce de cada uno de los mapas de amenaza y vulnerabilidad con el de antecedentes, a fin de verificar la ponderación asignada a cada una de las variables empleadas.

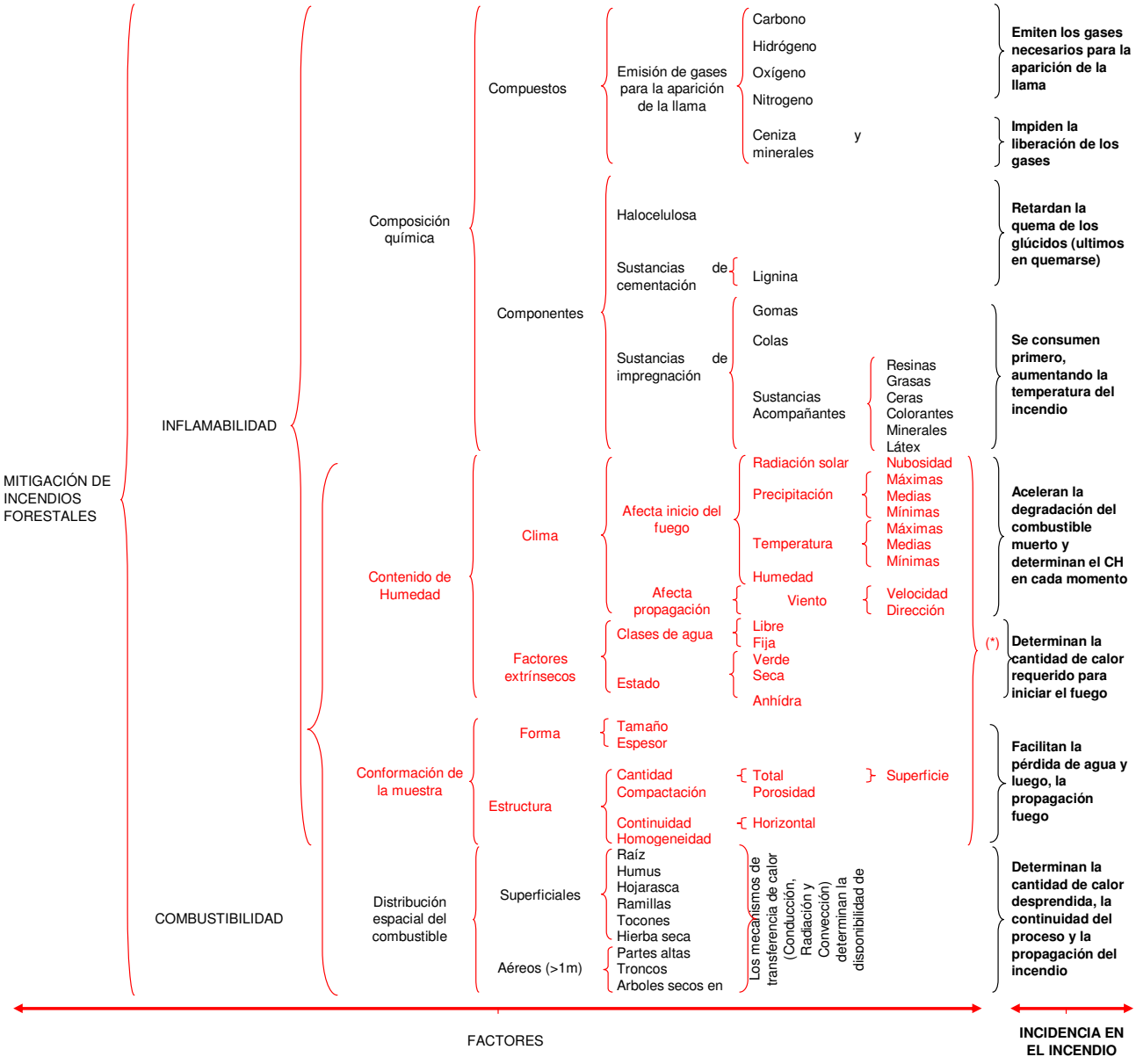
Así mismo se recomienda efectuar la zonificación en un modelo ráster, en el cual los objetos están representados por unidades homogéneas de información espacial llamadas celdas y se localizan referenciándolas en filas y columnas. En el método, las celdas son de igual forma y tamaño y posteriormente se pueden designar como objeto central de la planificación de la reducción del riesgo por incendio forestal en Bogotá D.C.. Se sugiere un tamaño de celda de 0.003906 ha.

A fin de mejorar la gestión y de avanzar en el empleo de instrumentos de planificación la zonificación debe ser complementada con análisis espaciales (recursos para el control), análisis integrados (relación de la ocurrencia histórica de incendios forestales con el clima) y modelado cartográfico (aplicaciones que permiten integrar capas para predecir la ocurrencia de incendios forestales, pronosticar la propagación del fuego y la evaluación de los daños causados por el incendio).

Actualizar la zonificación, con la información cartográfica digital obtenida en este contrato, la cual proviene de diversas entidades del Distrito Capital y que cada una de ellas las remitió a la DPAE y se verificó que reposan en la oficina SIG de la DPAE.

ANEXO A

FACTORES QUE RIGEN LA INFLAMABILIDAD Y LA COMBUSTIBILIDAD DE LOS COMBUSTIBLES VEGETALES Y SU INCIDENCIA EN EL INCENDIO FORESTAL



(*) Factores que rigen tanto la inflamabilidad como la combustibilidad de los combustibles vegetales

Tomado de: INVESTIGACIÓN PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ESPECIES POR GRADO DE INFLAMABILIDAD Y COMBUSTIBILIDAD PARA LA MITIGACIÓN Y LA RESTAURACIÓN DE ÁREAS AFECTADAS POR INCENDIOS FORESTALES, CONTRATO CARLOS EDGAR TORRES BECERRA - CORPORACIÓN AMBIENTAL EMPRESARIAL, BOGOTÁ D.C., 2002.

ANEXO B

PROPUESTA GENERAL DE PROYECTOS SIG QUE SE DEBERÍAN REALIZAR CON EL OBJETO DE AVANZAR EN EL TEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS POR INCENDIOS FORESTALES

Los sistemas de información geográfica (SIG) son un conjunto de aplicaciones y programas informáticos, capaces de gestionar datos, estructurados en bases de datos, referenciados espacialmente y que pueden mostrarse gráficamente (mapas).

Los SIG integran datos y conocimiento. Los datos caracterizan el objeto o el espacio estudiado, tales como Viento, Provincias de Humedad, Pendiente, Morfología, Agentes antrópicos, Accesos, Antecedentes, Ignición, Combustibilidad, Velocidad de propagación, y Resistencia al control. Los conocimientos representan lo que se sabe del comportamiento y de las relaciones internas y externas del objeto, a través de reglas y modelos; estos conocimientos son los que poseen los profesionales y según sus experiencias empíricas o teóricas unen o relacionan las distintas variables en el comportamiento de los incendios forestales (amenaza y vulnerabilidad).

Así, para el caso de Bogotá D.C., la zonificación de riesgo por incendio forestal, como herramienta SIG, permitió la identificación de los problemas, desde la perspectiva de afectación de la vegetación (y de los servicios ambientales que esta genera) por el fuego, pero también, el SIG sirve para sugerir escenarios de solución que aún no han sido desarrollados, tales como:

RECURSOS PARA EL CONTROL

Mediante análisis espacial, se puede determinar los tamaños de las zonas de cobertura de los vigías, de las brigadas, de las estaciones de bomberos, así como el tiempo de respuesta ante emergencias. También se pueden adelantar estudios de la magnitud de las coberturas vegetales existentes en cada subzona asignada a los grupos de respuesta.

En términos generales, el análisis espacial de los recursos para el control permite:

- Asignar los recursos materiales y humanos
- Obtener una mayor operatividad y eficiencia en las labores de detección y control
- Determinar los niveles y tipo de inversión requerida

RELACIÓN DE LA OCURRENCIA HISTÓRICA DE INCENDIOS FORESTALES CON EL CLIMA

A diferencia de la topografía y el combustible, el tiempo atmosférico cambia continuamente, lo cual, ante un incendio forestal, hace que varíe el comportamiento del fuego. Para conocer la incidencia del clima en los incendios forestales, se debe hacer un análisis integrado de la ocurrencia histórica de estos eventos (según los mapas y bases de datos de la Secretaría Distrital de Ambiente), con la correlación de parámetros como temperatura (máxima y media), precipitación (mínima y media) y velocidad del viento (máximo y medio), a fin de conocer los estados (o cambios) mínimos atmosféricos para la

ocurrencia de incendios, y así hacer predicciones sobre el comportamiento del fuego y por consiguiente, orientar el alistamiento del personal y los recursos para la detección y extinción.

Por otro lado, el análisis integrado del clima es una herramienta que permite estructurar los índices de generación y propagación del fuego, debido a que el tiempo atmosférico es uno de los principales reguladores del contenido de humedad en la vegetación.

APLICACIONES SIG PARA PRONÓSTICO Y EVALUACIÓN

Mediante el modelado cartográfico (integración de distintas capas), se puede trabajar los siguientes temas:

- Predecir la ocurrencia de incendios forestales

La predicción de los incendios forestales busca responder alas preguntas de ¿Dónde se producirá?, ¿Cuándo se producirá? y ¿Cómo se desarrollará?. En los tres casos, depende del estado de los combustibles y de las causas del incendio, correlacionadas con un índice de probabilidad de ignición (que la vegetación se encienda), el cual estima la probabilidad de que un combustible se prenda debido a que una chispa o fuego haya caído sobre él.

- Predecir el comportamiento del fuego

Una vez se está presentando el evento, mediante técnicas SIG se puede predecir el comportamiento del incendio (expansión del fuego) y por ende, de la actuación en el tiempo y en el espacio de los recursos para la extinción. En dicho modelo, la velocidad de avance del fuego depende del tipo de formación vegetal (en el que varía la cantidad, volumen y forma del combustible, la compactación, estado, peso, presencia de sustancias inflamables, compactación, contenido de humedad, poder calorífico, densidad, peso específico, continuidad horizontal, continuidad vertical y altura), de la topografía (pendiente y geoforma) y del clima.

BIBLIOGRAFÍA

CONGRESO DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA. Ley 388: Por la cual se modifica la Ley 9ª de 1989, y la Ley 3ª de 1991 y se dictan otras disposiciones. Bogotá, 1997.

SISTEMAS DE INFORMACIÓN: www.sire.gov.co: Especificaciones técnicas para la adquisición de información digital e impresa para contratistas de la DPAE. • Norma NTC 3575 para la presentación de Informes Técnicos y Científicos – Documentación Impresa, 2005.

TORRES BECERRA, Carlos Edgar. Informe Final del Contrato de Prestación de Servicios No. 337/01: Zonificación de Riesgo por Incendio Forestal y Diseño de las Medidas Preventiva y Operativas para los Cerros Orientales de Bogotá D.C.. Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE), 2002, 148 p.

TORRES BECERRA, Carlos Edgar. Informe Final de la Orden de Servicios No. 4075: Investigación para la identificación de especies por grado de inflamabilidad y combustibilidad para la mitigación y la restauración de áreas afectadas por incendios forestales. Corporación Ambiental Empresarial – Cámara de Comercio de Bogotá, Bogotá D.C., 2002, 71 p.

VÉLEZ, Ricardo. La Defensa Contra Incendios Forestales – Fundamentos y Experiencias. Mc – Graw Hill, Madrid. 2000.

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

El presente documento está dirigido a:

- Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE) - Subdirección de Gestión Territorial.
- Dirección de Prevención y Atención de Emergencias (DPAE) – Subdirección de Emergencias.
- Entidades integrantes de la Comisión Distrital para la Prevención y Atención de Incendios Forestales, que según el artículo segundo del Decreto Distrital No. 146/05 son:

    - Secretaría Distrital de Ambiente.
    - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca –CAR.
    - Policía Metropolitana.
    - Defensa Civil Seccional Bogotá.
    - Unidad Administrativa Especial Cuerpo Oficial de Bomberos de Bogotá (UAECOBB).
    - Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá -EAAB-ESP.
    - Jardín Botánico José Celestino Mutis.
    - Secretario Distrital de Salud –SDS.
    - Instituto Distrital para la Recreación y Deporte (IDRD).
    - Cruz Roja Colombiana – Seccional Bogotá.