

Análisis comparativo de Sistemas de Alerta Temprana en inundaciones y deslizamientos de cuatro ciudades colombianas. Una propuesta de mejora para Bogotá.

Mónica Orozco Rodríguez*

RESUMEN

Esta investigación pretende comparar los Sistemas de Alerta Temprana de cuatro ciudades colombianas que han sido exitosos, en el marco del desarrollo de una propuesta de mejora de Gestión del Riesgo en la ciudad de Bogotá. Para esto se hizo un análisis comparativo de los planes, análisis de vulnerabilidad e instrumentos, con los que cuentan esas ciudades para atender eventos catastróficos por inundaciones y deslizamientos. La metodología utilizada para el análisis comparativo es el índice de resiliencia de los SAT compuesto de 24 indicadores distribuidos en cuatro dimensiones siguiendo los mismos parámetros técnicos de Cutter, Burton y Emrich (2010). El índice es un valor sintético que agrupa las ponderaciones de diferentes dimensiones donde se consideró el funcionamiento organizacional de los SAT (EO), los Instrumentos de Planificación (IP), los Sistemas de Información (SI) y Mecanismos de financiación (MF) como una forma de hacer un análisis integral de la condiciones que han hecho exitosos dichos procesos de monitoreo en las ciudades estudiadas. Los resultados indican que en términos generales el SAT de la ciudad de Bogotá se encuentra en buenas condiciones de funcionamiento sobretodo en aspectos organizacionales y de planificación frente al resto de ciudades, aunque debe mejorar los esquemas de financiación y en la parte técnica en la vigilancia tecnológica de otros SAT, la cobertura geográfica de los sensores y la eficiencia para la sistematización, almacenamiento y procesamiento de datos. De todos modos, en términos de estándares internacionales y según los datos encontrados en Némec, J., Engineering Hydrology (1973) en la que se define la cantidad de instrumentos a utilizar dependiendo de la topografía y el relieve de las poblaciones, se encuentra que Bogotá y en general las cuatro ciudades comparadas cumplen y superan la cantidad de equipos para la gestión del riesgo.

Palabras clave: Gestión del Riesgo, desastres, amenaza, alerta temprana

I. INTRODUCCIÓN

Dado el impacto económico presentado por las diferentes catástrofes naturales o antrópicas a nivel mundial y que parecen cada vez más frecuentes de acuerdo a los estudios hechos sobre el régimen de lluvias y la variabilidad y cambio climático (IDIGER, 2016), es indispensable contar con Sistemas de Alerta Temprana (SAT) que permitan advertir, prevenir y actuar de forma adecuada, minimizando los costos humanos y económicos. Con base en lo anterior, en

* Ingeniera Industrial de la Universidad Católica de Colombia. Estudiante de la Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio ambiente de la Universidad de Manizales. Correo: moniorozco70@gmail.com

Colombia se han desarrollado los SAT en diferentes ciudades, definiéndose de la manera más acorde con su topografía, la posición geográfica, la geomorfología e incluso algunos aspectos humanos o físicos, que influyen en la ocurrencia de inundaciones y deslizamientos como eventos a analizar en esta investigación.

A partir de las diferentes tragedias presentadas en el mundo se comenzó a definir un sistema que permitiera elaborar un plan de acción que se incluye desde la planificación urbana, hasta el control y la administración del riesgo con base en los diferentes fenómenos presentados en cada país (Conferencia Mundial sobre Reducción de Desastres, 2005). La planificación urbana constituye una gestión territorial que administra el uso del suelo, la movilidad y seguridad ciudadana, la cultura pública, el manejo de basuras y la convivencia en general de los habitantes de las ciudades, para finalmente llegar a establecer acciones de gestión del riesgo que disminuyan el impacto de los desastres naturales como los terremotos, la remoción de masas y las inundaciones, entre otras (Yamín-Ghesquiere, 2013).

En la Conferencia Mundial sobre la Reducción de los Desastres Naturales, llevada a cabo en Yokohama, Japón, en mayo de 1994, se definieron una serie de estrategias y un primer plan de acción que sirvieron de marco de referencia para el esquema denominado: “Mundo más seguro, para el siglo XXI” (Miembros de las Naciones Unidas y otros, 1994). A esta Conferencia le precedió una realizada en Cartagena de Indias, en Colombia, que congregó un número importante de participantes de varias naciones. La Conferencia de Yokohama, abrió un cambio para el decenio de 1990 a 2000, allí se establecieron a los gobiernos como responsables de la protección de los habitantes de cada país ante los desastres naturales, quienes contarían con el apoyo de instituciones no gubernamentales y con organismos de cooperación internacional, donde los países desarrollados aportarían recursos, tecnologías y en general el conocimiento para la protección de los países en vía de desarrollo. De todo lo anterior y con los datos de los desastres ocurridos en Colombia, se presentó la Ley 1523 de 2012 de gestión del riesgo donde se cubren diferentes aspectos para la prevención, control, financiación y manejo de los desastres, en este caso de los ocasionados por problemas climáticos. Dentro de esta Ley se contemplan subprocesos como: Conocimiento del Riesgo, mediante un Comité, Artículo 21, ítem, “Asesorar el diseño del proceso del conocimiento del riesgo como componente del sistema nacional”; Reducción del Riesgo, mediante el Comité Nacional para la Reducción del Riesgo, al que se podrán invitar a todos los representantes de entidades públicas o privadas, para propender por la articulación entre el conocimiento del riesgo y el manejo de desastres; y el Manejo y la Atención de las Emergencias, para el cual se crea también un Comité, que asesora, orienta y propende la orientación, formulación, seguimiento y evaluación para la respuesta y recuperación del Plan Nacional de Gestión del Riesgo. Los recursos asignados para la Gestión del Riesgo, son asignados, controlados y manejados por el *Fondo Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres*.

Esta política se enfoca en el conocimiento del riesgo al que se encuentra expuesta cada ciudad o región¹, la reducción de ocurrencia y la atención oportuna y adecuada de desastres. De acuerdo con esta Ley los principales componentes del Sistema de Información Nacional – SINA, que sirve de herramienta para activar los SAT son por medio de 1) la estructura organizacional, 2) los instrumentos de planificación, 3) los sistemas de información y 4) los mecanismos de financiación. La ley pretende estandarizar estrategias para la gestión de la información correspondiente a la gestión del riesgo en todo el país y articular estos sistemas con las diferentes entidades gubernamentales, nacionales o distritales para poder conjuntamente sustentar el desarrollo de todo el país. El SINA está constituido por las corporaciones regionales, institutos de investigación y autoridades ambientales que frecuentemente están monitoreando las condiciones climáticas, ambientales e hidrológicas y estableciendo parámetros de riesgos para las ciudades (Ley 1523 de 2012).

En Colombia, esta ley establece la forma de planificar, gestionar, prevenir y manejar los incidentes que se presenten como resultado de una catástrofe natural o antrópica. Se definen además los responsables, los recursos y su administración a nivel de cada ciudad. En los departamentos se presentan algunos cambios en cuanto a los participantes en cada sistema, debido que hay un presupuesto asociado y una institución de carácter pública, con apoyo de universidades, instituciones de investigación y otros de carácter privado que respaldan esta gestión principalmente la del manejo de información (Ley 1523 de 2012). De esta manera, los SAT comenzaron a desarrollarse mediante el conocimiento de los diferentes riesgos a los que está expuesta la comunidad, contando con unos mecanismos científicos o tecnológicos. (Domínguez-Lozano, 2014).

Algunos casos exitosos de SAT se reconocen en Manizales (Instituto de Estudios Ambientales-IDEA), Barranquilla (Instituto de Estudios Hidráulicos y Ambientales (IDEHA) y Medellín (Sistema de Alertas Tempranas del Valle de Aburrá - SIATA), razón por la cual, mediante la caracterización de los Sistemas de Gestión del Riesgo (GR) en esas ciudades, se busca hacer una descripción y comparación de los modelos de SAT en concordancia con lo que se tiene implementado en la ciudad de Bogotá por parte del Instituto de Gestión del Riesgo (IDIGER), en cuanto a la cantidad de sensores e instrumentos utilizados, las zonas de influencia, el control o medición y la forma como se usa la información para la prevención de las afectaciones ante los desastres naturales.

¹ Según Madones y Vidal (2001) los principales riesgos naturales en las ciudades están asociados a: 1) el peligro de anegamiento establecido como la acumulación de agua/luvia en la superficie del suelo; 2) el peligro de inundación fluvial, determinado por el desbordamiento descontrolado de flujos fluviales como ríos, quebradas y canales por causa de una creciente; 3) el peligro de remoción en masa por derrumbes y deslizamientos en zonas de ladera con inestabilidad morfodinámica; 4) el riesgo sísmico, determinado por el roce tectónico que produce vibraciones de la corteza terrestre de forma impredecible. Así mismo hay riesgos como: 5) las tormentas y huracanes, 6) la exposición a material piroclástico por las erupciones volcánicas y 7) los incendios forestales en zonas secas o boscosas.

En la investigación se busca entonces comparar estos sistemas, para identificar un modelo óptimo que permita proponer mejoras en Bogotá, donde las principales afectaciones han sido por inundaciones y deslizamientos. Inclusive, entre los años 2010 y 2011, estos hechos representaron el 35% del total casos de esa naturaleza ocurridos en los últimos 16 años en la capital (Datos Abiertos, Gobierno Nacional, Descargado en abril de 2018). De esta manera la investigación pretende identificar: ¿Cómo ha sido el funcionamiento, estructura y resultados de los SAT en algunas ciudades de Colombia y en particular en la ciudad de Bogotá?, ¿Cuáles son los insumos y parámetros técnicos con los que se cuenta en los SAT de las ciudades de Bogotá, Manizales, Barranquilla y Medellín como iniciativas de la gestión del riesgo?, ¿Qué acciones de comunicación y procedimientos de actuación se llevan a cabo a partir de la información suministrada por los SAT en las ciudades estudiadas donde se reconocen casos exitosos de gestión del riesgo?

Por otra parte se busca reconocer ¿cuál sería un marco legal acorde con las necesidades de gestión del riesgo para Bogotá a partir de la implementación de los SAT en otras regiones del país, en particular para la prevención de casos de inundaciones y deslizamientos?, ¿Qué acciones de mejoramiento se podrían implementar en el modelo SAT de Bogotá para el fortalecimiento de los esquemas de gestión del riesgo por inundaciones y deslizamientos?, y por último, ¿Cuáles son las perspectivas de aplicación de un SAT en Bogotá que contenga los instrumentos, parámetros y acciones que han resultado exitosas en la gestión del riesgo en otras ciudades colombianas?.

En esa perspectiva se pretende como **objetivo general** de la investigación: Realizar un análisis comparativo del funcionamiento, estructura y resultados de los SAT de las ciudades de Bogotá, Manizales, Barranquilla y Medellín, en el marco de desarrollo de una propuesta de mejoramiento para la gestión del riesgo en la ciudad de Bogotá, lo que implica de manera **específica**: 1) Identificar los insumos de monitoreo con los que cuentan los SAT en dichas ciudades como iniciativas de la gestión del riesgo por inundaciones y deslizamientos, 2) Reconocer las acciones y procedimientos que se llevan a cabo a partir de la información suministrada por los SAT para la gestión del riesgo que ha presentado mejores resultados en las ciudades estudiadas, 3) establecer un marco comparativo de cada SAT de acuerdo con la Ley según parámetros organizacionales, de planificación, de sistemas de información y mecanismos de financiación y 4) Desarrollar una propuesta que permita fortalecer el SAT en la ciudad de Bogotá y su área de influencia (La Sabana de Bogotá) para reducir el riesgo de inundaciones y deslizamientos.

II. APROXIMACIÓN CONCEPTUAL Y EXPERIENCIAS SOBRE SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

Un Sistema de Alerta Temprana es un método o conjunto de procesos que se implementan en las diferentes ciudades con el ánimo de evitar la pérdida de vidas humanas y disminuir el impacto social y económico que se pueda presentar por la ocurrencia de un evento desastroso

(natural o antrópico), y que puede ser previsible. Cada ciudad requiere la implementación de un SAT acorde a su territorio y condiciones ambientales, como topografía, clima, eventos naturales propios de su localización (tornados, ciclones, tempestades, entre otras), o cambios que se han venido generando con el calentamiento global ocasionado por los problemas ambientales.

En el Decreto de ley 1523 de 2012 se establecen la forma de planificar, gestionar, prevenir y manejar los incidentes que se presenten como resultado de una catástrofe natural o antrópica, en el país. Se definen los responsables, los recursos y su administración, a nivel de cada ciudad. Sin embargo, en cada departamento se presentan algunos cambios en cuanto a los participantes en cada sistema.

Según la Ley la gestión del riesgo *“es un proceso social orientado a la formulación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas, estrategias, planes, programas, regulaciones, instrumentos, medidas y acciones permanentes para el conocimiento y la reducción del riesgo y para el manejo de desastres”*, cuyo propósito es *“contribuir a la seguridad, el bienestar, la calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible”* (Ley 1523, 2012, p. 1).

Los SAT comienzan a desarrollarse en los territorios mediante el conocimiento de los diferentes riesgos a los que está expuesta la comunidad, contando con unos mecanismos científicos o tecnológicos, que pueden estar siendo manejados ya sea por Entidades Públicas, Universidades o Instituciones creadas para dicho fin, que estén permanentemente haciendo las diferentes lecturas de las transmisiones de datos y la emisión de las alarmas cuando esto corresponda. En el caso colombiano cada departamento tiene un presupuesto asociado y una institución de carácter pública, con apoyo de universidades, instituciones de investigación y otros de carácter privado que apoyan esta gestión, principalmente la del manejo de información.

De toda la información que se recoge de los diferentes sistemas (lluvias, velocidad de viento, crecimiento de los ríos, entre otros) se deriva una respuesta inmediata a las alarmas, lo que en definitiva requiere de un apoyo gubernamental que desarrolle planes de respuesta, actualizados permanentemente. Un Sistema de Gestión de Riesgo se define entonces como:

“Un proceso social complejo cuyo fin último es la reducción o la previsión y control permanente del riesgo de desastre en la sociedad, en consonancia con, e integrada al logro de pautas de desarrollo humano, económico, ambiental y territorial sostenibles. En principio, admite distintos niveles de intervención que van desde lo global integral, lo sectorial y lo macro territorial hasta lo local, lo comunitario y lo familiar. Además, requiere de la existencia de sistemas o estructuras organizacionales e institucionales que representan estos niveles y que reúnen bajo modalidades de coordinación establecidas y con roles diferenciados acordados, aquellas instancias colectivas de representación

social de los diferentes actores e intereses que juegan un papel en la construcción de riesgo y en su reducción, previsión y control". (Lavell, 2003, p. 5).

La gestión del riesgo debe tener bien estructurados cinco fases: 1) la identificación y reconocimiento de los riesgos, mediante el modelado probabilístico, y con base en la información histórica y los diferentes estudios de cambios climáticos presentados, 2) la reducción del riesgo, tomando medidas de ordenamiento territorial, e implementando políticas de mitigación del riesgo adaptados a cada región, 3) la preparación para la protección civil, actualización de los equipos de respuesta a desastres, optimizando los Sistemas de Alerta Temprana, y teniendo una planificación bien estructurada para la atención de los desastres y las contingencias, 4) la protección financiera, evaluando, definiendo y controlando los presupuestos destinados para contingencias, y estableciendo instrumentos de financiación, y por último, 5) la reconstrucción, mediante políticas de recuperación de las estructuras afectadas (edificios, carreteras, puentes, entre otros).

En esta perspectiva un Sistema de Alerta Temprana (en adelante SAT) es un método o conjunto de procesos que se implementan en las diferentes ciudades con el ánimo de evitar la pérdida de vidas humanas y disminuir el impacto social y económico que se pueda presentar por la ocurrencia de un evento desastroso (natural o antrópico) y que puede ser previsible, en otras palabras, es componente esencial dentro de la Gestión del Riesgo.

Es por eso que lo primero que debe incluir un Plan de Gestión del Riesgo es un diagnóstico de la ciudad o región donde éste se va a aplicar, conociendo históricamente los desastres más representativos, y los riesgos a los que se están expuesta. En segundo lugar y con base en la información registrada y analizada, se levanta un plan de prevención, que busca minimizar la ocurrencia de daños ocasionados por las diferentes amenazas, o si estas son antrópicas, disminuir la vulnerabilidad, evitando o impidiendo que ocurra el desastre. Este plan de prevención debe incluir las medidas a tomar para reducir al máximo la pérdida de vidas humanas, organizando la respuesta que se debe tener en caso de ocurrencia de la catástrofe. Luego se implementa este Plan de Respuesta, que debe incluir todo lo necesario para disminuir la pérdida de vidas, posterior al desastre, por falta de atención, y la adecuada vigilancia y cuidado tanto a las personas como a los sitios afectados, evitando o disminuyendo riesgos secundarios. Se busca luego la rehabilitación de los servicios primordiales y la atención de las necesidades básicas de los afectados (alimentación, agua, resguardo, medicinas, entre otras). Por último, el Plan debe incluir lo necesario (presupuesto, tiempos, responsables) de la reconstrucción y reparación a corto, mediano y largo plazo de la región afectada.

Parte de la importancia de los Sistemas de Alerta Temprana, radica en los planes de Gestión del Riesgo, que debe proyectar, definir y ejecutar cada ciudad, con base en la información histórica de los diferentes desastres, como de la dada por los equipos que se han ido tecnificando

cada vez más como parte de preparación para los diferentes problemas, asociados principalmente al cambio climático, pero también a los riesgos tanto naturales como antrópicos.

III. DISEÑO METODOLOGICO

Esta investigación es de tipo descriptiva y comparativa, donde se caracterizará cada uno de estos Sistemas de Alerta, verificando sus propiedades (cantidad de instrumentos o equipos, ubicación de los mismos, cobertura, oportunidad de la información proporcionada, análisis de la misma, entre otros). Adicional a lo anterior, se hizo un análisis de la interrelación entre las diferentes entidades que componen el SAT y la forma de compartir información para una mayor oportunidad a la hora de alertar la ciudadanía, en caso de una posible evacuación, o reacción ante un evento que pueda resultar catastrófico.

El estudio se hizo en donde están situadas las bases de los Sistemas de Alerta Temprana de Barranquilla (IDS), Manizales (IDEA), Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA), y el SAT de Bogotá, y otras entidades como Universidades, Corporaciones Regionales o Instituciones científicas que tuvieran relación con la instrumentación de gestión del riesgo. Se tomaron como base estas ciudades, debido a su importancia dentro de las catástrofes presentadas a lo largo de la historia del país, y por su influencia en el crecimiento del mismo. Estas ciudades han sido escogidas por la importancia que tienen en sus desarrollos de sistemas de alerta temprana, y por la incidencia en cantidad de eventos presentados por año, Barranquilla, como referente de ciudades costeras, Medellín y Manizales, dada la importancia de su geomorfología y porque son las ciudades con más sucesos catastróficos y con mayor aporte de víctimas, tanto humanas como materiales. Bogotá por su parte, es el objeto de estudio para proponer una mejora en este sistema, si bien cuenta con equipos sofisticados y de punta, aún no se ha podido unificar para optimizar los recursos y mejorar la respuesta ante un desastre natural.

Para esto se hizo un levantamiento de información primaria, con base en los datos encontrados en cada una de las páginas oficiales de los diferentes entes de control, luego un trabajo de campo, donde se verificó lo encontrado y se complementó mediante encuestas. Las entidades oficiales, aparte de las bases de los SAT de cada ciudad, estuvieron encabezadas por el IDIGER, La Universidad Nacional de Colombia (Sedes Bogotá, Manizales y Medellín), las Corporaciones Autónomas de las mismas ciudades (Barranquilla, Medellín, Manizales y Bogotá), IDEAM, entre las más destacadas. Se tuvo también en cuenta la página Web, de *Datos Abiertos, Gobierno en línea*², como referente de cantidad de eventos catastróficos en el país desde 1997 hasta 2013,

Para esta investigación se consideró como herramienta comparativa de los SAT en las ciudades de Bogotá, Medellín, Barranquilla y Manizales, la técnica de *Benchmarking*, la cual ha sido utilizada sobretodo en el ámbito organizacional. No obstante, dada su utilidad “hace que se

² <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Cat-logo-Nacional-de-Estaciones-del-IDEAM/hp9r-jxuu/data>

considere en otros ámbitos, como las “organizaciones públicas”, y otros niveles, “sectorial” y de “entorno” (regional, nacional e internacional)” (Intxaurburu, Ochoa y Velasco, 2007, p. 2). El Benchmarking es un modelo que analiza “el performance de una compañía que puede ser considerado en tres aspectos principales: productividad, eficiencia y calidad” (Farsi, Fetz y Filippini, 2007, p. 7)³. La posibilidad de esta técnica facilita no solo reconocer las ventajas, sino que se entiende como un proceso de aprendizaje sobre “cómo rediseñar y adecuar las mejores prácticas en función de sus propios objetivos, estrategias y recursos; es decir, contextualizar las mejores prácticas según las exigencias específicas” (López, 2010, p. 166). El Benchmarking permite establecer un marco comparativo a nivel organizacional sobre buenas prácticas, indicadores de desempeño⁴ y comparación de procesos con indicadores cuantitativos y cualitativos.

Por tal razón se eligió la técnica del Benchmarking bajo cuatro dimensiones que defina la Ley 1523 de 2012 sobre la gestión del riesgo a partir de los sistemas de alerta temprana. Para ellos primero se hizo la recolección de la información, luego el análisis de datos y la comparación de los SAT en términos organizacionales, instrumentales (planificación y los equipos técnicos) y los mecanismos de funcionamiento. La metodología Benchmarking ha sido usada en otros escenarios para establecer una batería de indicadores mediante un modelo comparativo de la eficiencia de los sistemas de resiliencia ante los desastres naturales en la región sureste de los Estados Unidos, para lo cual se identificaron medidas y estándares de resiliencia de la comunidad considerando aspectos sociales, económicos, institucionales, la infraestructura para la resiliencia y el capital comunitario en las regiones analizadas. El ejercicio comparativo del Benchmarking permitió estimar un índice de resiliencia que sirve de línea de base para establecer medidas de adaptación y acción ante los desastres naturales, relacionados con la vulnerabilidad de la población, la infraestructura de soporte como albergues, las instituciones sociales que servirían de apoyo y voluntariado y en general las capacidades locales para enfrentar el desastre (Cutter, Burton y Emrich, 2010).

En sentido, este trabajo tendrá la lógica de estimar un índice de resiliencia sobre la potencialidad de los SAT en Bogotá, Medellín, Barranquilla y Manizales para gestionar el riesgo de desastre por remoción de masa e inundaciones, a partir los parámetros de la Ley 1523 de 2012 en materia de 1) Estructura organizacional, 2) Instrumentos de Planificación, 3) Sistemas de Información y 4) mecanismos de financiación. Esto implica que el modelo de Benchmarking tendrá un enfoque cualitativo y cuantitativo en función de la identificación de procesos, el mapeo y la evaluación comparativa de cada SAT para enfrentar el riesgo. La estructura del modelo de Benchmarking se presenta en la siguiente tabla:

³ La cita original en inglés es: “The performance of a company can be regarded in three main aspects: productivity, efficiency and quality”.

⁴ Según Tribunal de Cuentas de la Unión de Brasil (2000, p. 8) “normalmente esses indicadores estão relacionados aos aspectos da produtividade, da utilização de recursos, dos custos unitários e, quando possível, da qualidade do serviço”

Tabla 1. Modelo de Benchmarking para los Sistemas de Alerta Temprana

Estructura Organizacional	Instrumentos de planificación	Sistemas de información	Mecanismos de financiación
<ul style="list-style-type: none"> • Dependencia de una institución de apalancamiento (1-10) • Número de funcionarios con dedicación exclusiva • Grado de vinculación de otras instituciones (%) (número de instituciones) • Tiene el SAT un plan de direccionamiento estratégico (1-0: Misión, Visión, Objetivos estratégicos) • Cuenta con estructura física funcionamiento (1-0) y área (m²) • Tiene mapa de procesos (1-0) (claridad 1-10; eficiencia 1-10) 	<ul style="list-style-type: none"> • Vinculación del SAT en planes de desarrollo (1-0: se menciona, tiene acciones; tiene recursos) • Uso de la información suministrada por los SAT (escala de percepción 1-10) • Periodicidad en la trasmisión de la información (días) (1-10) • Reuniones periódicas con actores locales que toman decisiones (número/mes) (1-10) • Interlocución mediática y comunicación a las comunidades afectadas y a la ciudad (visibilidad social del SAT: 1-10) (0-1: Boletines, portal, espacios en medios de comunicación) 	<ul style="list-style-type: none"> • Instrumentos de medición de última tecnología (1-10) (Cuáles) • Parámetros de referencia para determinar el nivel de riesgo (1-10) • Identificación de tipos de riesgo en la ciudad (1-10) • Reconocimiento de áreas prioritizadas de riesgos (1-10) • Mantenimiento continuo de los sensores (1-10) • Visitas periódicas a la zona de riesgo (1-10) • Buena cobertura geográfica de los sensores de riesgo (1-10) • Sistema eficiente de almacenamiento y procesamiento de datos (1-10) • Vigilancia tecnológica con otros SAT (1-10) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cuenta con partidas presupuestales para su funcionamiento (1-10) (% recursos públicos) • Gestión de sus propios recursos (1-10) (% recursos propios) • Cuenta con portafolio de servicios consultoría, venta de información (1-10) • Donaciones en dinero o especie (1-10) (% presupuesto)

Fuente: elaboración propia
Elaborado Mayo de 2018

Como ya se dijo la información recolectada tuvo en cuenta fuentes primarias y secundarias. En el primer caso, se aplicó un instrumento de 23 preguntas a un funcionario encargado de la administración del SAT en cada ciudad para cada modalidad de riesgo. Las preguntas se estructuraron en categorías ordinales y nominales, según la naturaleza de cada una, de manera que se lograra establecer en una escala de Likert las percepciones sobre cada práctica evaluada, y en el caso de las preguntas binarias, la ausencia de un proceso se le otorgaba una valoración de 0 y 10 cuando el SAT contaba con dicho proceso o buena práctica. El instrumento de recolección de información aplicado en las cuatro ciudades se presenta en el anexo.

En el caso de las preguntas cuyas respuestas no se podía estructurar en la escala ordinal o binaria, se aplicó una estandarización por clústeres, una técnica factorial usada para transformar las variables en escalas homogéneas de comparación. Frente a la información secundaria, esta se obtuvo de los planes de desarrollo, las partidas presupuestales y sobre información contenida en portales web de los SAT de cada ciudad. En el caso de Bogotá se obtuvo del IDIGER⁵, en Medellín del SIATA⁶, en Barranquilla del IDS⁷ y en Manizales del IDEA⁸.

El índice de resiliencia de los SAT se compone de 24 indicadores distribuidos en cuatro dimensiones siguiendo los mismos parámetros técnicos de Cutter, Burton y Emrich (2010). El

⁵ Instituto Distrital para la Gestión del Riesgo. Disponible en: <http://www.idiger.gov.co/>

⁶ Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá. Disponible en: https://siata.gov.co/siata_nuevo/

⁷ Instituto de Desarrollo Sostenible. Disponible en: <https://www.uninorte.edu.co/>

⁸ Instituto de Estudios Ambientales. Disponible en: www.idea.unal.edu.co/

índice es un valor sintético que agrupa las ponderaciones de cada dimensión y se calcula como un promedio ponderado del peso de las sub-dimensiones. Este índice se puede representar como:

$$\overline{IRR}_x = \frac{\sum_{i=1}^n [\alpha EO_i + \gamma IP_i + \mu SI_i + \pi MF_i]}{x}$$

Donde \overline{IRR}_x es el promedio de cada vector afectado por los coeficientes α, γ, μ y π los cuales se determinaron en función de la importancia que define la Ley 1523 de 2012 sobre las cuatro áreas que debe tener un SAT para su funcionamiento. En este caso α tiene un peso de 0.15, γ un peso de 0.2, μ un peso de 0.45 y π un peso de 0.2. Por otra parte x representa las cuatro dimensiones del índice, expresadas en EO que corresponde a la valoración sobre la Estructura Organizacional, IP sobre el puntaje en los Instrumentos de planificación, SI la relevancia de los Sistemas de información y MF el puntaje de los Mecanismos de Financiación. En este caso la ponderación de SI tiene mayor peso debido a que el objetivo de esta investigación se concentra especialmente en los equipamientos y proceso de los sistemas de información. Entre tanto i representa los valores que asume el índice en las x dimensiones para cada ciudad. El índice se presenta en una escala de 0 a 10, donde cero corresponde con un grado de competitividad del SAT muy bajo y 10 con un grado muy alto. El índice asume valores de la siguiente manera: $0 \leq \overline{ISS} \leq 10$. La estructura del índice se presentará en la siguiente tabla:

Escala	EO	IP	SI	MF
Nivel muy alto	$0 \leq \overline{\alpha EO}_i \leq 3.3$	$0 \leq \overline{\gamma IP}_i \leq 3.3$	$0 \leq \overline{\mu SI}_i \leq 3.3$	$0 \leq \overline{\pi MF}_i \leq 3.3$
Nivel intermedio	$3.4 \leq \overline{\alpha EO}_i \leq 6.6$	$3.4 \leq \overline{\gamma IP}_i \leq 6.6$	$3.4 \leq \overline{\mu SI}_i \leq 6.6$	$3.4 \leq \overline{\pi MF}_i \leq 6.6$
Nivel Muy bajo	$6.7 \leq \overline{\alpha EO}_i \leq 10$	$6.7 \leq \overline{\gamma IP}_i \leq 10$	$6.7 \leq \overline{\mu SI}_i \leq 10$	$6.7 \leq \overline{\pi MF}_i \leq 10$

Por otra parte el criterio para evaluar la dimensión técnica de los SAT en cuanto a sistemas de información, están la cantidad de instrumentos utilizados en cada una de las ciudades los cuales se determinaron de la siguiente manera, considerando además la metodología de Némec, J., Engineering Hydrology (1973).

$$\begin{aligned} \text{Manizales} &= \frac{\# \text{ Instrumentos}}{\text{Area Cubierta}} = 6 / 572 \text{ km}^2 \\ \text{Medellín} &= \frac{\# \text{ Instrumentos}}{\text{Area Cubierta}} = 21 / 1157 \text{ km}^2 \\ \text{Barranquilla} &= \frac{\# \text{ Instrumentos}}{\text{Area Cubierta}} = 12 / 166 \text{ km}^2 \\ \text{Bogotá} &= \frac{\# \text{ Instrumentos}}{\text{Area Cubierta}} = 41 / 1775 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

a) Principales SAT estudiados y su funcionamiento

Colombia está expuesta a diferentes riesgos, dependiendo de la ciudad o región, bien sea por la abrupta topografía de las cordilleras, donde predominan las fallas volcánicas y geológicas, o la exposición costera a ambientes tropicales de fuertes vientos y huracanes. Por ejemplo, en ciudades costeras como Barranquilla, se presentan inundaciones que pueden estar asociadas a huracanes o tormentas tropicales que conllevan a fuertes lluvias, a parte de la temporada húmeda que genera problemas de crecimiento de ríos y canales que producen estas inundaciones. Además es una ciudad propensa a la formación de “arroyos” en forma intempestiva por lluvias y en ese caso es indispensable un sistema que informe oportunamente la formación de estas inundaciones, para lo cual se cuenta con una Red de Sensores Inalámbricos, que tiene unos microsensores, encargados de recolectar, procesar y transmitir la información necesaria para evitar más pérdidas humanas, mientras se toman medidas definitivas en la formación de estos arroyos (Cama Pinto & Piñeres Espitia, 2016).

En Medellín el SIATA, que es el Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburra, monitorea en tiempo real las diferentes condiciones climáticas, movimientos en masa y calidad del aire. Este sistema cuenta con diferentes equipos como pluviómetros, estaciones meteorológicas, acelerógrafos, ceilómetros, entre otros, ubicados a lo largo del Valle de Aburra, concentrándose en la ciudad de Medellín (Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá, 2017). Según Aristizabal, Gamboa y Javier (2010), en el Valle de Aburrá, uno de los principales problemas de riesgo ha sido el de movimientos en masa, provocados principalmente por lluvias, la geología o morfología de la tierra, y algunos aspectos humanos (construcción desordenada, tala de árboles, crecimiento desbordado de los pobladores, entre otros), así se han creado algunos modelos físicos que intentan predecir de forma oportuna la presentación de esta remoción, que ha provocado la mayor cantidad de muertes por eventos ocurridos en este sector.

En Manizales, está el Instituto de Estudios Ambientales (IDEA), institución con trabajo interdisciplinario de la Universidad Nacional de Manizales, unida con las otras tres sedes del país. Principalmente se dedica al estudio de las condiciones ambientales que pueden afectar la zona de Manizales y Palmira. Cuenta con 37 estaciones hidrometeorológicas, compuestas de diferentes equipos relacionados, no todas tienen el mismo propósito, proporcionando información en tiempo real (Instituto de Estudios Ambientales IDEA, 2017)

En Bogotá se encuentra el Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático, con su Red Hidrometeorológica de Bogotá – RHB, que cuenta con 41 estaciones que miden las diferentes variables hidrometeorológicas en el perímetro urbano (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2017)

b) Panorama del riesgo

En el contexto nacional y mundial el panorama de riesgo y de desastres que se hubieran podido evitar oportunamente mediante SAT, ha dejado cuantiosas afectaciones humanas y físicas. Entre los años 1980 y 2011 se presentaron 22.200 eventos extremos a nivel mundial, de los cuales 17.400 se presentaron debido a procesos meteorológicos que no siempre pueden ser previstos. Entre 1980 y 2009 se utilizaron \$91.2 millones de dólares en ayuda humanitaria para atender estos desastres, pero solo \$3.3 millones fueron utilizados para la prevención (GFDRR, 2012). En el año 2005, en Europa del Este (Bulgaria y Rumania) se presentaron intensas lluvias con decenas de muertos y desaparecidos con 1193 víctimas mortales y más de USD\$60 millones en su atención; para el año 2006, en Serbia y parte de Bulgaria se presentaron inundaciones por el desbordamiento del río Danubio a causa de las fuertes lluvias, esta emergencia afectó a más de 50.000 personas y costó más de USD \$300 millones su reconstrucción. En 2008, en Myanmar, ciudad del sur de Asia, se desbordó el río Irawadi, con más de 2.4 millones de personas afectadas, y más de 146.000 muertos o desaparecidos. A nivel regional en Río de Janeiro se presentó un deslizamiento de tierra por intensas lluvias en enero de 2011, con más de 800 víctimas mortales y un sinnúmero de desaparecidos. Luego en octubre de 2015 hubo un deslizamiento en Guatemala dejó 280 muertos y 70 desaparecidos.

En el caso colombiano de acuerdo al informe del DNP de 2015 entre los años 2006 y 2014 se presentaron 3.181 muertos y más de 12 millones de personas afectadas por estos fenómenos, lo que representa aproximadamente el 26% de la población total del país. De estos 12 millones de damnificados 9 millones fueron por inundaciones (Departamento Nacional de Planeación, 2015). Posteriormente entre 2011 y 2014 se presentaron en el país 21.594 emergencias de origen natural de las cuales el 68.8 % son por eventos hidrometeorológicos, específicamente inundaciones y deslizamientos (DNP Departamento Nacional de Planeación, 2015). El caso más reciente se presentó en abril de 2017 por una avalancha en la ciudad Mocoa, Putumayo, en la que hubo más de 320 muertos y otro tanto desaparecidos.

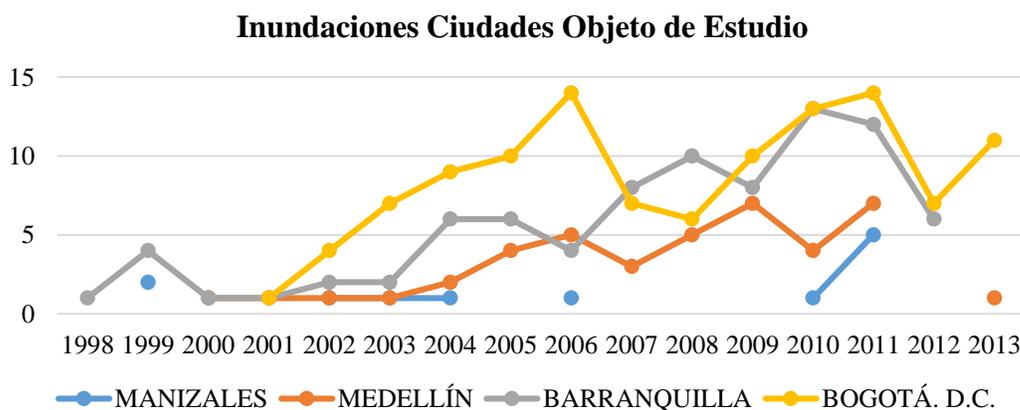
Los departamentos con el mayor número de muertos por desastres naturales han sido históricamente Antioquia, Cundinamarca, Caldas y Tolima, que por su topografía, densidad poblacional y actividades productivas presentan alta vulnerabilidad a fenómenos como deslizamientos e inundaciones (DNP Departamento Nacional de Planeación, 2015). De acuerdo con el informe del DNP, Antioquia ocupa el primer puesto en el país, por muertes en desastres naturales, de las cuales más del 70 % se dieron como consecuencia de inundaciones y deslizamientos, y al igual que para el resto del país, el año 2010 fue el que presentó mayor cantidad de estas muertes e inundaciones catastróficas.

Para este estudio, se hizo una depuración de las bases de datos que se encuentran en la web “Datos Abiertos, Gobierno Digital Colombia”, y se concluye que apartar del año 2009 se han intensificado los eventos asociados a inundaciones en las cuatro ciudades analizadas, como se puede ver en la siguiente tabla:

AÑO	MANIZALES	MEDELLÍN	BARRANQUILLA	BOGOTÁ DC.
1998			1	
1999	2		4	
2000		1	1	
2001		1	1	1
2002	1	1	2	4
2003	1	1	2	7
2004	1	2	6	9
2005		4	6	10
2006	1	5	4	14
2007		3	8	7
2008		5	10	6
2009		7	8	10
2010	1	4	13	13
2011	5	7	12	14
2012			6	7
2013		1		11
Total	12	42	84	113

Fuente: recolectado de Datos Abiertos, Gobierno Digital Colombia.
Elaborado, Mayo de 2018

Graficamente se nota que Bogotá y Barranquilla han sido las ciudades más afectadas por este tipo de riesgos, debido entre otras cosas a la topografía y la fuerte precipitación. Las gráficas permiten ver el fenómeno de lluvias de 2010 que dejó centenares de damnificados en el país y para el caso de Bogotá, acabó con grandes plantaciones en la sabana y los municipios aledaños.



Fuente: elaboración Autor
Junio 2018

Entre tanto los casos de deslizamientos corresponden directamente con el régimen de lluvias del fenómeno de la niña que fue muy intenso en todo el país, sobretodo en las regiones de ladera y áreas montañosas. Se debe considerar que Manizales, Medellín y Bogotá tienen comunidades asentadas en terrenos con altas pendientes y composiciones del suelo muy erosivas. Un caso particular de este fenómeno se vio en Manizales con el Barrio Cervantes en 2011 donde perdieron la vida 48 personas. Además durante el año 2017 la oleada invernal puso en riesgo

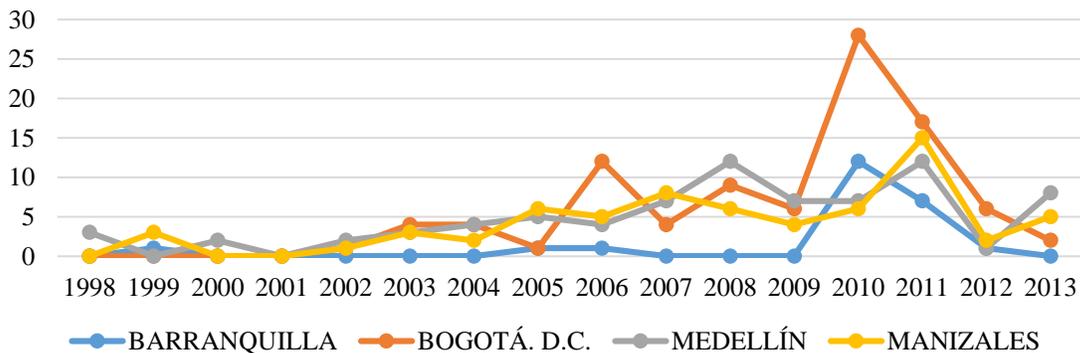
una parte importante de la ciudad sobre las inmediaciones del cerro Sancancio. Por fortuna ha sido una ciudad que desde hace varios años ha asumido con seriedad el tema en cuanto a planes de mitigación y obras de estabilización geotécnica. A continuación se presenta un comparativo de casos de deslizamiento ocurridos en las ciudades objeto de estudio.

AÑO	MANIZALES	MEDELLÍN	BARRANQUILLA	BOGOTÁ. D.C.
1998		3		
1999	3		1	
2000		2		
2001				
2002	1	2		1
2003	3	3		4
2004	2	4		4
2005	6	5	1	1
2006	5	4	1	12
2007	8	7		4
2008	6	12		9
2009	4	7		6
2010	6	7	12	28
2011	15	12	7	17
2012	2	1	1	6
2013	5	8		2
Total	66	77	23	94

Fuente: recolectado de Datos Abiertos, Gobierno Digital Colombia.
Elaborado, Mayo de 2018

En la gráfica Bogotá muestra un pico en 2010 que corresponde con el deslizamiento de tierra en el barrio Caracolí que dejó 159 familias afectadas por un derrumbe de aproximadamente 1.500 metros cúbicos de tierra. Luego en el mismo año se presentaron otros dos casos de deslizamientos en la localidad de Ciudad Bolívar dejando 105 personas afectadas, 22 viviendas que tuvieron que ser intervenidas.

Deslizamientos Ciudades Objeto de Estudio



Fuente: elaboración Autor - Elaborado, Abril de 2018

Si se toma en cuenta el total de inundaciones y deslizamientos de las cuatro ciudades de estudio, se encuentran que los presentados en los años 2010 y 2011, corresponden a un 34 %, del total de los 16 años analizados, esto debido al fenómeno de la niña presentado en esta época y que representó las peores tragedias vividas en el país de los últimos años. Gran parte de los cambios realizados en los Sistemas de Gestión del Riesgo han sido la respuesta a estas últimas tragedias.

AÑO	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Total
Suma COE	4	10	4	3	12	21	28	33	46	37	48	42	84	89	23	27	511

Fuente: recolectado de Datos Abiertos, Gobierno Digital Colombia.
Elaborado, Mayo de 2018

c) Análisis de Benchmarking de los SAT

De acuerdo con la ley 1523 de 2012 que regula la gestión de información concerniente al riesgo desde diferentes organismos de planeación territorial, los principales componentes que debe tener un SAT son 1) la estructura organizacional, 2) los instrumentos de planificación, 3) los sistemas de información y 4) los mecanismos de financiación. En tal sentido se presenta el modelo de Benchmarking a partir de esos cuatro parámetros.

- *Sistemas de información (SI)*

Unos de los parámetros más importantes del análisis en la gestión del riesgo es la disponibilidad de elementos técnicos para el monitoreo del riesgo. A nivel internacional se reconoce que en zonas tropicales es indispensable contar con entre 11 y 17 estaciones por cada 10.000 km², o como mínimo 1 estación por 600-900 km² en regiones planas. Para regiones montañosas, es indispensable contar con entre 40 y 100 estaciones por cada 10.000 km², o 1 estación por cada 100 o 250 km² (Némec, J., Engineering Hydrology P. 44, 1973). A partir de lo anterior se puede concluir que las ciudades analizadas cumplen con los parámetros internacionales y esta es una dimensión sobresaliente. A continuación se presenta dicha relación para las ciudades estudiadas según el potencial que deberían tener:

Ciudad	Área (Km ²)	Habitantes	Año	# Min Estaciones	# Real Estaciones
Bogotá	1.775	8'081.000	2017	18	41
Medellín (*)	1.157	2'464.000	2015	4	21
Manizales (**)	572	398.874	2017	6	37
Barranquilla	166	1'218.000	2015	2	12

Fuente: recolectado de Datos Abiertos, Gobierno Digital Colombia.
Elaborado, Mayo de 2018

(*) Esta cantidad de estaciones no se limitan a la ciudad de Medellín, sino que se amplía al Valle de Aburrá, a donde también tiene alcance el sistema de alerta temprana de emergencias.

(**) En este número de estaciones se contemplan incluso las que no tienen que ver con inundaciones y deslizamientos, no se encontró la información caracterizada, aunque en algunos informes se mencionan sólo seis (6).

Al revisar el marco normativo, este está acorde con lo propuesto en las diferentes conferencias de la ONU, para la reducción de riesgos de desastres, lo cual se ve reflejado en el Plan 2014 – 2018, del cual se deriva el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres 2015 – 2025, en este se trata de definir los responsables, recursos y medios para disminuir el impacto de los desastres, en cuanto a inundaciones y deslizamientos.

Los parámetros analizados indican que las ciudades con mejores Sistemas de información (SI) son Manizales y Medellín, mientras que Barranquilla tiene la peor calificación. Por su parte Bogotá se encuentra cerca del promedio. Los aspectos a mejorar para Bogotá son en cuanto el establecimiento de parámetros de referencia del nivel de riesgo, las visitas periódicas a zonas de riesgo, la ampliación de la cobertura geográfica de los sensores y sobretodo en la eficacia de los sistemas de almacenamiento y procesamiento de datos y la vigilancia tecnológica. En la siguiente tabla se presenta el indicador:

Parámetros sobre Sistemas de información (SI)	IDEA (Manizales)	SIATA (Medellín)	IDS (Barranquilla)	IDIGER (Bogotá)	
Actualización en Tecnología		10	10	3	9
Parámetros de referencia del nivel de riesgo		10	9	5	8
Claridad en riesgos definidos en el municipio		9	9	1	10
Reconocimiento de Áreas de inundación y deslizamiento		10	10	1	10
Programa de mantenimiento preventivo		10	10	1	10
Visitas periódicas a zonas de riesgo		10	10	1	10
Cobertura geográficas de los sensores		10	10	4	8
Eficacia de los sistemas de almacenamiento y procesamiento de datos		10	10	1	8
Vigilancia tecnológica de otros SAT		0	0	0	0
Puntuación de la dimensión	8,78	8,67	1,89	8,11	

Fuente: Elaboración Autor.
Elaborado, Agosto de 2018

- *Estructura Organizacional (EO)*

En lo referente a la estructura organizacional de los SAT estudiados, Bogotá tiene parámetros sobresalientes sobre las demás ciudades. Por ejemplo en el SAT de Bogotá, se cuenta con 8 personas de tiempo completo dedicadas al monitoreo y análisis de la información, y de los instrumentos, sin embargo, la periodicidad con las que se hacen las visitas y los mantenimientos

preventivos no es la más adecuada, por lo que se requiere de más personal que pueda estar visitando cada una de las estaciones instaladas. Asimismo se cuenta con esquemas de planificación estratégica y un mapa de procesos en elaboración, lo que facilita la homogenización de actividades y la transición cuando llegan nuevos funcionarios. Entre tanto las demás ciudades se han ocupado sobretudo de la parte técnica, descuidando elementos que define la ley sobre la planeación y la integración de los procesos. En Manizales y Medellín se cuenta con mayor participación de entidades lo que genera mejores sinergias, cosa que se ha visto sobretudo en Manizales a la hora de atender emergencias, un ejemplo de ellos se vivió en el año 2017, donde la articulación institucional fue clave para atender la emergencia invernal. En tal sentido esa sería una condición que debe mejorarse en la ciudad de Bogotá para tener resultados más eficientes en la Gestión del Riesgo. En la siguiente tabla se presenta el indicador:

Parámetros sobre Estructura Organizacional (EO)	IDEA (Manizales)	SIATA (Medellín)	IDS (Barranquilla)	IDIGER (Bogotá)
Entidad Administradora del SAT	10	10	0	10
Funcionarios con dedicación Exclusiva	0	10	0	10
Organismos participantes	6	5	4	4
Planeación Estratégica	0	0	0	10
Mapa de Procesos	0	0	0	10
Puntuación de la dimensión	3,20	5,00	0,80	8,80

Fuente: Elaboración Autor.
Elaborado, Agosto de 2018

- *Instrumentos de Planificación (IO)*

Sobre los aspectos de planeación de los SAT Medellín sobresale las demás ciudades ya que en términos generales ha tenido un esquema que producción de información para procesos investigativos y de monitoreo que redundan en la toma de decisiones en la ciudad. Por su parte Manizales también ha sido eficiente en esa dimensión. En ambos casos se destaca la articulación con universidades y centros de investigación como motores que favorecen esa gestión. Para el caso de Bogotá se debe mejorar precisamente la toma de decisiones a partir de la información producida desde los SAT y hacer más dinámica la reunión con diferentes actores, tanto académicos, políticos como de la sociedad civil. En la siguiente tabla se presenta el indicador:

Parámetros sobre Instrumentos de Planificación (IP)	IDEA (Manizales)	SIATA (Medellín)	IDS (Barranquilla)	IDIGER (Bogotá)
Estrategía en PDM	10	10	0	10
Se toman decisiones con la información que produce el SAT	10	10	5	6
Es oportuna la transmisión de los datos	10	10	5	8
Periodicidad en reuniones	6	10	1	6
Mecanismos de comunicación	10	10	0	10
Puntuación de la dimensión	9,20	10,00	2,20	8,00

Fuente: Elaboración Autor. - Elaborado, Agosto de 2018

- *Mecanismos de Financiación (MF)*

El aspecto más crítico en todos los SAT es el de la planeación financiera y la disponibilidad de recursos frescos para establecer planes de mitigación e inversiones en tecnología. Paradójicamente aunque los SAT están reglamentos por decreto de ley, su funcionamiento se ha dejado casi a la merced de la buena voluntad institucional, aunque en algunos casos como Bogotá, ha sido clave el apoyo del distrito. La situación más crítica en todos los SAT tiene que ver con la disponibilidad de un plan de autosostenimiento, de manera que se gestione recursos a por medio de consultoría y la entrega de información estratégica. En Barranquilla la situación es más crítica e incluso se nota que esta dimensión tiene relación directa con el mal desempeño del SAT en las otras dimensiones. En Bogotá se espera que se mejore la asignación de partidas presupuestales, pero que al tiempo el SAT sea asumido como una organización productora de información estratégica que merece recursos, pero al tiempo vende información y consultorías como una forma de autofinanciarse. Para esta función es mucho más importante la construcción de sinergias y Alianzas Publico Privadas.

Parametros sobre Mecanismos de Financiación (MF)	IDEA (Manizales)	SIATA (Medellín)	IDS (Barranquilla)	IDIGER (Bogotá)
Partidas Presupuestales	10	10	0	0
Gestión Recursos	10	10	0	10
Plan autosostenimiento	0	0	0	0
Recibe donaciones	10	0	0	10
Puntuación de la dimensión	7,50	5,00	0	5,00

Fuente: Elaboración Autor.
Elaborado, Agosto de 2018

- **Índice de Resiliencia**

Por último, la sistematización del Índice Sintético de Resiliencia que surge del modelo de Benchmarking luego de hacer un trabajo de campo en las entidades responsables de manejar los Sistemas de Alerta Temprana, se describe algorítmicamente a continuación según las ponderaciones definidas por los investigadores.

Bogotá	$\overline{IRR}_{Bog} = \frac{\sum_{i=1}^n [0.15 * 8.6 + 0.2 * 7.8 + 0.45 * 8.1 + 0.2 * 5]}{4}$ $\overline{IRR}_{Bog} = \frac{\sum_{i=1}^n [1.29 + 1.56 + 3.65 + 1.0]}{4}$ $\overline{IRR}_{Bog} = 1.875$
--------	---

Medellín	$\overline{IRR}_{Med} = \frac{\sum_{i=1}^n [0.15 * 4.6 + 0.2 * 10 + 0.45 * 8.7 + 0.2 * 7.5]}{4}$ $\overline{IRR}_{Med} = \frac{\sum_{i=1}^n [0.69 + 2.0 + 3.92 + 1.5]}{4}$ $\overline{IRR}_{Med} = 2.028$
Barranquilla	$\overline{IRR}_{Bar} = \frac{\sum_{i=1}^n [0.15 * 0.6 + 0.2 * 2.2 + 0.45 * 1.8 + 0.2 * 0]}{4}$ $\overline{IRR}_{Bar} = \frac{\sum_{i=1}^n [0.09 + 0.44 + 0.81 + 1]}{4}$ $\overline{IRR}_{Bar} = 0.81$
Manizales	$\overline{IRR}_{Man} = \frac{\sum_{i=1}^n [0.15 * 3.2 + 0.2 * 9 + 0.45 * 8.8 + 0.2 * 5]}{4}$ $\overline{IRR}_{Man} = \frac{\sum_{i=1}^n [0.48 + 1.8 + 3.96 + 1.0]}{4}$ $\overline{IRR}_{Man} = 1.81$

De acuerdo a lo anterior se encuentra que el SAT de la ciudad que presenta el mejor Índice de Resiliencia es Medellín, seguido de Bogotá, y muy de cerca la ciudad de Manizales. En lo que más hay opción de mejora para todos los SAT es en la Planeación estratégica de las entidades que controlan o manejan dichos SAT, debido en su mayoría a que estos dependen de otras entidades gubernamentales, y se encuentran alimentadas por información de otras entidades, lo que puede hacer que sea un poco más lento el movimiento de recursos en esta planeación.

La ciudad de Barranquilla es la que en este momento requiere de mayor atención en cuanto a su organización y administración, existen los equipos necesarios, para una ciudad mediana, pero no hay un programa de mantenimiento preventivo, ni un presupuesto asignado para compra de más equipos, la Universidad del Norte es la que tiene a su cargo la administración y monitoreo de dicho SAT, pero depende única y exclusivamente de los recursos de investigación de la Universidad.

Por otro lado, como opción de mejora para la ciudad de Bogotá, se encuentra que este sistema ha presentado una mejora representativa al poner en uso el radar comprado desde hace varios años, pero que solo hace un par de años se empezó a utilizar, lo que le ha dado una mayor cobertura de los diferentes escenarios vulnerables a las inundaciones. Sin embargo, en este SAT no se tienen en cuenta las lecturas que se tienen en las diferentes universidades, que hacen diversos estudios e investigaciones, lo que lleva a que estas cuenten con estaciones, que mejorarían las lecturas de la ciudad. Dentro de estas universidades que tienen estas estaciones hidrometeorológicas, están, Universidad Militar, Universidad Manuela Beltrán, Universidad

Nacional de Colombia y Uniminuto, de lograrse una integración con estas Instituciones, se tendría una mayor cobertura y mejor respuesta en el momento de presentarse lluvias fuertes, que sin embargo desde 2011-2012, no han sido tan catastróficas, sin dejar de presentarse algunas inundaciones menores, comparadas con las de esos dos años.

Adicional a lo anterior, se propone que se integre de una mejor manera la información y la toma de decisiones, dado que existen una gran cantidad de entidades que tienen que ver con la Gestión de Riesgo, pero que se encuentran desarticuladas, tanto para la prevención como para la atención de desastres, como, por ejemplo, está el IDIGER, que es el Instituto Distrital de Gestión del Riesgo – Cambio climático, el IDEAM, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, SAB, Sistema de Alerta Temprana de Bogotá, los cuales funcionan con información compartida, pero con presupuesto, dirigentes e infraestructura independiente.

En todos los SAT, se tiene un centro de monitoreo, donde se recoge la información de los diferentes instrumentos de medición, con un margen de tiempo entre 1 y 5 minutos, en cada transmisión, dependiendo del espacio que se tenga entre el instrumento y la central de recolección de información, estos datos son recogidos, clasificados y analizados, generando informes y cuando corresponda, una alerta que prepare las diferentes instituciones cuando corresponda, por riesgo de inundación o de deslizamiento. Estas alarmas no son automáticas, simplemente avisan donde se están presentando lluvias, con su correspondiente intensidad, y el crecimiento en el nivel de los ríos, para prevenir cualquier tipo de encharcamiento o inundación que pueda acarrear pérdidas humanas o económicas.

Excepto en Barranquilla, todos los SAT mantienen una actualización, mantenimiento y lectura permanente de los diferentes datos reportados por los instrumentos instalados, con lo que se tiene una información veraz y adecuada para prevenir cualquier tipo de inundación o deslizamiento, provocado por las lluvias, de hecho al ver las estadísticas de los eventos, estos fueron más representativos durante los años 2010 – 2012, y a partir de allí se ha ido mejorando la respuesta ante estas eventualidades.

Por último es importante que dentro de la asignación presupuestal se defina una partida adicional para el funcionamiento de estos SAT, solamente en Medellín, se tienen las suficientes personas que están revisando cada uno de los instrumentos, con la debida periodicidad que garantice el buen funcionamiento de los mismos.

V. CONCLUSIONES

Los Sistemas de Alerta Temprana son esquemas fundamentales dentro de la gestión del riesgo que a su vez hacen parte de la planificación territorial. Por tal motivo es fundamental que los territorios dispongan de buenos SAT para el desarrollo planificado y ordenado que haga frente a los problemas ambientales que ocurren en la actualidad, asociados al cambio climático, los

regímenes de lluvia, los terremotos y huracanes entre otros, los cuales son más recurrentes, más impredecibles y menos controlables antrópicamente.

Por eso es importante que el gobierno tanto local como regional asuma con seriedad los SAT, máxime cuando hay un decreto de ley que lo regula pero no lo apalanca financieramente. De todos modos el funcionamiento oportuno de los SAT, por su misma naturaleza interinstitucional, requiere de un esquema cooperativo que facilite su funcionamiento, bien sea a través de Alianzas Público Privadas, concordatos, concesiones o mediante el ejercicio solidario de las instituciones investigativas y académicas, como ha ocurrido hasta ahora. Deben ser todos los esquemas activados al tiempo para garantizarle a la ciudadanía planes de emergencia y la previsión oportuna del riesgo que impida la multiplicación de hechos catastróficos.

Para el caso puntual de Bogotá el modelo de Benchmarking ha permitido reconocer su estado actual frente a otras ciudades colombianas que han sido referentes en la gestión del riesgo. La evaluación general indica que el SAT tiene buenas condiciones de orden técnico, sin embargo es necesario que se realicen visitas a los sitios identificados como vulnerables con más frecuencia, que se amplíe la cobertura de los sensores y especialmente que se mejore la eficacia de los sistemas de almacenamiento y procesamiento de datos y la vigilancia tecnológica. Asimismo debe dinamizarse la articulación interinstitucional de forma que la información que se produce en el SAT sea considerada con más regularidad en la toma de decisiones, esto implica un esfuerzo adicional de visibilizarse con diferentes actores, tanto académicos, políticos como de la sociedad civil. Por último es vital que para el distrito se aumenten las partidas presupuestales para la adquisición de nuevos equipos para ampliar la cobertura, pero también es claro que mientras se logran mejores sinergias institucionales y se aumenta la maniobrabilidad financiera, el SAT debe autoasumirse como una organización lucrativa que preste servicios de consultoría e investigación. En este caso es vital la vinculación de las universidades y los centros de investigación.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía Mayor de Bogotá. (Octubre de 2017). Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático. Recuperado el 15 de Marzo de 2017, de <http://www.sire.gov.co/inicio>

Alcaldía Mayor de Bogotá. (s.f.). Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático. Recuperado el 14 de Febrero de 2017, de Escenarios de Riesgo: <http://www.idiger.gov.co/riesgo-por-movimientos-en-masa>

ÁLVAREZ GORDILLO, G. D., & EROZA SOLANA, E. y. (Septiembre de 2008). Propuesta Educativa para la Gestión del Riesgo de Desastre en la Región de Sierra de Chiapas, México. RMIE, Vol 13, Num. 38, PP 919 - 943.

Arcos González, P., Alonso, P.-B., & otros, J. y. (2006). Mortalidad y morbilidad por desastres en España. GAC Sanit , 481.

- Aristizabal, E., Gamboa, M. F., & Javier, L. F. (2010). Sistema de Alerta Temprana por Movimientos en Masa inducidos por lluvia para el Valle de Aburrá, Colombia. *Revista EIA*, 155-169.
- Cama Pinto, A., & Piñeres Espitia, G. y. (2016). Diseño de una red de sensores inalámbricos para la monitorización de inundaciones repentinas en la ciudad de Barranquilla, Colombia. *Ingeniare. Revista Chilena e Ingeniería*. Vol. 24 No. 4, P. 581 - 599.
- CORPOGUAJIRA. (2011). Diseño de un Sistema de Alerta Temprana por Inundación y Deslizamiento en el Flanco Nororiental de la Sierra Nevada de Santa Marta - departamento de la Guajira. Riohacha. Recuperado el 14 de Febrero de 2017
- Gómez, D. I. (2011). El radar meteorológico y los sistemas de alerta contra inundaciones causadas por intensas lluvias. Cuba: *INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL*, VOL. XXXII, No. 1, Ene-Abr 2011, p. 80-86.
- IDIGER. (2016). Escenarios de Riesgos. Obtenido de <http://www.idiger.gov.co/web/guest/home>
- Instituto de Estudios Ambientales IDEA. (2017). Obtenido de <http://www.idea.unal.edu.co/idea/>
- Ley No. 1523 de 24 de Abril de 2012. (244 de Abril de 2012). Recuperado el 10 de Febrero de 2017, de Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja: <http://www.ifrc.org/docs/idrl/1057ES.pdf>
- MADONES, María y VIDAL, Claudia (2001), “La zonificación y evaluación de los riesgos naturales de tipo geomorfológico: un instrumento para la planificación urbana en la ciudad de Concepción”, en: *Revista EURE*, Vol. 27, Nro. 81, (on line), DOI: 10.4067/S0250-71612001008100006
- Ministerio de Educación de Panamá - MEDUCA. (2011). Manual de Sistemas de Alerta Temprana. Recuperado el 15 de Marzo de 2017, de Sistemas de Alerta Temprana - Unesco: <http://www.unesco.org/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/San-Jose/pdf/Panama%20MANUAL%20INFORMATIVO.pdf>
- Ministerio del Interior. (24 de Abril de 2012). Ley Sistema Nacional de Gestión de Riesgo. Sistema Nacional de Gestión de Riesgo. Bogotá, Cundinamarca, Colombia: Imprenta Nacional de Colombia. Obtenido de http://www.colombiahumanitaria.gov.co/FNC/Documents/2011/especiales/ley_1523.pdf
- Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá. (2017). Obtenido de <https://siata.gov.co/>