CONTRATO 188 DE 2010

DIRECCION DE PREVENCION Y ATENCION DE EMERGENCIAS- DPAE

INFORME: REVISION DE LA RED METEOROLOGICA DE FOPAE CON EL FIN DE DE EVALUAR SU FUNCIONAMIENTO, CALIDAD DE LA INFORMACIÓN Y PLANTEAR LA OPTIMIZACIÓN DE LA MISMA Y EL USO DE LA INFORMACIÓN PARA PREVENCIÓN DE DESASTRES

HUMBERTO GONZALEZ MARENTES

CONTRATISTA

BOGOTA, D.C. ABRIL DE 2010

INFORME – REVISION DE LA RED METEOROLOGICA DE FOPAE CON EL FIN DE EVALUAR SU FUNCIONAMIENTO, CALIDAD DE LA INFORMACION Y PLANTEAR LA OPTIMIZACION DE LA MISMA Y EL USO DE LA INFORMACION PARA PREVENCION DE DESATRES

Contenido

1. INTRODUCCIÓN 3
2. MARCO CONCEPTUAL 5
2.1. MARCO TECNICO 5
2.1.1 Las redes meteorológicas en tiempo real como parte de los sistemas urbanos de alerta temprana 8
2.2. MARCO LEGAL 9
2.2.1 Normatividad internacional 9
2.2.2 Normatividad Nacional 10
2.2.3. Normatividad Distrital 12
3. SISTEMA DE MONITOREO METEOROLÓGICO EN TIEMPO REAL DE FOPAE EN BOGOTA 13
3.1 ANTECEDENTES 13
3.2 CARACTERISTICAS DE LA RED 14
3.2.1 Proceso de los datos de la red 15
4. ANALISIS DE LA RED METEOROLOGICA ACTUAL DE FOPAE 15
5.1 RADAR METEOROLOGICO 20
5.2 USO DE IMÁGENES DE LOS SATELITES AQUA Y TERRA, SATELITES AMBIENTALES PARA MONITOREO DE INCENDIOS FORESTALES, DESLIZAMIENTOS DE TIERRA E INUNDACIONES 21
6. RECOMENDACIONES GENERALES 23
7. AGRADECIMIENTOS 26
8. ANEXOS 27
9. BIBLIOGRAFIA 31

1. INTRODUCCIÓN

El documento presente pretende evaluar y dar algunos lineamientos relacionados con el funcionamiento de la red meteorológica FOPAE, de la posibilidad de compartir información de diversas redes instaladas en el área del Distrito o en sus inmediaciones y de mejorar los medios tecnológicos actuales para los fines de prevención y atención de desastres. La operación continua de la red, el soporte en recursos humanos y técnicos y la actualización de la misma es una necesidad teniendo en cuenta que las grandes urbes del mundo, producto de la urbanización acelerada y de la industrialización están expuestas periódicamente a pérdidas de vidas humanas y materiales por la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos, como las inundaciones, deslizamientos, crecientes súbitas, vendavales, etc. ya sea resultado de la variabilidad climática o bajo el nuevo concepto de cambio climático.

Es conocida la ciclicidad en la ocurrencia de los fenómenos naturales: hay años en que determinados fenómenos se acentúan y son mas frecuentes en comparación con otros; en otros años, ocurren los fenómenos opuestos, lo que está asociado intrínsecamente a la variabilidad intraestacional e interanual que distorsiona la climatología local, variabilidad que se suma a la estacional, es decir a la alternancia de los períodos lluviosos y secos, para el caso de Colombia.

La variabilidad climática natural modula el clima de Bogotá de tal forma que cuando se presenta LA NIÑA[1] usualmente las lluvias son excesivas y muy persistentes que conllevan a una mayor frecuencia de deslizamientos de tierra, inundaciones y encharcamientos urbanos; por el contrario cuando se presenta EL NIÑO proliferan los incendios forestales y las temperaturas altas debido a un déficit de humedad y de lluvias.

Esto significa que las variaciones climáticas deben vigilarse y por cuanto muchos de los fenómenos severos asociados a los fenómenos globales EL NIÑO o LA NIÑA tienen escalas espaciales y temporales muy reducidas, lo apropiado es el uso de tecnologías de vigilancia y sensores remotos activos y pasivos, ubicados en tierra o en plataformas espaciales, conectados a centrales de proceso y de transmisión de datos que permitan prevenir y avisar a las comunidades expuestas con la suficiente antelación.

Las autoridades distritales de las últimas administraciones, a través de las distintas entidades, conscientes de estas amenazas, han dedicado de manera permanente recursos financieros y técnicos para instalar, operar y ensanchar la red hidrometeorológica de la ciudad de Bogotá, en un intento por evitar la pérdida de vidas humanas o materiales por fenómenos de origen natural y específicamente por los de origen hidrometeorológico. A más largo plazo, los esfuerzos se deben centrar en la modernización de la operación de la red, que hace parte de la gestión del riesgo.

[1] LA NIÑA y EL NIÑO hacen parte del fenómeno más amplio conocido cono ENOS (EL NIÑO-OSCILACION DEL SUR)

Pero, además de las amenazas de origen natural, propias de la variabilidad climática natural, existe hoy en día la amenaza del "cambio climático". Se ha detectado el mismo a nivel mundial y es considerado como un cambio en el clima, adicional a la variabilidad climática natural y que está ligado a las actividades humanas, que modifican la composición química de la atmósfera, incluida la modificación intencional o no intencional del territorio como la urbanización por el cambio en el uso del suelo, la industrialización, la contaminación del aire, todo lo cual pudiera provocar una intensificación de los fenómenos de tiempo severo señalados anteriormente. Precisamente, el tema del monitoreo meteorológico y de las alertas es una preocupación de la actual Dirección de DPAE que considera necesario operar de manera continua la red meteorológica, hacer las mejoras y construir alianzas con el objetivo de evitar las pérdidas de vidas humanas y materiales y aumentar al mismo tiempo la calidad de vida de los capitalinos. Sin embargo el aumento de la vulnerabilidad de las comunidades a los fenómenos de tiempo severo se ha incrementado en los últimos años, lo que exige una revisión y ajustes o ampliaciones, o buscar alternativas o tecnologías adicionales, una posible integración con redes similares de instituciones locales, regionales o nacionales para asegurar una vigilancia más estrecha sobre los fenómenos de tiempo severo. Esta mirada prospectiva, a la luz de la actual normatividad ambiental, como parte de los sistemas de prevención de desastres y ambiental es lo que se pretende dar en este documento.

Bogotá como Distrito Capital se expande rápidamente. De acuerdo con documento de la DPAE[2] hay "un aumento de la migración de la población colombiana hacia la capital, lo que ha llevado a la ocupación acelerada y desordenada de algunas áreas de ladera de los cerros y rondas hidráulicas de Bogotá".

El área metropolitana de Bogotá, de acuerdo con el censo mas reciente del DANE[3] de 2005 tiene una población estimada en 7.881.156 habitantes, muy cerca de convertirse en pocos años en una megalópolis[4] con problemas de alta densidad poblacional precisamente en las zonas de alto riesgo como lo son las zonas de alta pendiente de los cerros orientales y las riberas de las quebradas y los ríos que son de régimen torrencial y, ubicados la mayor parte de ellos en la parte sur y suroriental de la ciudad donde residen las personas menos afortunadas y menos preparadas para enfrentar los embates del cambio climático. Las estadísticas distritales de emergencias muestran que entre el año 1999 y el 2006, un 43% de ellas correspondieron a deslizamientos y un 16 % a inundaciones.

Es preciso reconocer que Bogotá al mismo tiempo que otras ciudades como Medellín, Manizales e Ibagué han tomado la delantera en la gestión del riesgo y comenzado a implementar sistemas de

[2] Tomado de INSTRUMENTOS PARA LA GESTION DEL RIESGO EN BOGOTA. ALCALDIA DE BOGOTA- FOPAE

[3] Tomado de http://www.dane.gov.co/files/censo2005/resultados_am_municipios.pdf e incluye además del DC. , los municipios de Soacha; Facatativá; Zipaquirá; Chía; Mosquera; Madrid; Funza; Cajicá; Sibaté; Tocancipá; La Calera; Sopó; Tabio; Tenjo; Cota; Gachancipá y Bojacá.

[4] Megalópolis se consideran las ciudades-región con población igual o mayor de 10.000.000 de habitantes

alerta temprana que por supuesto se hallan en diferentes fases de desarrollo. Estas redes iniciales han servido para medir de manera continua el comportamiento de los parámetros hidrometeorológicos y para alertar a las comunidades; sin embargo se requieren sistemas de monitoreo adicionales, redes tecnificadas y personal calificado disponible las 24 horas para operarlas, a la par con el mejoramiento de los modelos hidrometeorológicos, que requieren datos adicionales

Coexisten hoy en día redes meteorológicas con fines diferentes, que se han especializado en los temas propios de cada entidad y, que se han implementado para tener una información localizada y oportuna para la toma de decisiones. El Cambio Climático pudiera crear fenómenos hidrometeorológicos más intensos de los que se presentan hoy en día, que pusieran en peligro poblaciones o perjudicar actividades como la del transporte urbano y el suministro de servicios públicos, por lo que los avisos de estas condiciones peligrosas se requieren en el menor tiempo posible. Actualmente, con el progreso de las tecnologías de medición meteorológica, las mejoras en el modelamiento meteorológico y el avance en las técnicas de proceso, transmisión y recepción de datos, hay oportunidades para mejorar los sistemas de aviso a las comunidades. A esto hay que agregar que aunque el instrumental meteorológico ha sido históricamente muy costoso, los precios han disminuido sustancialmente en los años más recientes. El crecimiento de las grandes ciudades puede dejar expuesto a sus pobladores a los fenómenos de tiempo severo que cada vez afectan a un número mayor de población. Para la toma de decisiones se requiere tener a disposición redes en tiempo real, comunicaciones, sistemas avanzados de proceso y de despliegue de información hidrometeorológica que nos permitan ir adelante de los acontecimientos, ya que está en juego la vida de miles de personas, sus bienes, y sus propios medios de subsistencia. En este sentido es necesario que las autoridades protejan a sus ciudadanos y uno de los derechos es el de la seguridad pública ante fenómenos adversos.

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. MARCO TECNICO

Las necesidades de información meteorológica crecen día y día y esto ha hecho que la meteorología se adapte a esas necesidades. Inicialmente el demandante mayor de esta información era la aviación; por eso en muchos países las estaciones meteorológicas se ubicaron en los aeropuertos. Posteriormente se quiso conocer el comportamiento de diferentes parámetros meteorológicos con fines climáticos, es decir para fines investigativos de estudio de los recursos climáticos e hídricos y por tanto se montaron las “estaciones climatológicas”. Con el desarrollo intensivo de la producción, la necesidad de conocer en tiempo real los elementos meteorológicos se creó y se facilitó debido a los desarrollos tecnológicos en materia de computadores, telecomunicaciones, proceso de datos y modelamiento meteorológico. La ciencia de la meteorología ha tenido una evolución acelerada en

razón a las demandas de información que precisan de una parte sistemas de medición, observación, procesamiento y entrega de datos meteorológicos en tiempo real y lo más cercano a la realidad y de otra parte pronósticos del estado del tiempo a diferentes plazos, que sirven entre otros fines para la preparación de alertas.

La realidad es que a medida que las ciudades crecen, el clima se torna diferente del de sus alrededores. Se han creado en las ciudades lo que se denominan las "islas de calor" por el cambio en el uso del suelo y la demanda creciente de energía. Han aumentado los conglomerados humanos, algunos ubicados en zonas de alta pendiente con riesgo de inundación o deslizamiento. La intensa actividad industrial y la movilidad han generado sustancias potenciadoras del "efecto invernadero natural" con consecuencias sobre la salud humana y la calidad de vida, por lo que la información meteorológica, pronósticos inmediatos sobre fenómenos severos y sistemas de alerta temprana son claves en la seguridad de las personas y sus medios productivos. Ya en el siglo XIX en el Reino Unido se realizaron trabajos de comparación del clima londinense con el clima de sus alrededores; las redes meteorológicas instaladas le permitieron al científico Landsberg en 1961, llegar a datos concretos como: las ciudades se calientan más que su entorno, emiten radiación que se queda en el lugar, presentan mayor nubosidad, mayor precipitación y obstruyen las corrientes de aire. La diferencia climática creada se puede fundamentar en por lo menos tres factores climáticos principales: alteración del balance de calor, alteración de la composición del aire y alteración de la superficie terrestre.

El documento presente reconoce también los logros que la ciudad ha tenido en lo relacionado con instrumentos legales en materia de legislación ambiental y en el tema de ordenamiento ambiental así como en los sistemas de alerta temprana y de vigilancia y de atención de emergencias, haciendo hincapié en el tema de la actual red meteorológica que opera la DPAE y el posible uso de otras redes instaladas dentro del área del Distrito o en los municipios limítrofes.

Redes especializadas se comenzaron a establecer en el año de 1997, cuando la autoridad ambiental de la capital instaló una red meteorológica y de calidad del aire denominada RMCAB. Esta red ha permitido conocer el comportamiento de diferentes gases y partículas atmosféricas que tienen origen industrial o generado por el transporte, de acuerdo con las variaciones de los elementos meteorológicos. Los datos han servido para la orientación y fijación de las políticas de contaminación por el transporte y por las actividades industriales y en el tema de manejo de residuos. Esta red es especializada para esta temática de contaminación y difiere de la red básica nacional de estaciones hidrometeorológicas que el SCMH- posteriormente HIMAT y hoy IDEAM, instaló a nivel nacional en la segunda parte de los años sesenta del siglo pasado con la colaboración de la OMM- Organización Meteorológica Mundial, organismo técnico de Naciones Unidas.

Las redes meteorológicas o hidrometeorológicas especializadas llenan vacíos que no pueden colmar las redes básicas nacionales, las cuales fueron instaladas para la vigilancia de fenómenos de escala global o escala sinóptica (ver gráfico No. 1) y en algunos casos de mesoescala.

Muchos de los fenómenos que ocurren en las grandes ciudades como las granizadas, tornados, vendavales y crecientes súbitas ocurren en escalas temporales y espaciales reducidas de algunos kilómetros, cientos o decenas de metros y ocurren en cuestión de algunos minutos o pocas horas, lo cual es muy difícil precisar en los análisis meteorológicos de mayor escala. Estos fenómenos en zonas de alta concentración demográfica y de intensa actividad industrial cobran vidas humanas y reportan pérdidas económicas. Además la contaminación producida por la emisión de partículas de origen industrial o del transporte causan daños a las personas y a los elementos expuestos por lo que nació la meteorología urbana, como una rama de la meteorología dedicada a conocer con mayor detalle los elementos meteorológicos y su conexión con la calidad de vida de los habitantes.

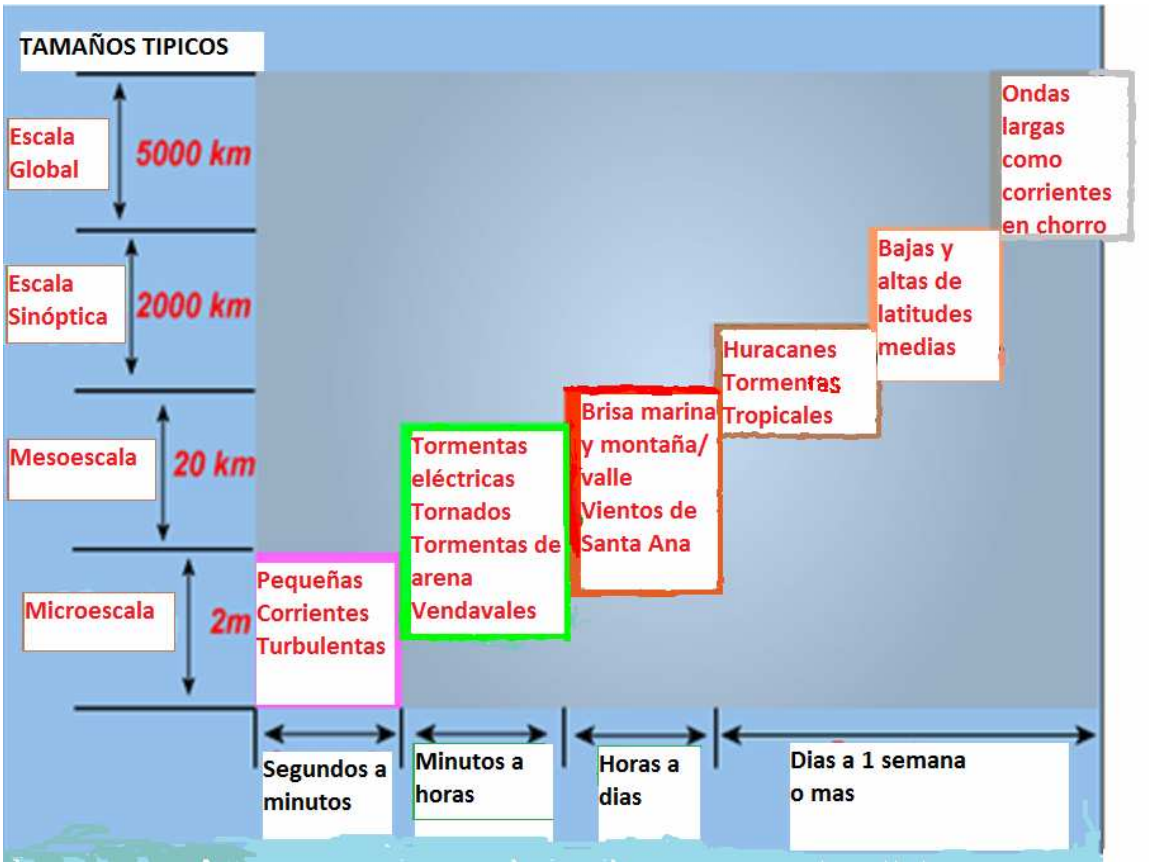


Gráfico No.1 Escalas temporales y espaciales de los fenómenos meteorológicos. Fuente: OMM

Es así que para vigilar y pronosticar los fenómenos de escala menor anotados, se requiere la instalación de redes más densas e instrumental más moderno, dotadas de elementos de

comunicación que permitan acceder a la información de una manera más rápida. De otra parte, como los fenómenos de tiempo severo tienen corta vida y se caracterizan por un inicio y una finalización abrupta hoy en día se utilizan diferentes técnicas modernas para el pronóstico meteorológico agrupadas bajo el concepto de tecnología "nowcasting" (pronóstico ahora, en los siguientes minutos u horas)

Los países más avanzados en tecnología disponen de técnicas automáticas para la generación de alertas, llamadas "nowcasting techniques", que permiten a los meteorólogos interactuar con los datos en tiempo real que fluyen de manera continua e ininterrumpida a una central de proceso y despliegue donde se corren modelos que pueden ser ajustados sobre la marcha. Las ciudades avanzadas disponen hoy de redes meteorológicas automáticas con transmisión de datos meteorológicos o ambientales cada cinco minutos. Los datos de lluvias de estas redes se fusionan con los datos obtenidos de radares o sistemas de detección de relámpagos que conjuntamente con algoritmos y modelos matemáticos permiten entregar las alertas de manera más rápida.

2.1.1 Las redes meteorológicas en tiempo real como parte de los sistemas urbanos de alerta temprana

Todas las redes meteorológicas urbanas están bajo el paraguas de los sistemas de alerta temprana que "permiten a los individuos expuestos a una amenaza a tomar acción para evitar o reducir su propio riesgo y prepararse para una respuesta efectiva. La alerta temprana da respaldo técnico a las comunidades o individuos para actuar con tiempo suficiente y de una manera apropiada para reducir la posibilidad de daño personal, perdida de vida, daños a la propiedad y al ambiente y perdida de comunidades"[5]. Se reconoce hoy en día que si en diciembre 26 de 2004 hubiera existido un Sistema de Alerta Temprana (SAT) de tsunamis en el Océano Indico miles de vidas se hubiera podido salvar. Hay que diseñar, adaptar a las comunidades o ensanchar sistemas locales de alerta que se basen y complementen con los actuales sistemas nacionales y otros locales ya instalados y que la información de las redes pueda llegar a las comunidades. A nivel mundial ha habido progresos en la capacidad de valorar los riesgos, generar y comunicar las predicciones y alertas. Esto debido a los progresos en nuestro mayor conocimiento científico de las amenazas, y al uso más expandido de tecnologías de comunicación e información. En los últimos 30 años los muertos han disminuido en parte debido a la instalación de SAT y al mejoramiento de los sistemas de respuesta a las emergencias

Los sistemas de alerta temprana no son solamente los equipamientos técnicos y las personas encargadas de las emergencias. En una concepción más amplia y mas integral, de acuerdo con Naciones Unidas, los SAT deben estar centrados en la población e integrar 4 elementos fundamentales: a) conocimiento de los riesgos b) vigilancia técnica y servicio de alerta c)

[5] Tomado de la página web de la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres http://www.unisdr.org/ppew/

diseminación de alertas útiles a las comunidades en riesgo y d) conciencia pública y preparación para actuar.

2.2. MARCO LEGAL

El tema de las redes meteorológicas (o hidrometeorológicas en una concepción más amplia) pertenece al marco de la temática de la gestión del riesgo por cuanto la operación y uso de la información de las mismas permite conocer las amenazas, elemento fundamental que conjuntamente con la vulnerabilidad, permite una valoración del riesgo. El tema de la prevención de desastres y manejo de riesgos hace parte hoy del desarrollo social y económico de un país, una región o una localidad. En el caso de la ciudad de Bogotá, el riesgo ante fenómenos severos como las crecientes súbitas, las inundaciones y los incendios forestales existe pero las autoridades locales desde hace varios años entendieron que una de las opciones para disminuir la vulnerabilidad ante los mismos, para reducir el riesgo y minimizar las pérdidas de vidas y de productividad, es usar información de tipo técnica para la toma de decisiones y esto puede lograrse con las redes hidrometeorológicas y sísmicas.

Recientemente el concepto de desastre ha sido visto desde una perspectiva social, como un problema de desarrollo y de falta de planeación y no como un asunto creado por la naturaleza. Es algo que genera la actividad humana al no entender el comportamiento espacial y temporal de los fenómenos naturales que reclaman sus espacios de actividad. Es así como en los últimos años diferentes entidades internacionales, algunas del ámbito de Naciones Unidas y diferentes centros internacionales científicos se han pronunciado a favor de reconocer el tema de "manejo del riesgo" como el fundamento para el desarrollo social y económico. Los desastres de tipo ambiental y específicamente los de origen hidrometeorológico se reconocen como factores que llevan a un retroceso en la calidad de vida y en el desarrollo de muchos de nuestros países. Nuevos marcos legales internacionales o nacionales reconocen hoy la necesidad de la información técnica relacionada con el conocimiento del riesgo y para el caso que nos ocupa del riesgo hidrometeorológico. Las redes hidrometeorológicas en tiempo real[6] son uno de los pilares o fundamentos técnicos sobre los que las autoridades nacionales, regionales o locales hidrometeorológicas o ambientales o las entidades encargadas de las emergencias, como es el caso de DPAE, se pueden basar para la toma de decisiones.

2.2.1 Normatividad internacional

Los fenómenos de índole hidrometeorológico y climático cruzan las fronteras geográficas de los países y producen muchos daños materiales además de la pérdida de vidas humanas. Los organismos internacionales y las agencias de Naciones Unidas le prestan cada vez más atención a

[6] El presente documento se refiere a las redes meteorológicas aunque en algunos casos se hace referencia a un concepto más amplio como lo son las redes hidrometeorológicas.

los desastres, que limitan las posibilidades de desarrollo de los países en desarrollo. Hace ya 60 años se creó la Organización Meteorológica Mundial (OMM)[7] que ha sido pionera en la puesta en operación de redes meteorológicas e hidrológicas operativas, dispone de protocolos, estándares y recomendaciones sobre la temática, además ha creado y facilitado el intercambio de la información recolectada de la redes para fines de vigilancia meteorológica mundial y emisión de alertas por fenómenos de tiempo severo que puedan afectar a países de manera independiente o a grupo de países. EL IDEAM como representante de la OMM en Colombia opera desde hace varios años una red básica hidrometeorológica nacional que sirve para el seguimiento de fenómenos de gran escala o escala sinóptica (fenómenos de miles de kilómetros). Esta red, que ya tiene más de 30 años, ha sido fundamental para el estudio de los recursos climáticos e hídricos del país y para las actividades de un servicio básico de pronóstico y alertas.

En los últimos años la variabilidad climática y el cambio climático comienzan a afectar en mayor grado la vida de las comunidades, por la mayor densificación de las ciudades y de su actividad económica, lo que hecho imperioso contar con redes más densas que permitan hacerle seguimiento a los fenómenos de tiempo severo. Precisamente el V Foro Urbano Mundial de la ONU[8] ha reconocido que América Latina es la región más urbanizada y desigual del mundo y que su ciudades perpetuán el modelo de inequidad nacido en la época colonial. Muchas de las ciudades de América Latina se formaron sin planeación territorial y en el caso de Colombia gran parte de su población vive en zonas de alta pendiente o a las orillas de los ríos a merced de fenómenos que en cuestión de minutos puede acabar con sus viviendas, fruto del el trabajo, sacrificio y ahorro de muchos años.

2.2.2 Normatividad Nacional

No existe una normatividad nacional única relacionada con la instalación y operación de estaciones hidrometeorológicas y en general con los sistemas de monitoreo para alertas tempranas. Solamente se cuenta con los protocolos que aplica el IDEAM como autoridad hidrometeorológica nacional y que sigue los estándares del sistema mundial de observaciones de la Organización Meteorológica Mundial. Diversas redes manejadas por entidades ambientales y/o por organismos privados existen en el país, algunas de ellas instaladas en convenio con IDEAM y por lo tanto siguiendo las recomendaciones de la OMM, como la red FOPAE actualmente instalada.

Existe legislación muy reciente que promueve el uso de las mismas para el monitoreo de amenazas. En el caso colombiano, en el último Plan de Desarrollo[9] se logró incorporar el tema de la prevención de desastres ante amenazas de origen natural o antrópico. Esto exige entre otras cosas, aumentar el conocimiento, análisis y evaluación de las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo, y para el caso que

[7] La Organización Meteorológica Mundial es el organismo técnico de Naciones Unidas encargado de la estandarización de las observaciones y toma de datos meteorológicos

[8] El Foro tuvo lugar en Brasil en marzo de 2010

[9] El Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010 “Estado Comunitario: Desarrollo para Todos”. Capítulo 5.3 Gestión del Riesgo para la Prevención y Atención de Desastres, página 359

nos ocupa el monitoreo de las amenazas de origen natural mediante la instalación de redes especializadas. Había sido una constante en el país el destinar recursos para instalar y operar redes de monitoreo luego de grandes desastres como el tsunami de Tumaco en 1979, el terremoto de Popayán en 1983, el desastre del Nevado del Ruiz de 1985 y las graves inundaciones periódicas de los ríos Magdalena y Cauca. Esto y muchos desastres de magnitud menor llevaron a la creación del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres (SNPAD)[10] apoyado por entidades técnicas de escala nacional como HIMAT- hoy IDEAM, INGEOMINAS e IGAC, entre otras y de los organismos operativos como Cruz Roja, Defensa Civil y Bomberos. A través de la Ley 46 de 1988, se creó este Sistema que gracias al empeño y tenacidad de diferentes directores de la Oficina Nacional para la Prevención y Atención de Desastres (hoy Dirección de Gestión del Riesgo del Ministerio del Interior), y al reconocimiento de las tareas técnicas de las anteriores entidades que ya operaban para la época redes de medición y observación, se logró comenzar a trabajar en el tema de la prevención. El "apagón eléctrico" del año 1993 que provocó daños económicos cuantiosos por un fenómeno climático natural y periódico como es EL NIÑO rescató el valor de la meteorología y la climatología en el país, y en consecuencia, el valor de la información climática obtenida de redes de monitoreo para la toma de decisiones de planeación y desarrollo del país.

El Sistema mediante decretos posteriores a su creación fue reglamentado y en particular el Decreto 919 de 1989 dio origen al Plan Nacional de Prevención y Atención de Desastres. En el Artículo 1º del Plan se señala que el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres está constituido para alcanzar objetivos concretos, entre ellos el de la prevención y aquí aparece el rol que pueden desempeñar entidades locales como DPAE en el tema del monitoreo meteorológico, complementario al que hace la red nacional del IDEAM para la ciudad de Bogotá. El Plan en su artículo 7 en lo referente a los Programas para el conocimiento sobre riesgos de origen natural y antrópico cita la instalación y consolidación de redes, procedimientos y sistemas de detección y alerta para la vigilancia y aviso oportuno a la población. En particular se lee que"...se deben instalar redes de monitoreo y alerta de cuencas de régimen torrencial y de zonas inestables de ladera, redes y sistemas para detección y monitoreo de incendios forestales……."

El último "Plan de Desarrollo 2006-2010 Estado Comunitario: Desarrollo para Todos", en el Tomo I, punto 5, incluyó el tema de la Gestión Ambiental y del Riesgo que promueva el Desarrollo Sostenible. Este Plan reconoce la alta vulnerabilidad del territorio nacional a los desastres e invita a un fortalecimiento de las políticas públicas para la gestión del riesgo y a que se orienten no sólo a la atención sino prioritariamente a la prevención de desastres mediante:" 1) aumento del conocimiento, análisis y evaluación de las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo, y el monitoreo de las mismas 2) mejoramiento de la información y su divulgación…." entre otras cosas.

[10] El SNPAD es un conjunto de entidades públicas y privadas que realizan planes, programas, proyectos y acciones específicas para dar soluciones a los problemas de seguridad de la población.

El documento 2019- Visión Colombia II Centenario Resumen Ejecutivo, respalda también la necesidad de operar redes ambientales para tener una sociedad más informada y consistente con su realidad geográfica. Esto significa que para garantizar y mejorar la calidad de vida de los bogotanos, el Distrito debe operar, mantener y ensanchar sus redes con información en tiempo real, disponible para los tomadores de decisiones y el público en general. El documento referido menciona que para el año 2015, el 75% de la población colombiana estará viviendo en las ciudades.

2.2.3. Normatividad Distrital

Teniendo como punto de partida la legislación referente al Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres (SNPAD) y la normatividad relacionada con el Sistema Nacional Ambiental (SINA), las diferentes administraciones del Distrito Capital han estado incorporando y precisando estos temas de la normatividad nacional en la normatividad local. La DPAE [11] entre otras funciones asignadas "promoverá la organización y puesta en funcionamiento de sistemas de monitoreo de los fenómenos naturales y de los antrópicas que lo permitan, que puedan provocar situaciones de desastre, calamidad y emergencia, con el fin de fortalecer el conocimiento de tales fenómenos en orden a apoyar el mejoramiento continuo del proceso de toma de decisiones". En el Decreto 190 de 2004 (Compilación del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá - POT) se define que, "bajo la coordinación de la DPAE, se debe crear la red de monitoreo hidrometeorológico para definir acciones de prevención y alertas tempranas….".Posteriormente mediante el Decreto 423 de 2006 en su Artículo 8 numerales 2 y 3, lista los instrumentos que aplican para la gestión del núcleo del escenario (intervención preventiva) y para la gestión del Estado del riesgo (intervención correctiva), dentro de los cuales se encuentra el instrumento de Monitoreo de Amenazas.

Posteriormente, sale a la luz pública el Decreto 332 de Octubre de 2004,que ordena en su artículo 14 la adopción del Plan Distrital de Prevención y Atención de Emergencias y solicita a la Dirección de Prevención y Atención de Emergencias – DPAE, en su calidad de coordinadora del SDPAE, a elaborar dicho Plan, el cual es adoptado mediante el Decreto 423 de 2006.

En esta administración del Alcalde Moreno que tiene el Plan de Desarrollo "Bogotá Positiva: Para Vivir Mejor", 2008-2012, la gestión integral del riesgo se desarrolla a través del objetivo Derecho a la Ciudad, mediante el Programa Bogotá Responsable ante el Riesgo y las Emergencias, en el cual se encuentra inscrito el proyecto de inversión 0561 relacionado con el Fortalecimiento de la Capacidad Técnica y Social para la Prevención y Manejo del Riesgo. El objetivo que se busca con este proyecto es tener información disponible sobre las amenazas, vulnerabilidades y riesgos existentes y los instrumentos de gestión necesarios para incluir el conocimiento de la gestión integral del riesgo en la cultura ciudadana, y del cual hace parte el componente 3. Sistemas de Monitoreo y que tiene que ver con las redes meteorológicas o de otro tipo.

[11] Artículo 17 del Decreto 332/1994

3. SISTEMA DE MONITOREO METEOROLÓGICO EN TIEMPO REAL DE FOPAE EN BOGOTA

3.1 ANTECEDENTES

El sistema de alerta temprana de la ciudad de Bogotá cuenta actualmente con una red hidrometeorológica, instalada y operada con fondos de FOPAE (Fondo de Prevención y Atención de Emergencias), que es una bolsa de recursos que tiene la Alcaldía de Bogotá para el manejo de las emergencias a través de DPAE (Dirección para la Prevención y Atención de Emergencias). Es una de las varias redes instaladas en Bogotá ya que otras entidades locales como el Acueducto, la Secretaría de Ambiente de Bogotá, y nacionales como IDEAM operan estaciones en el área.

En el año de 1998, un año que se caracterizó por exceso de lluvias, debido a la presencia del fenómeno oceánico- meteorológico global "LA NIÑA", DPAE instaló una red inicial de 12 estaciones en la zona media y baja del río Tunjuelo en cooperación con el IDEAM a través del Convenio 017 (IDEAM – FOPAE), y teniendo como objetivo ayudar a la toma de decisiones en materia de alertas por inundaciones del río Tunjuelo y sus afluentes que afectaban de tiempo en tiempo a las localidades de Ciudad Bolívar, Tunjuelito ,Usme, Kennedy y Bosa. Esta red que internamente en DPAE se conoce como "red Campbell" constaba de nueve (9) estaciones pluviométricas, dos (2) estaciones de nivel de río y una (1) estación mixta lluvia-nivel. Posteriormente en el año 2004, DPAE mediante un nuevo convenio, el No. 550 entre IDEAM y FOPAE, se propuso la instalación de adicionalmente siete (7) estaciones: seis (6) de lluvia y una (1) de nivel, que comenzaron a operar en el año 2007.

En concepto de la OMM el radio de acción de una estación pluviométrica (que mide lluvia) es de 12 kilómetros para terreno plano y en caso de terrenos montañosos, se reduce en una proporción cercana al 50%. Esta recomendación se tuvo en cuenta en el diseño inicial de la red, además de la satisfacción de otros requerimientos como los recursos económicos disponibles, la accesibilidad y seguridad del sitio y las posibilidades de comunicación remota. Sin embargo para la segunda fase de ampliación de la red se estimó que el radio de acción de las estaciones pluviométricas instaladas era en promedio de 3 kilómetros, teniendo en cuenta la ubicación de las mismas en sitios de montaña o en terreno accidentado y pendiente. Es de anotar que con esta segunda fase, además de seguir con la vigilancia del río Tunjuelo, se buscaba de una parte mejorar el conocimiento de los deslizamientos de tierra en los cerros orientales, debido a que el detonante de las mismas son las lluvias y de otra, profundizar en el conocimiento de la climatología de la ciudad. Una tercera etapa de ensanche de esta red tuvo lugar posteriormente con ayuda de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA), fruto de lo cual se instaló en el año 2007 un pluviómetro adicional sobre la quebrada Chiguaza, afluente del río Tunjuelo y un sensor de nivel de río.

3.2 CARACTERISTICAS DE LA RED

La red de estaciones automáticas que componen la Red Hidrometeorológica de Bogotá operada por la DPAE, se muestra en la Tabla No.1. Consiste a la fecha en 20 estaciones, 3 de ellas con sensores de nivel y lluvia y las 17 restantes con sensor de precipitación. El objetivo primario de esta red es tener información oportuna y más localizada de las lluvias que dan lugar a procesos de inundación y deslizamiento y particularmente a fenómenos de inundación en las orillas del río Tunjuelo. Este cauce, que ya no es natural sino intervenido, tiene ubicados en su parte alta dos embalses: Chisacá y La Regadera, propiedad de la EAAB, que sirven de reservorios de agua para consumo humano; tiene además estructuras de control, incluida la estructura anti-inundación de Cantarrana, obras todas que tienen capacidad de regulación de las aguas del río Tunjuelo en caso de avenidas intensas. Adicionalmente la cuenca tiene un historial amplio de intervenciones antrópicas que han provocado problemas de erosión y sedimentación.

El sistema de transmisión de las estaciones es en tiempo real vía radio con recepción principal en la sede de DPAE - Oficina del grupo de estudios técnicos y una recepción de respaldo en las instalaciones del IDEAM (Oficina de Pronósticos y Alertas).

Nombre estación	No.	Coordenadas geográficas	Localidad	Cuenca
La Unión	1	04°20'33.5"N - 74°11'01.7" W	Sumapaz	Rio. Mugroso- Rio Tunjuelo
Pasquilla	2	04°26'46.4"N - 74°09'17.5" W	Usme	Q. Los Bobos- Rio. Tunjuelo
La Esperanza	3	04°27'04.8"N - 74°06'40.0" W	Usme	Quebradas Corinto y La Taza- Rio Tunjuelo
UAN- Usme	4	04°28'53.2"N - 74°07'37.0" W	Usme	Rio Tunjuelo
Sta Maria Micaela	5	04°30'02.0"N - 74°05'10.6" W	Usme	Q. Yomasa- Rio Tunjuelo
Doña Juana	6	04°30'02.9"N - 74°08'14.6" W	Usme	Rio Tunjuelo
Juan Rey	7	04°31'07.0"N - 74°05'18.7" W	Usme	Q. Verjones, Q. Chiuaza- R. Tunjuelo
Moralba	8	04°32'34.6"N - 74°04'49.1" W	San Cristobal	Q. Chihuaza-Rio Tunjuelo
Tanque Quiba	9	04°32'34.6"N - 74°09'21.0" W	Ciudad Bolivar	Q. Limas-Rio Tunjuelo
Molinos	10	04°33'10.7"N - 74°06'28.9" W	Rafael Uribe Uribe	Q. Chihuaza-Rio Tunjuelo
San Benito	11	04°33'52.3"N - 74°08'15.6" W	Tunjuelito	Rio Tunjuelo
Logística	12	04°34'18.0"N - 74°04'06.8" W	San Cristobal	R. San Cristóbal- Rio Fucha
Sierra Morena	13	04°34'29.8"N - 74°10'14.4" W	Ciudad Bolivar	Rio Tunjuelo
Vitelma	14	04°34'31.0"N - 74°04'18.8" W	San Cristobal	R. San Cristóbal- Rio Fucha
Guadalupe	15	04°35'31.1"N - 74°03'16.1"W	Chapinero	Q. Roosvelt- R. S. Francisco – Río San Agustín Río Fucha - Juan Amarillo
Kennedy	16	04°36'50.0"N - 74°10'53.0" W	Kennedy	Rio Tunjuelo
Independencia	17	04°37'19.0"N - 74°11'54.0" W	Ciudad Bolivar	Rio Tunjuelo
Tanque Paraíso	18	04°37'40.8"N - 74°03'30.2" W	Chapinero	R. San Francisco R. Arzobispo
UAN Circunvalar	19	04°38'11.9"N - 74°03'36.1" W	Chapinero	Q. Las Delicias y La Vieja-Rio Juan Amarillo
Cerro Cazadores	20	04°39'56.6"N - 74°01'42.5" W	Chapinero	Q. Chicó- Rio Juan Amarillo

Tabla No.1 Red meteorológica de DPAE.

En la Mapa No.1 Anexo se tiene la ubicación espacial de la red por localidades.

3.2.1 Proceso de los datos de la red

El grupo de estudios técnicos de la Coordinación de Investigación y Desarrollo cuenta con dos funcionarios profesionales, que se encargan de las funciones de análisis y proceso de la información de la red que llega de manera continua. Estos funcionarios laboran en horario de oficina y ante situaciones críticas trabajan jornadas adicionales. No hay un servicio de vigilancia de 24 horas. La información operativa es concentrada en el portal web del SIRE en http://www.sire.gov.co para consulta del personal autorizado. La información registrada con respecto a lluvia incluye la precipitación horaria de las últimas 24 horas, el acumulado de lluvia para las últimas 24 horas, la intensidad máxima horaria de las últimas 24 horas y el número de horas con lluvia. En el mismo portal se puede consultar información histórica de precipitación de las estaciones de la red. Datos de precipitación de algunas estaciones de la red EAAB se publican también en este en este servidor.

Una análisis rápido de los datos contenidos en los informes de monitoreo del año 2008[12] permite en una primera aproximación inferir que la calidad de los datos es buena. La información procesada queda registrada en estos informes que se elaboran cada año. Además de las actividades relacionadas con la vigilancia, el grupo de estudios técnicos reporta los daños en la red a los ingenieros de soporte contratados por la DPAE. Vale la pena mencionar que la DPAE tiene acceso a la información meteorológica en tiempo real de la EAAB y a la información de las estaciones satelitales de propiedad del IDEAM y que están en el área del Distrito o cerca, mediante consulta vía página web. Vale la pena mencionar que este grupo también se encarga de analizar la información hidrológica obtenida de tres miras ubicadas en la cuenca del rio Tunjuelo y de coordinar con otras entidades distritales las alertas que se requieran.

4. ANALISIS DE LA RED METEOROLOGICA ACTUAL DE FOPAE

El análisis de la red se hace desde dos frentes. El primero bajo consideraciones de representatividad de la precipitación y su variabilidad y el segundo bajo consideraciones de tipo meteorológico, teniendo en cuenta la circulación del aire.

La red meteorológica actual con que opera FOPAE ha servido para el seguimiento de las lluvias y sus intensidades en la cuenca del rio Tunjuelo. Esta red de 20 pluviómetros con transmisión en tiempo real cada 15 minutos, junto con la información de los niveles del río Tunjuelo en tres sitios ubicados en su parte baja, ha permitido en los últimos años dar las alarmas correspondientes, algunas de ellas basadas en la corrida de modelos hidrológicos[13] principalmente para la generación de alertas por inundación del río Tunjuelo.

[12] Facilitados por el ingeniero Jorge Rosas de DPAE
[13] De conversación con la Dra. Carolina Rogelis de DPAE

El mapa No.1 Anexo – Red meteorológica DPAE, con la ubicación de las estaciones, permite fácilmente visualizar que la red DPAE está más extendida hacia el suroriente (localidades de Usme, Ciudad Bolívar, San Cristóbal, Tunjuelito, Kennedy, Rafael Uribe, Bosa y sectores de Chapinero). Otras localidades de la ciudad principalmente en el centro, norte, occidente y suroccidente, donde están las localidades de Mártires, Barrios Unidos, Teusaquillo, Puente Aranda, Fontibón, Engativá, Antonio Nariño, Suba no cuentan con información de lluvia en tiempo real que llegue a DPAE. De otra parte, operan en el Distrito otras redes meteorológicas con capacidad de transmisión como la red SDA (Secretaría de Ambiente), que hace parte del Distrito (ver Cuadro No. 2 abajo y Mapa No. 2- Anexo - Red meteorológica automática de SDA) y la red del IDEAM (ver Cuadro No.3 en la siguiente página y Mapa No.3 – Anexo- Red meteorológica automática IDEAM en el Distrito y municipios vecinos), las cuales registran datos de lluvia y también datos de temperaturas extremas en áreas donde FOPAE no cuenta con estaciones.

Nombre estación	No.	Coordenadas geográficas	Localidad
Usaquén (Bosque)	1	04°42'44.3"N 74°02'06.6"W	Usaquen
Sagrado Corazón (MAVDT)	2	04°37'39.8"N 74°04'14.1"W	Santafé
Kennedy (Sony)	3	04°35'55.5"N 74°09'07.5"W	Kennedy
Tunjuelito-Tunal	4	04°34'34.7"N 74°07'51.5"W	Tunjuelito
Parque Simón Bolivar (IDRD)	5	04°39'30.5"N 74°05'02.3"W	Barrios Unidos
Las Ferias (Carrefour)	6	04°41'37.0"N 74°05'09.5"W	Engativá
San Cristobal sur	7	En proceso de instalación	San Cristobal
Suba (Escuela)	8	04°47'13.0"N 74°02'52.0"W	Suba
Kennedy-Kennedy	9	04°37'29.9"N 74°09'40.7"W	Kennedy
Chapinero (Santo Tomás)	10	04°39'34.0"N 74°03'35.0"W	Chapinero
Suba (Corpas)	11	04°45'54.4"N 74°05'48.4"W	Suba
Estación movil	12		
Puente Aranda	13	04°38'04.8"N 74°07'15.0"W	Puente Aranda
Fontibón	14	04°40'23.1"N 74°08'42.2"W	Fontibon
San Cristobal-Usme	15	04°29'87.8"N 74°07'58.1"W	Usme
CENTRAL-Vitelma	16	04°34'53.6"N 74°04'40.2"W	San Cristobal

Tabla No.2 Red meteorológica automática de SDA.

La red meteorológica de SDA está mejor distribuida a nivel de Distrito, teniendo en cuenta su objetivo principal como lo es la vigilancia de la calidad del aire. Si solamente consideramos los datos de estas tres redes sumadas FOPAE-SDA-IDEAM, (ver Mapa No.4- Anexo) teóricamente se obtiene una red con estaciones mejor distribuidas a nivel de ciudad y con mayor representatividad. No se tuvo en consideración la red de EAAB, pero si los datos de las tres redes nombradas arriba llegaran en tiempo real a un servidor central común, que pudiera ser el SIRE, facilitaría en primer lugar un análisis mejorado, con mayor detalle, del comportamiento espacial y temporal de diversos

parámetros meteorológicos, especialmente la precipitación; pero de tomar esta decisión podrían obtenerse productos comunes de utilidad para cada institución para sus fines respectivos. Es de resaltar que las anotaciones hechas, corresponden al área geográfica donde están ubicadas los principales asentamientos humanos de la ciudad de Bogotá y no se tiene en cuenta la localidad de Sumapaz, con poca densidad poblacional, donde FOPAE tiene ubicada una estación. En una etapa posterior, una red más extensa que incluya la red del EAAB podría ser considerada y de hecho DPAE tiene conocimiento de ese potencial[14]. Uno de los productos que podría servir a todas las entidades distritales y también al IDEAM es el mapa de lluvia diaria.

De la red FOPAE se ha beneficiado el modelo de deslizamientos que corre la Oficina de pronóstico y alerta del IDEAM con los datos de su propia red y los de FOPAE que recibe diariamente. Si se tuvieran en cuenta datos adicionales a los de IDEAM y FOPAE, el modelo de deslizamientos mejoraría para el área de Bogotá.

Nombre estación	Coordenadas geográficas	Municipio	Altitud (metros)
El Profundo	04°01'42.1"N 74°30'15.4"W	Cabrera	1860
Paquilo	03°59'37.0"N 74°23'53.0"W	Cabrera	2957
Tibaitatá	04°21'29.1"N 74°12'32.4"W	Mosquera	2543
Rio Calostros	04°39'39.6"N 73°49'38.4"W	La Calera	32 05
PNN Chingaza	04°42'49.4"N 73°48'11.7"W	La Calera	386 3
Escuela Villa Teresa	04°21'00.0"N 74°09'00.0"W	Bogo tá	3624
Pasca	04°18'36.4"N 74°18'42.3"W	Pasca	2256
Universidad Nacional	04°38'17.1"N 74°05'20.7"W	Bogo tá	2556
Minuto de Dios- Sierra Morena	04°34'36.7"N 74°10'36 .4"W	Bogotá	2687
IDEAM Centro	04°36'00.0"N 74°04'00.0"W	Bogotá	2646
Pto. Angosturas	03°47'33.6"N 73°55'20.9"W	Cubarral	8 54

Tabla No. 3. Red meteorológica automática de IDEAM en el Distrito y municipios limítrofes

El trabajo "Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Río Tunjuelo" [15] permitió conocer entre otros datos climáticos, el comportamiento de los gradientes de cambio de diferentes elementos meteorológicos, incluida la precipitación: el principal de los gradientes de precipitación detectados tiene dirección occidente – oriente, es decir la lluvia aumenta a medida que nos aproximamos a los cerros orientales. Y esto está asociado a las corrientes de aire que se forman en horas de la tarde en superficie, cuando los vientos alisios cambian de dirección ante un flujo de aire del este muy débil en la atmósfera. Gran parte de las lluvias en Bogotá tienen origen

[14] Documento preparado por el Ing. Jorge Rosas DPAE
[15] Estudio elaborado mediante Convenio IDEAM- FOPAE en el 2007 y con la autoría principal del meteorólogo Germán Bernal

convectivo, es decir un proceso de transferencia de calor y humedad en la vertical, que se da principalmente en los dos períodos de lluvia de marzo-mayo y septiembre- noviembre, cuando la zona de convergencia intertropical ZCIT está ubicada sobre la parte central del país. El fuerte calentamiento que se produce durante el día y parte de la tarde crea las islas de calor que conllevan al desarrollo local de nubosidad, cuyo tamaño en la vertical depende de la intensidad de los vientos. Si los vientos en la capa baja son muy fuertes las nubes no se desarrollan. Por el contrario si los vientos son débiles, las nubes al mismo tiempo que se forman, son transportadas por flujos del oeste de niveles bajos hacia el oriente de la ciudad y en algunos casos hacia los cerros orientales donde soportan un ascenso orográfico propiciando muchos de los aguaceros capitalinos. Considerado el análisis meteorológico anterior, el sector de los cerros orientales en su sector central y norte hasta el sector de Torca merecería la ubicación de sensores de lluvia adicionales ubicados sobre los nacimientos de las quebradas y también en| el sector contiguo a la vía a la Calera donde la vulnerabilidad ante deslizamientos por el creciente tráfico vehicular podría aumentar en los siguientes años.

Resultado de la experiencia de muchos años, cuando llueve sobre los cerros orientales de manera persistente durante 3-4 días, las precipitaciones pueden provocar crecientes súbitas y deslizamientos de tierra en zonas de alta pendiente, ante una saturación de los suelos y ocupación máxima de los drenajes. Hay que mencionar que en muchos casos los deslizamientos no solo se deben a la persistencia de la lluvias sino también a otros factores antrópicos como redes de agua no autorizadas con fugas, que ablandan los suelos, facilitando la erosión.

Otro mecanismo meteorológico que opera en el Distrito es la advección de aire húmedo hacia la Sabana de Bogotá procedente de los Llanos Orientales, y que le imprime a las localidades del sur de Bogotá y la parte centro-sur de los cerros orientales el clima típico de los Llanos con máximo de precipitación a mediados de año en un año normal y también problemas de deslizamientos que pueden afectar la vía hacia Villavicencio. En general estas lluvias y/o lloviznas tiene carácter más persistente y estratificado (nubes más desarrolladas horizontalmente) que pueden unirse a las producidas por procesos de tipo convectivo (nubes más desarrolladas verticalmente), que se caracterizan por alta variabilidad espacial y en el sector de ladera de los cerros orientales esta variabilidad es mayor por el ascenso orográfico forzado, lo que aconsejaría reforzar la red de los cerros, por encima de los 3000 metros. El gradiente sur-norte identificado en el estudio citado es más típico en los meses de junio, julio y agosto cuando actúan los vientos alisios del sureste que cruzan la cordillera y el páramo de Sumapaz dejando la mayor parte de la lluvia en el lado de barlovento en el Piedemonte Llanero y menor humedad a sotavento sobre la cuenca del río Tunjuelo, y hacia el interior de la ciudad. Es muy probable que las situaciones más críticas de lluvia sobre la cuenca del rio Tunjuelo se dan cuando se mezclan los dos flujos superficiales de aire, uno del occidente de la Sabana en dirección hacia los cerros y el otro del suroriente proveniente de los

Llanos, tema que merece una investigación pero para lo cual se requieren datos de viento en tiempo real.

Como fruto de este análisis, hay que reconocer que la DPAE tiene una red meteorológica que, aunque no cubre la totalidad de la ciudad si permite vigilar los sectores más críticos y de mayor densidad demográfica. La ampliación y mejoramiento de la red de precipitación para fines de prevención y atención de desastres debería considerarse, aunque una primera aproximación a esto debería tener en cuenta la información meteorológica que en tiempo real proveen otras entidades como SDA, IDEAM, EAAB y en última instancia la CAR que operan redes similares. Un diálogo formal entre las instituciones permitiría hacer un uso más eficiente de la información actual. Posteriormente habría que examinar los puntos vacíos sin información de precipitación, que se identifican más hacia sectores del occidente, suroccidente, centro y norte y especialmente hacia los cerros orientales donde la variabilidad espacial es mayor. Otros parámetros que necesita DPAE vigilar es la temperatura en los cerros orientales y de lo cual se tratará en el siguiente punto, por cuanto DPAE debe pasar del uso de sensores en superficie al uso de sensores basados en satélites.

5. USO DE NUEVAS TECNOLOGIAS DE SENSORES REMOTOS ACTIVOS Y PASIVOS PARA EL SEGUIMIENTO DE AMENAZAS

La red automática de superficie debería complementarse con sensores de otro tipo activos y pasivos, que permitan precisar el comportamiento de la precipitación y de otros parámetros meteorológicos.

A pesar de los adelantos en las técnicas de computación, tanto en la velocidad de procesamiento como en la capacidad de almacenamiento; en las mejoras a las redes de medición y observación meteorológica; en el aumento de la velocidad de transmisión de los datos de las estaciones que operan en tiempo real; en el mejoramiento de la física de los modelos etc., a la fecha no existen todavía modelos meteorológicos de meso y microescala que den resultados completamente satisfactorios para zonas ecuatoriales en donde está ubicada Colombia y la Sabana de Bogotá. Para fenómenos de tipo severo, a los cuales hicimos alusión en el comienzo de este documento, estos modelos en general no detectan los núcleos convectivos que producen las granizadas o los vendavales y menos las crecientes. En el país se usan modelos de escala global y de mesoescala como el GFS, WRF, MBAR y ETA para fines de pronóstico y de alertas. Centros avanzados en meteorología corren estos modelos de manera rutinaria hasta cuatro veces por día. El IDEAM opera un modelo de mesoescala WRF que máximo se corre dos veces por día. En este sentido se requiere pensar en nuevas tecnologías que están disponibles hoy en día en el mercado como los radares meteorológicos, el uso de modelos ensamblados y sensores satelitales que ayudarían a mejorar la vigilancia.

5.1 RADAR METEOROLOGICO

Es una de las tecnologías modernas que se usan para la detección y seguimiento de fenómenos meteorológicos severos como tornados, huracanes y sistemas nubosos convectivos que pudieran generar granizadas, vendavales o crecientes súbitas. El radar permite detectar la posición y el desplazamiento de las zonas de precipitación y dependiendo del tipo de radar, la evaluación de las intensidades de precipitación dentro del rango de uso. Uno de los tipos de radar de uso hoy en día es el llamado de efecto "Doppler" que permite seguir con mayor precisión la nubosidad en comparación con el radar convencional aunque a un mayor costo. Todo el territorio de Estados Unidos y de Europa occidental está cubierto por una red de radares.

El servicio meteorológico de Colombia no dispone de esta tecnología que para el caso de las ciudades ayudaría de manera significativa en el tema de las inundaciones y otros como la seguridad aérea y los pronósticos de corto plazo o "nowcasting". El rango efectivo de los radares se halla entre los 40 y los 200 kilómetros dependiendo de las características del radar como el tamaño del haz de la antena, la potencia de salida de la señal y la sensibilidad del receptor[16]. El radar permitiría advertir con algunas horas de anticipación la posibilidad de lluvias intensas en áreas muy concretas de la ciudad y el movimiento de las zonas de tiempo severo. Hoy países vecinos de Colombia como Venezuela, Aruba y Panamá tienen este tipo de tecnología. El Área Metropolitana del Valle de Aburrá tiene en marcha un proyecto de modernización del Sistema de Alerta Temprana de Amenazas de origen natural que contempla además de la automatización de las actividades de monitoreo, pronóstico y alerta, la ubicación de un radar meteorológico de soporte.

El Distrito Capital tiene, sumados los pluviómetros de todas las entidades, más de 100 puntos de medición de lluvia que servirían para la calibración del radar en caso de una futura adquisición. Beneficiarios del mismo podrían ser además de las entidades del Distrito, la CAR y EMGESA para el manejo de los embalses de Tominé, Sisga y Neusa, la Aeronáutica Civil para la operación aérea en las terminales de Eldorado y Guaymaral y el IDEAM para el mejoramiento de los pronósticos meteorológicos en la ciudad de Bogotá. La ubicación de un radar es un trabajo científico que requiere de estudios previos sobre el alcance máximo de las señales útiles emitidas en diferentes longitudes de onda en las bandas S, C y X (las más usadas para fines meteorológicos) y de su posible atenuación, que tiene en cuenta las condiciones orográficas del entorno, el tipo de nubosidad más común que se pretende vigilar. La definición del tipo de radar también depende de estudios previos como el tipo de lluvia más frecuente y la intensidad máxima probable, y para lo cual es muy importante los registros históricos de intensidades de precipitación. En el caso de Medellín los estudios previos indican que un radar operando en la banda S sería lo más aconsejable pero podría usarse uno de banda C usando correcciones polarimétricas.[17] Los costos de un radar convencional de banda C están estimados entre 1.6 y 2.0 millones de dólares. Existe también otra tecnología de

[16] Guía de prácticas hidrológicas. OMM No.168
[17] NOAA-NWS, 2009. Aburrá Valley Natural Hazard Early Warning System (AVNHEWS). p B-2

radares del tipo CASA de corto alcance (40 – 50 kilómetros) que aunque teóricamente se adaptan mejor a las condiciones orográficas de Colombia, todavía están en etapa de experimentación e investigación y sin respaldo comercial para fines de mantenimiento. El costo estos radares es menor y para una ciudad como Bogotá lo ideal sería establecer una red de radares con traslape, creando una imagen compuesta de ecos de cada unos de ellos. Es importante mencionar que los radares requieren calibración y la misma se hace con base en la información que aportan las redes meteorológicas. Ojalá esta tecnología tenga respaldo comercial en el inmediato futuro. Para el caso de la Sabana de Bogotá, con una topografía menos accidentada que la de Medellín debería considerarse esta opción tecnológica, ya sea el radar convencional, el Doppler o el de tipo CASA, por supuesto teniendo en cuenta todos los usuarios posibles lo que serviría para compartir costos de adquisición y mantenimiento.

5.2 USO DE IMÁGENES DE LOS SATELITES AQUA Y TERRA, SATELITES AMBIENTALES PARA MONITOREO DE INCENDIOS FORESTALES, DESLIZAMIENTOS DE TIERRA E INUNDACIONES

El sensor MODIS (Espectrorradiómetro de imágenes de resolución moderada) es un instrumento montado a bordo del satélite matinal TERRA y del satélite vespertino AQUA. Los dos satélites están sincronizados en su movimiento y vuelan a unos 700 kilómetros de altura en una órbita sincrónica con el sol, haciendo un monitoreo completo de toda la tierra en 1- 2 días y adquiriendo datos en 36 bandas espectrales sobre la dinámica global y los procesos que ocurren sobre la tierra, en los océanos y en la atmósfera baja. El primero de ellos puesto en órbita en 1999 y el segundo en el 2002. Trabajan con tres resoluciones de 1000, 500 y 250 metros. La información de estos satélites puede ayudar a los bomberos en la extinción de incendios por cuanto el satélite detecta el calor infrarrojo de los incendios e inclusive se puede inferir la dirección de movimiento. En la imagen 1 en la siguiente página se puede ver la calidad de este tipo de imagen de mediana resolución. Con base en estas imágenes el servicio forestal de los Estados Unidos prepara mapas de focos de incendios y se publican en Internet para que las personas puedan conocer la ubicación de los mismos. Con fines operativos sería conveniente que el gobierno nacional destinara fondos para la adquisición de la estación terrena receptora de MODIS y que una entidad como el IGAC se hiciera cargo del procesamiento digital de las mismas y de transferencia de la información en tiempo real o en caso de necesidad a las entidades operativas que las requieran. Como el MODIS envía información en 36 bandas espectrales, estos satélites sirven también para el monitoreo de inundaciones, de volcanes y del estado de los cultivos, por lo que DPAE podría beneficiarse para el tema de las alertas. Como con todos los temas de prevención es necesario que los profesionales de DPAE reciban capacitación sobre la interpretación de este tipo de imágenes.



Imagen No.1. Incendios detectados en el estado de Washington. Agosto 18 de 2001. Imagen, cortesía del proyecto MUDI de la NASA. Los puntos rojos indican los focos de los incendios

6. RECOMENDACIONES GENERALES

Las recomendaciones aquí presentadas están relacionadas con el tema del monitoreo meteorológico y los posibles beneficios que se ganarían con el uso de datos de otras redes de entidades del Distrito, regionales y nacionales que usan la información meteorológica. Asimismo se plantean nuevas oportunidades de mejoramiento del monitoreo.

1. Soporte continuo a la operación de la red actual FOPAE que ha demostrado una alta eficiencia durante el tiempo de existencia.

Las autoridades distritales necesitan de un soporte técnico para la toma de decisiones y en consecuencia la información en tiempo real que suministra la red tiene un valor agregado para la prevención de desastres que se traduce en la disminución de pérdida de vidas humanas y materiales. Las redes meteorológicas tienen unos costos que están plenamente justificados si la información de las mismas se traduce en alertas de uso público. En este sentido el aseguramiento permanente de los recursos económicos para la operación y mantenimiento de la red debe ser una prioridad de las administraciones del Distrito.

La red FOPAE actual, sumada a las redes SDA, EAAB, CAR e IDEAM suministra una buena representatividad de la precipitación en la ciudad para los estudios climatológicos. Para el tema de prevención de desastres y emisión de alertas, la actual red en tiempo real de FOPAE es buena pero se requiere una ampliación de la misma hacia el sector de Mártires, Barrios Unidos, Teusaquillo, Puente Aranda, Fontibón, Engativá, Antonio Nariño, Suba y sector de Torca y reforzar la red a lo largo del río Bogotá, en los cerros orientales y en la parte alta del Tunjuelo. No sobra advertir que hay unas limitaciones económicas cuando se quieren expandir una red y esto tiene que ver con el presupuesto de mantenimiento y operación que demanda sin embargo teniendo en cuenta el cambio climático en las siguientes décadas, es probable que se presenten fenómenos de tiempo severo localizados por lo que debe planificarse la expansión de la red, a medida que se disponga de mas recursos.

2. Centralización de la información de lluvia de las diferentes redes meteorológicas para un uso más eficiente de esta información.

Existen más de 50 sensores automáticos de lluvia con telemetría entre las entidades DPAE, SDA e IDEAM, sin incluir las de la EAAB. La concentración de esta información en tiempo real en un servidor para acceso oficial permitiría realizar una vigilancia más detallada de las amenazas, además de la preparación de productos como mapas diarios de lluvia y de temperaturas extremas que sirven a los fines de cada una de las entidades. Para la DPAE estos mapas sirven para la delimitación de áreas con precipitación persistente y ayudaría al IDEAM a mejorar el desempeño del actual modelo de deslizamientos y las alertas que se preparan para la Sabana de Bogotá. Un

acuerdo inicial debería buscarse entre las entidades del Distrito y posteriormente con otras entidades como CAR e IDEAM. Un Taller de expertos en sistemas y transferencia de datos para el intercambio de experiencias debería promoverse ante IDEAM, como la entidad central del SINA y que al final debe ser el repositorio de toda la información hidrometeorológica y ambiental nacional.

3. Revisión periódica de los protocolos de manejo, operación y tratamiento de la información meteorológica.

Cada red utiliza sensores producidos por diferentes marcas y con diferentes tiempos de filtrado y de transmisión de la información. Se requiere organizar reuniones o seminarios entre las diferentes entidades técnicas y con los profesionales y técnicos de las entidades para tratar aspectos de calibración de equipos, comparación de mediciones, discusión de procedimientos de control de calidad de la información, archivo de información y manejo de bases de datos. Recomendaría a DPAE hacer gestiones para que el IDEAM como autoridad hidrometeorológica nacional y con experiencia en estos temas coordinara estas reuniones

4. Apoyo en la adquisición e instalación de un radar meteorológico, sistemas de "nowcasting" y sensores de viento sobre los cerros orientales

Teniendo en cuenta que la actual red ampliada no satisface las necesidades de información referente a fenómenos de tiempo severo y a que la resolución de los modelos meteorológicos actuales no permite señalar con suficiente exactitud los sitios de formación de estos fenómenos, no visibles o detectables en las estaciones meteorológicas, valdría la pena recurrir a la tecnología de los radares y aprovechar la experiencia de Medellín que se dispone a ubicar un radar dentro de un proyecto denominado Sistema de alerta temprana de Amenazas Naturales del Valle de Aburrá. Este tipo de proyectos debe abordarse de manera interinstitucional para que sea aprovechado de manera integral entre los potenciales usuarios. Los trabajos que demanda este tipo de tecnología, si se quiere además automatizar y hacer uso de modelos de amenazas, toma tiempo además de recursos, inclusive años para la formulación del proyecto que requiere de asistencia externa para definición de las características técnicas, capacitación del personal hidrometeorológico y técnico, electrónico y de sistemas.

Se hace necesario que tanto IDEAM como DPAE cuenten con herramientas interactivas de presentación e integración de información meteorológica y ambiental de despliegue rápido y con capacidad de superposición de diferentes capas. Precisamente el Proyecto CLIBER que está en marcha y que trabaja IDEAM con la Organización Meteorológica Mundial, incluye la posibilidad de obtener licencias múltiples para el uso de software de integración del tipo McIDAS o NINJO a un costo de 20 000€ para dos licencias. Aquí surge la posibilidad para que DPAE pudiera conseguir una estación de trabajo bajo este proyecto, obtener la autorización del IDEAM para el acceso a determinada información y conectarse con IDEAM. Hoy en día existen diversas herramientas meteorológicas interactivas y tecnologías llamadas de "nowcasting" (el pronóstico para las siguientes horas) que resultan de una combinación interactiva de datos en tiempo real de redes meteorológicas

densas, radares, redes de detección de tormentas eléctricas y modelos de mesoescala sofisticados que ayudan a los servicios meteorológicos locales a emitir alertas con tiempo.

Igualmente, y como apoyo a las tarea de combate de incendios forestales y para precisar mejor las condiciones y pronósticos meteorológicos recomendaría instalar por lo menos una red de 5 sensores de velocidad y dirección del viento en las cimas de los cerros orientales, distribuidos de manera estratégica y con todas las medidas de seguridad. En este punto valdría la pena incluir la posibilidad de tener acceso a los productos MODIS de los satélites de órbita polar TERRA y AQUA, cuyas imágenes son de alta calidad para el seguimiento de amenazas naturales y en particular los incendios.

5. Apoyo a la ampliación de las capacidades operativas del IDEAM en relación con la Oficina de Pronóstico y Alertas y creación formal de un grupo de Monitoreo y Alertas en la DPAE que trabaje en coordinación con IDEAM en los temas hidrometeorológicos.

Actualmente el IDEAM es la autoridad nacional en el campo de la hidrometeorológica nacional, campo en el cual ha sido líder en el concierto latinoamericano. Igualmente por muchos años ha estado encargado de la preparación de los pronósticos meteorológicos y de las alertas a escala nacional, con base en todos los recursos técnicos y humanos que tiene en el país y con base en la red nacional de casi 3000 estaciones. La información que ha producido el IDEAM ha sido y es útil a diferentes sectores productivos, incluido el sector de prevención de desastres.

Si bien el IDEAM es y debe continuar con el liderazgo en la emisión de los pronósticos meteorológicos y de las alertas de carácter nacional, los recursos actuales de personal técnico y profesional y su red, no responde a las necesidades de información más localizada que requieren las grandes ciudades del país como Bogotá, Medellín, Barranquilla y Cali donde las amenazas a los núcleos poblacionales ha crecido. La capacidad actual del IDEAM no permite atender durante las 24 horas las demandas de información provenientes de las grandes ciudades del país, incluida Bogotá. El recurso humano del IDEAM se ha visto reducido en los últimos años, resultado de salida a pensión de muchos profesionales y técnicos. El IDEAM tiene un sistema centralizado de pronóstico y alertas, ubicado en Bogotá y no tiene la disponibilidad de un meteorólogo las 24 horas del día, como se hace en un servicio meteorológico desarrollado. Se debería buscar apoyo ante el alto Gobierno para que el IDEAM tuviera una nómina ampliada y presupuesto para los temas de monitoreo medioambiental en las ciudades principales y las 24 horas del día, recursos económicos y de personal para las actividades de modelamiento y de capacitación en este tema. Mientras tanto, DPAE pudiera apoyar al IDEAM con presupuesto y personal para el mejoramiento de los modelos meteorológicos y climáticos y los de cambio climático. Para el mejoramiento de los pronósticos meteorológicos habría que discutir conjuntamente con IDEAM y SDA una manera para contribuir a los gastos que demandaría un sondeo adicional de la atmósfera en Bogotá, información que entra en la corrida de los modelos e igualmente trabajar de manera conjunta los modelos climáticos, que son la base para los mapas de impacto climático.

Conjuntamente con el mejoramiento de la capacidad de IDEAM, el Distrito debería crear en la DPAE un grupo dedicado de manera exclusiva al monitoreo y alertas, revisando de manera continua la información procedente de la red, coordinando con el IDEAM este tipo de información con el fin de precisar a nivel local las tareas de acción o evacuación que se requieran en los temas de incendios, deslizamientos e inundaciones y produciendo boletines para las localidades.

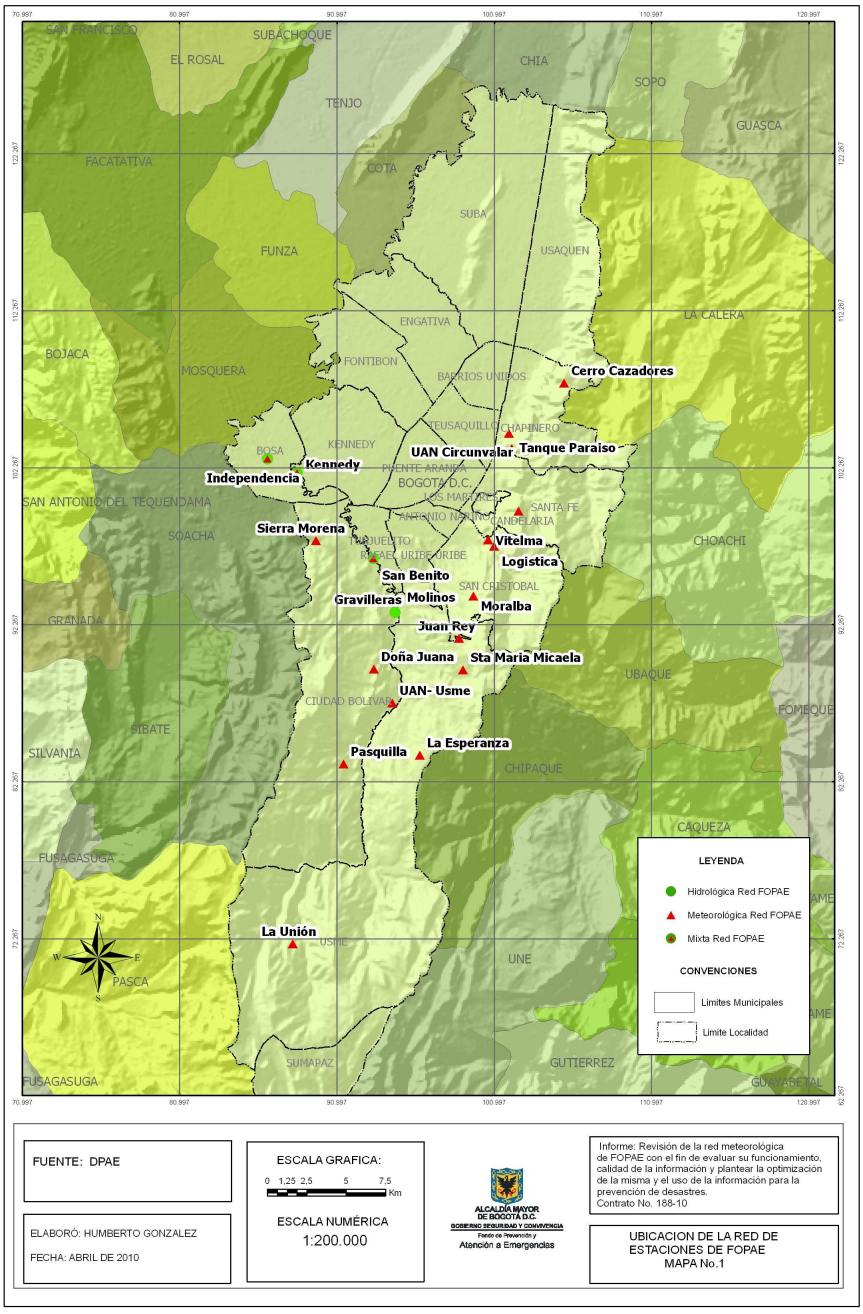
Se requiere en consecuencia un servicio de monitoreo continuo durante las 24 horas y un servicio de alertas que pueda manejar el problema de inundaciones, deslizamientos de tierra e incendios forestales de manera integral.

7. AGRADECIMIENTOS

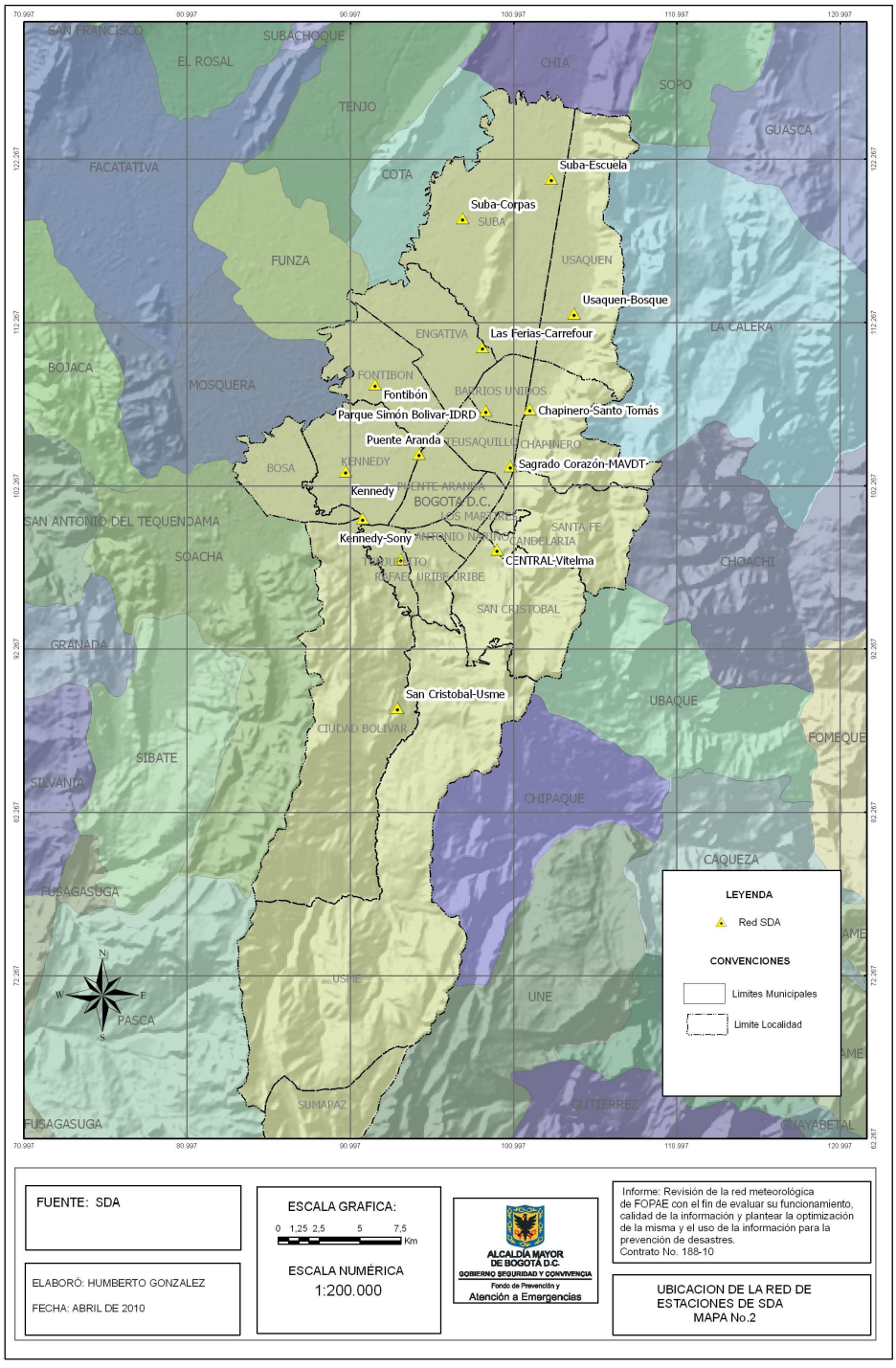
El anterior informe es una opinión personal del autor sobre la operación y funcionamiento de la red FOPAE y del trabajo que realiza DPAE para la operación continua de esta red y por lo tanto no compromete a DPAE. Recibí valiosa información y comentarios de las ingenieras Gladys Puerto, Responsable de la Coordinación de Investigación y Desarrollo del Área Técnica y de Gestión, y de los ingenieros Carolina Rogelis, Dulfay Ortiz y Jorge Rosas a quienes manifiesto mi agradecimiento.

Igualmente tuve la oportunidad de compartir sobre estas temáticas con el ingeniero Hugo Saavedra de la Subdirección de Meteorología del IDEAM y los ingenieros Ricardo Franco y Ernesto Romero de la Secretaria de Ambiente. A ellos también mis agradecimientos.

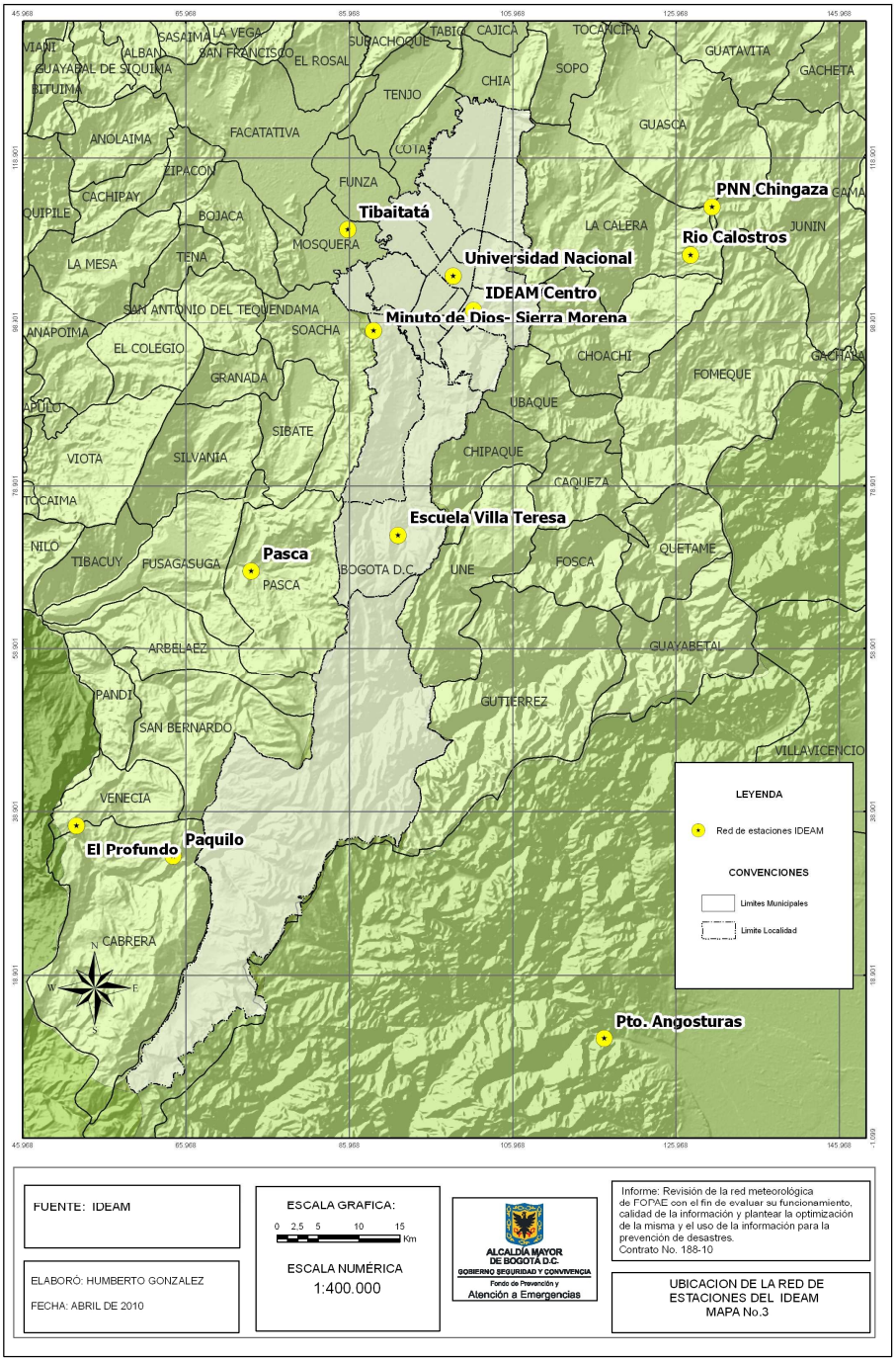
8. ANEXOS



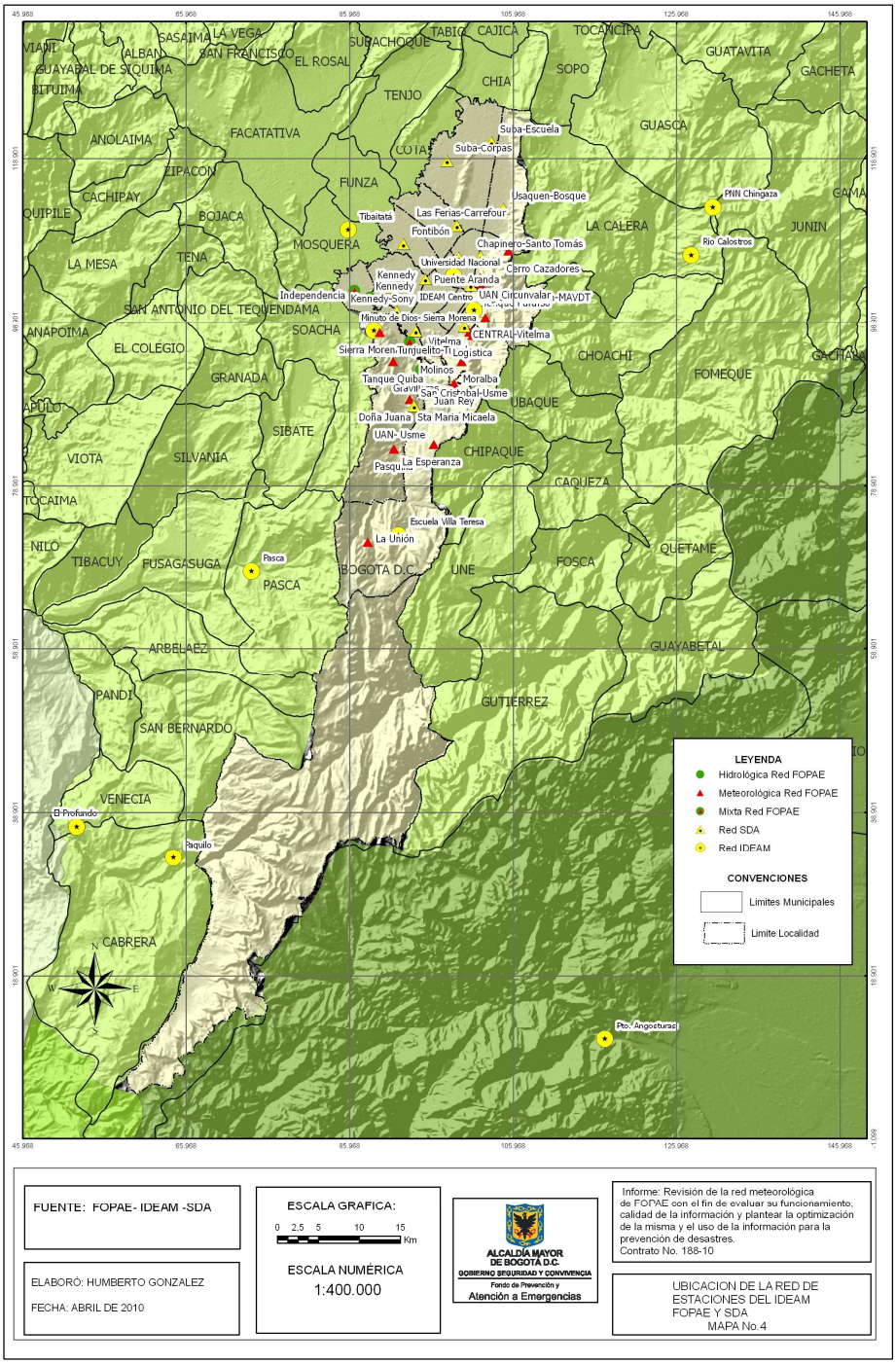
Mapa No.1 Anexo. Red meteorológica automática de FOPAE



Mapa No.2 Anexo. Red meteorológica automática de SDA



Mapa No.3 Anexo. Red meteorológica automática de IDEAM en el Distrito y municipios vecinos



Mapa No. 4 Anexo. Red meteorológica automática ampliada (FOPAE+SDA+IDEAM)

9. BIBLIOGRAFIA

Análisis del estado de la calidad del aire en Bogotá. Noviembre de 2007. Revista de Ingeniería de la Universidad de los Andes. Mauricio Gaitán, Juliana Cancino; Eduardo Behrentz

Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres. Kobe Japón. 2005. Marco de Acción de Hyogo 2005-2015

"Diseño de la Ampliación de la Red Hidrometeorológica de Bogotá y Cuenca Alta del Río Tunjuelo" elaborado en el marco del convenio Interadministrativo suscrito entre el IDEAM y FOPAE en el año 2004

Estudio de la caracterización climática de Bogotá y cuenca alta del Río Tunjuelo. DPAE- IDEAM. 2007

Guía de Instrumentos y Métodos de Observación Meteorológicas.OMM No. 8

Informe de Monitoreo Hidrometeorológico. IH-20 Año 2008. DPAE. Grupo de Estudios Técnicos, Coordinación de Investigación y Desarrollo, Área Técnica y de Gestión. Jorge Rojas

Informe Anual sobre el estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire. Noviembre de 2007.IDEAM

NOAA-NWS, 2009. Aburrá Valley Natural Hazard Early Warning System (AVNHEWS).

ORGANIZACIÓN METEOROLÓGICA MUNDIAL, OMM. "Guide to hidrometeorological practices" WMO-NO168 TP 82, 1970.

Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010. Hacia un Estado Comunitario

Principles of Applied Climatology. Keith Smith. Mc. Graw Hill. 1978. Traducido al ruso por L.T. Matveev