

Evaluación de la Vulnerabilidad Institucional Frente a Inundaciones en Bogotá D.C.

Andrés Esteban Echeverry Díaz

Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Católica de Colombia
Bogotá D.C., 2019

Evaluación de la Vulnerabilidad Institucional Frente a Inundaciones en Bogotá D.C.

Andrés Esteban Echeverry Díaz

Director: Johan Manuel Redondo PhD.

Facultad de Ciencias Económicas
Universidad Católica de Colombia
Bogotá D.C., 2019



Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)

La presente obra está bajo una licencia:
Atribución-NoComercial 2.5 Colombia (CC BY-NC 2.5)
Para leer el texto completo de la licencia, visita:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/co/>

Usted es libre de:



Compartir - copiar, distribuir, ejecutar y comunicar públicamente la obra
hacer obras derivadas

Bajo las condiciones siguientes:



Atribución — Debe reconocer los créditos de la obra de la manera especificada por el autor o el licenciante (pero no de una manera que sugiera que tiene su apoyo o que apoyan el uso que hace de su obra).



No Comercial — No puede utilizar esta obra para fines comerciales.

Tabla de contenido

Capítulo 0: Formulación del trabajo de grado	7
0.1. Introducción	7
Tabla 1: Pobres totales y pobres extremos totales por localidad en Bogotá. Tomado de Secretaría Distrital de Planeación (SDP, 2014)	7
Figura 1: A la izquierda, localidades en riesgo de inundación, mientras que, a la derecha, se presentan las localidades en riesgo de deslizamiento de Bogotá. Tomado de Idiger (2019)	8
0.2. Planteamiento del Problema	8
Figura 2: Mapa Nacional de amenaza por movimientos en masa (Idiger, 2019)	9
Figura 3: Histórico de eventos reportados en Bogotá (IDEAM, PNUD, 2018)	10
Figura 4: Escenario de cambio climático para Bogotá. Aumentos de precipitación 2011 - 2040	10
0.3. Justificación	10
0.4. Metodología	11
0.4.1. El Método ARDI	11
Capítulo 1: Marco Referencial	12
1.1. Marco teórico	12
Figura 4: Capacidad adaptativa por localidad en Bogotá. Tomado de IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, 2012	13
1.2. Estado del Arte	14
1.3. Marco Normativo	15
Capítulo 2. Análisis de Redes Sociales	17
Mapa 1: Unidades de Planeación Zonal de Bogotá, y los cuerpos de agua y afluentes de la ciudad. Construcción propia a partir de datos obtenidos del IDECA	18
Mapa 2: A la derecha, área urbana de Bogotá (Capa de área urbanizada y macha de inundación). Izquierda, área urbana de Bogotá (Capa de área de inundación y área Urbanizada). Zonas amenazadas por inundaciones. Construcción propia a partir de datos obtenidos del IDECA	18
Mapa 3: Estratificación socio económica de Bogotá. Construcción propia a partir de datos obtenidos del IDECA	19
2.1.1. Bosa	19
Mapa 4: A la izquierda, zona geográfica de la localidad de Bosa clasificada en amenaza alta, a la derecha, zona geográfica clasificada en amenaza media. Construcción propia a partir de datos obtenidos del IDECA	19

2.1.2. Kennedy.....	20
<i>Mapa 5: A la izquierda, zona geográfica de la localidad de Kennedy clasificada en amenaza alta, a la derecha, zona geográfica clasificada en amenaza media. Construcción propia a partir de datos obtenidos del IDECA.</i>	20
2.2. Instituciones Vulnerables en Bogotá para Bosa y Kennedy.....	20
2.3. Instituciones de Gestión y Atención de Desastres	21
<i>Figura 1: Mapa de interacciones y transmisión de vulnerabilidad entre actores de las localidades de Bosa y Kennedy en Bogotá. Construcción propia.</i>	22
<i>Gráfico 1. Distancia media de dos nodos más alejados. Adaptado de resultados en Gephi.</i>	23
<i>Figura 2. Partición por grado de distribución central. Construcción propia.</i>	23
<i>Tabla 2. Grado de centralidad y grado ponderado de la red. Construcción Propia.</i> ..	23
<i>Figura 2. Mapa de interacciones de las entidades de gestión del riesgo. Elaboración propia.</i>	24
<i>Tabla 3. Grado de centralidad de estaciones de bomberos en Bosa y Kennedy. Elaboración propia</i>	25
<i>Tabla 5. Grado de centralidad Defensa Civil sede Kennedy. Elaboración propia.</i>	25
<i>Gráfico 2. Grado de modularidad del sistema. Adaptado de resultados en Gephi.</i> ...	26
<i>Bibliografía</i>	28
<i>Anexos</i>	31
<i>Anexo 1. Estaciones de Bomberos en Bogotá. Fuente. IDECA</i>	31
<i>Anexo 2. Estaciones de Policía en Bogotá. Fuente. IDECA</i>	31
<i>Anexo 3. Salón comunal en Bogotá por Localidades. Fuente. IDECA</i>	32
<i>Anexo 4. Distribución socio económica de la población en Bogotá. Fuente. IDECA</i> ...	32
<i>Anexo 5. Distribución CAI en Bogotá. Fuente. IDECA</i>	33

Resumen

El cambio climático está provocando problemas ambientales cada día más complejos (Glaser, Himmelsbach, & Bösmeier, 2017; Leichenko, 2011; Onur & Tezer, 2015; Osbahr, Twyman, Neil Adger, & Thomas, 2008), que involucran complicaciones socioeconómicas como, los migratorios, que surgen a consecuencia de sucesos ambientales como: inundaciones, terremotos e incendios (Cutter et al., 2008), relacionados además con proyectos urbanos sostenibles en países subdesarrollados (Morgan, 2018). Frente a esto, debemos reconocer la importancia de gestionar la metropolización de las ciudades para mitigar la vulnerabilidad del territorio a desastres naturales como las inundaciones, que aumenta consecuentemente con la concentración de población vulnerable. En este trabajo se propone realizar una evaluación de la vulnerabilidad social de la población situada en la ciudad de Bogotá que se encuentra expuesta al riesgo de inundación, como marco para la planificación de la reducción y el manejo de este riesgo en términos socioeconómicos y ambientales. Como metodología para el análisis se propone la construcción de redes complejas en las que se articularon los diferentes actores vulnerables en términos socioeconómicos y su relación con las inundaciones. Dentro de los resultados preliminares se presentan las preguntas generadoras de nombres y relaciones que serían utilizadas para la evaluación, las redes obtenidas por la aplicación de la metodología y el análisis de las medidas de centralidad de la red.

Palabras claves: Vulnerabilidad social, Inundaciones, Redes Complejas, Reducción del riesgo, Manejo del riesgo.

Abstract

Climate change is causing increasingly complex environmental problems (Glaser, Himmelsbach, & Bösmeier, 2017, Leichenko, 2011, Onur & Tezer, 2015, Os-bahr, Twyman, Neil Adger, & Thomas, 2008), which involve socio economic problems, such as migration, which arise as a consequence of environmental events like floods, earthquakes and fires (Cutter et al., 2008), also related to unsustainable urban projects in developing countries (Morgan, 2018). Faced with this, we must recognize the importance of managing the metropolization of cities to mitigate the vulnerability of the territory to natural disasters such as floods, which consequently increases with the concentration of vulnerable population. This paper proposes an evaluation of the social vulnerability of the population located in the city of Bogotá that is exposed to the risk of flooding, as a framework for the planning of the reduction and the attention of this risk in socioeconomic and environmental terms. As a methodology for the analysis, the construction of complex networks in which the different vulnerable actors will be articulated in socioeconomic terms and their relationship with floods is proposed. Within the preliminary results, the generating questions of names and relationships that would be used for the evaluation, the networks obtained by the application of the methodology and the analysis of the measures of centrality of the network are presented.

Keywords: Social Vulnerability, Floods, Complex Networks, Risk Reduction, Risk attention.

Capítulo 0: Formulación del trabajo de grado

0.1. Introducción

En 2014, Bogotá registró 7.794.463 de habitantes ubicados en 414 Km² de suelo urbano - de 1657 Km² de extensión - concentrados especialmente en las localidades de Kennedy, Suba, Bosa, Ciudad Bolívar y Engativá, siendo las dos primeras las de mayor extensión y concentración de población con más de 1 millón de habitantes. Se estima, que del total de la población el porcentaje de personas que viven por debajo de la línea de pobreza monetaria, y pobreza extrema fue del 15,8%, y del 4,8% respectivamente, - 1.550.404 individuos en condición socioeconómica vulnerable - distribuidos en zonas altamente amenazadas por desbordamiento de ríos, y humedales como lo veremos a lo largo de la investigación.

Localidad	Pobres Totales		Pobres Extremos	
	Total	%	Total	%
Usaquén	46.095	9,40	18371	3,7
Chapinero	12.567	9,10	8405	6,1
Santa Fe	24.336	23,20	4847	4,6
San Cristóbal	95.249	23,10	19246	4,7
Usme	123.252	29,10	22457	5,3
Tunjuelito	30.548	15,00	4764	2,3
Bosa	147.299	23,50	32638	5,2
Kennedy	184.845	17,40	51932	4,9
Fontibón	33.592	9,10	12628	3,4
Engativá	78.641	9,00	28378	3,2
Suba	92.524	8,10	25860	2,3
Barrios Unidos	24.640	10,20	8874	3,7
Teusaquillo	6.517	4,30	5259	3,5
Los Mártires	15.585	15,60	4606	4,6
Antonio Nariño	10.443	9,50	2633	2,4
Puente Aranda	32.616	12,50	15187	5,8
Candelaria	3.900	15,90	1228	5
Ciudad Bolívar	67.819	17,80	13307	3,5
Rafael Uribe	197.566	29,30	42751	6,3
Total Bogotá	1.228.034	15,80	323.371	4,1

Tabla 1: Pobres totales y pobres extremos totales por localidad en Bogotá. Tomado de Secretaría Distrital de Planeación (SDP, 2014).

El Distrito Capital, se encuentra ubicado en la Sabana de Bogotá, y muy cerca de los páramos de Sumapaz y Chingaza pertenecientes a la formación de la cordillera oriental de los Andes. La morfología de este altiplano tiene como frontera los cerros Monserrate (con 3.152 msnm) y Guadalupe (con 3.260 msnm) en el oriente de la ciudad que determinan en gran parte las características hídricas y han jugado desfavorablemente en inundaciones por avenidas torrenciales en territorios de baja altura, y construcciones en las rondas de los ríos.

Bogotá, se encuentra dividida en cuatro (4) cuencas hidrográficas correspondiente a los ríos Fucha, Salitre y Tunjuelo que transcurren principalmente en sentido oriente occidente, y Torca en sentido sur - norte desembocando en el río Bogotá como receptor principal (Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático) (Idiger, 2019). “En general, los cuerpos hídricos que fluyen por los cerros orientales tienen un importante gradiente de altura desde los 3.200 msnm a los 2.540 msnm en la zona baja de la ciudad de Bogotá” (IDECA. 2014).

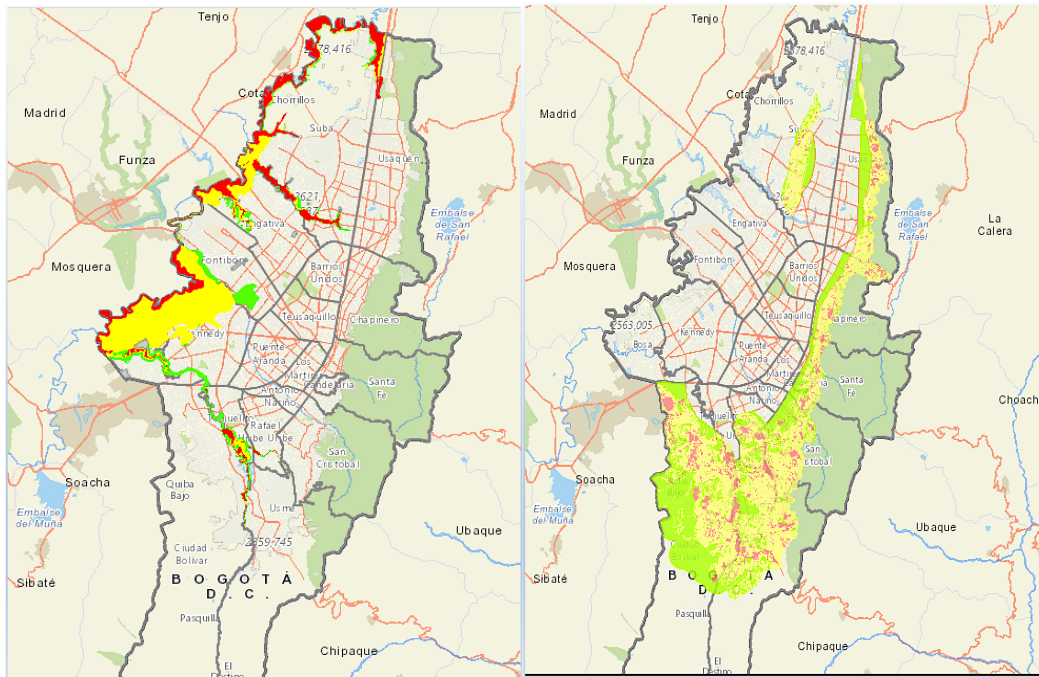


Figura 1: A la izquierda, localidades en riesgo de inundación, mientras que, a la derecha, se presentan las localidades en riesgo de deslizamiento de Bogotá. Tomado de Idiger (2019).

De acuerdo a la figura 1 (Izquierdo) las localidades más amenazadas por inundaciones son las circundantes a los ríos Salitre, Tunjuelo, y Bogotá como Kennedy, Engativá, Bosa y Suba. Adicional, “del total del área urbana del Distrito Capital, aproximadamente el 9 % se encuentra categorizada en amenaza alta por movimientos en masa (2776 Ha), un 56 % en amenaza media (16600 Ha) y un 35 % en amenaza baja (11400 Ha) de acuerdo con el mapa de amenaza por movimientos en masa en perspectiva del cambio climático” (IDIGER, 2019).

0.2. Planteamiento del Problema

Los sistemas de desarrollo territorial y planeación urbana en el mundo pueden verse altamente influenciados por el aumento en la frecuencia de desastres naturales, y la alta exposición a inundaciones por los efectos del cambio climático, y, en particular, por estrategias de urbanización insostenibles (Morgan, 2018). “En todo el mundo, entre 2006 y 2015, los desastres naturales, en promedio, afectan anualmente a aproximadamente 224 millones de personas, matando a casi 70,000 y causando daños de más de US \$135 mil millones” (Guha-Sappir, 2011).

Colombia, se caracteriza por tener una geografía bastante accidentada que influye en la agudización de los efectos ambientales introducidos por el cambio climático. En este punto, “el Servicio Geológico Colombiano desarrolló el Mapa Nacional de Amenaza por Movimientos en Masa en el cual se identificó que, para el total del área de territorio nacional aproximadamente el 50% se encuentra bajo amenaza baja por movimientos en masa, 22% amenaza media, 20% amenaza alta y 4 % en amenaza muy alta” (Idiger, 2019). Situación que se puede presentar por la intensidad de las lluvias en época del fenómeno de la niña.

Un ejemplo de esto, fue el desastre de Mocoa en marzo de 2017 que produjo deslizamientos de tierra en por lo menos 17 barrios que rodean la ciudad, causando la pérdida de 330 vidas y un costo estimado en \$71 mil millones en reconstrucción. De hecho, según Petley (2018) en Colombia, “Entre

2004 y 2016 55.597 personas han fallecido en 4.862 diferentes eventos de deslizamiento” (2018, Pág. 1).

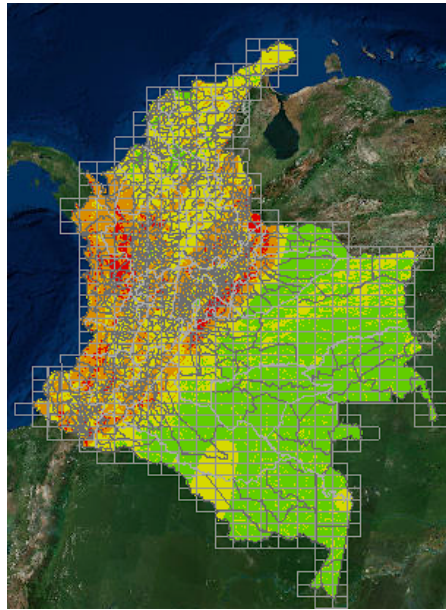


Figura 2: Mapa Nacional de amenaza por movimientos en masa (Idiger, 2019).

De acuerdo a la figura 2, la accidentada geografía colombiana, especialmente por la Cordillera de los Andes permiten que “Bogotá, se configure como una de las ciudades con altísimo riesgo por los efectos del cambio climático en el país (Valderrama et al, 2018). “Las demandas hídricas, la seguridad alimentaria, la gestión de los eventos meteorológicos, y la cobertura vegetal urbana, son algunos de los aspectos que permiten generar reflexión sobre el destino adaptativo de la ciudad “(Valderrama, et al, 2018). En los últimos 30 años, desde 1985 al 2015, se han registrado en Bogotá 165 eventos de inundación y 158 eventos de deslizamiento, representando respectivamente, el 34% y 32% del total de fenómenos reportados en la capital del país (Valderrama et al, 2018). Durante este período, los 3 años en que se registraron mayores frecuencias en los eventos de inundación en la ciudad, fueron los años 2011, 2010 y 2006, donde se registraron 14 eventos en cada año (Valderrama et al, 2018, Pág. 95). En el caso de los deslizamientos, los 3 años con mayores registros en los últimos 30 años, fueron 2010, 2011 y 2008, con 43, 20 y 12 eventos reportados respectivamente. (Valderrama et al, 2018, Pág. 95)

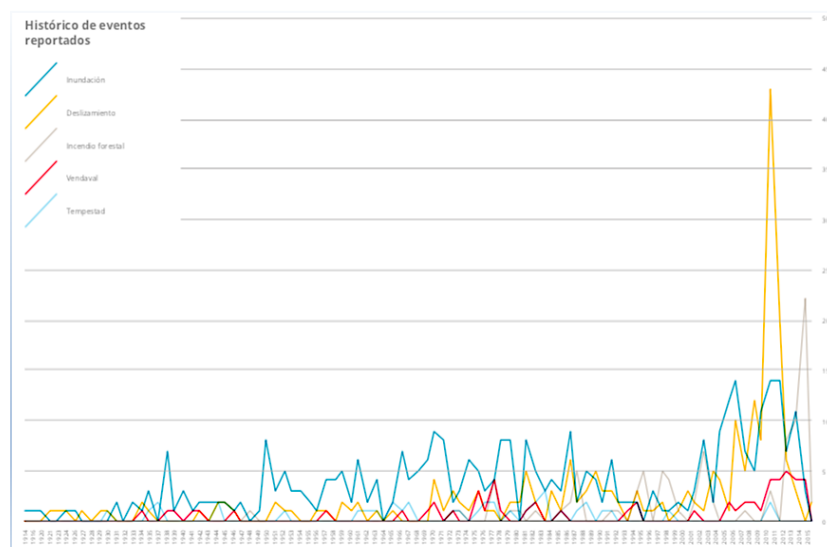


Figura 3: Histórico de eventos reportados en Bogotá (IDEAM, PNUD, 2018)

En cuanto a los efectos adversos del cambio climático y la sensibilidad de la ciudad frente inundaciones hasta expuesto, el propósito de la investigación se centrará en evaluar qué tan vulnerable son las localidades de Kennedy, y Bosa introduciendo diferentes elementos que puedan potencializar el ya amenazado panorama de inundaciones según las proyecciones del IDEAM entre 2011 - 2040.

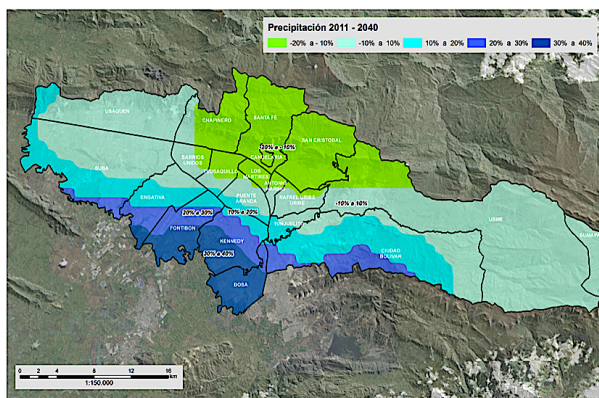


Figura 4: Escenario de cambio climático para Bogotá. Aumentos de precipitación 2011 - 2040

El interés por este trabajo está dado al entendimiento del fenómeno de la vulnerabilidad, y a la lectura de otras realidades que convergen alrededor de la pobreza, y la marginalidad en Bogotá. Así entonces, para obtener un resultado respecto al análisis de la vulnerabilidad, me propongo realizar una:

- Evaluación de la vulnerabilidad institucional frente a inundaciones en Bogotá

La propuesta de investigación deberá servir como elemento central en la elaboración de planes, y políticas públicas en la atención de población vulnerable, y corregir los posibles vacíos respecto a la dirección, y distribución de los recursos dispuestos por el Gobierno Distrital, y Nacional.

0.3. Justificación

“Uno de los dilemas que enfrentan hoy las políticas sociales en países en vía de desarrollo es el que confronta políticas sociales de corto alcance a políticas de largo alcance” (Barrientos, Hulme y Shepherd, 2005). Esta discusión ha girado entorno a la disciplina económica en la elaboración de políticas públicas en la atención de población vulnerable sin un análisis riguroso y lo suficientemente robusto que se aleje de la tradición histórica, y de las dimensiones de pobreza monetaria. En éste punto Lampis (2010) afirma, el “análisis de la vulnerabilidad se diferencia en su lógica de los enfoques tradicionales de riesgo por:

1. Construcción de relaciones entre los eventos críticos y su impacto sobre los diferentes tipos de riesgo,
2. Realización de un tipo de análisis que incluye necesariamente a la variable tiempo en poner en relación los eventos críticos, sus causas, y las consecuencias que estos determinan, y
3. El análisis de las estrategias de enfrentamiento a los mismos eventos críticos y las diferencias que existen entre los diferentes perfiles de pobreza”.

En la presente investigación me propongo evaluar la vulnerabilidad institucional de la población en la localidad de Kennedy, y Bosa de Bogotá incorporando elementos que determinan el carácter dinámico del fenómeno sin caer en imprecisiones respecto a la pobreza.

Según estimaciones de la Alcaldía Mayor de la Ciudad, el 30% del área urbana se encuentra en amenaza media y alta de inundación siendo las localidades de Kennedy, y Engativá entre las más expuestas, y coincidiendo con las de mayor concentración de pobreza. Esta problemática se relaciona con la deforestación, la inadecuada descarga de residuos líquidos y sólidos que obstruyen drenajes, y construcciones en las rondas de ríos, entre otros (Secretaría Distrital de Planeación, 2013; IDIGER 2014). Este escenario presenta graves consecuencias y afectaciones para la población como, aumento de la mortalidad, pérdida de infraestructura de servicios y edificaciones, así como la exacerbación en la proliferación de enfermedades mortales. Llegado a este punto, encuentro la urgencia de evaluar que tan resistente y vulnerable es la ciudad, específicamente en las localidades de Kennedy y Bosa al aumento de las precipitaciones en el escenario de cambio climático

Objetivos

Objetivo General

- Evaluar la vulnerabilidad institucional frente a inundaciones en Bogotá

Objetivos Específicos:

- Identificar la interacción de diferentes actores en la localidad de Kennedy, y Bosa.
- Presentar los resultados realizados en Bogotá para las localidades de Kennedy, y Bosa mediante el uso de la metodología de redes sociales.

0.4. Metodología

Dentro del contexto dinámico de la vulnerabilidad y la resiliencia (hasta aquí expuesto) se presenta el siguiente método para evaluar un sistema, o para resolver situaciones de conflicto

0.4.1. El Método ARDI

ARDI es un acrónimo que describe Actores, Recursos, Dinámicas e Interacciones, que identifican los pasos que el método utiliza para obtener modelos mentales de los actores del sistema (Etienne et al, 2011). Por tanto, permite el surgimiento progresivo de una representación compartida de los componentes y la dinámica del sistema mediante la descripción de las partes interesadas, los recursos, los procesos y las interacciones entre ellos (Etienne, 2011).

A continuación, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) integraré diferentes bases de datos obtenidos por fuentes oficiales para generar información gráfica (mapas) mediante la herramienta Qgis que me permita identificar y analizar los patrones espaciales sobre el fenómeno de interés considerando algunos aspectos básicos:

- Comprender la interrogante a la cual se desea dar respuesta con la creación de un mapa (Jiménez, 2013).
- Pensar que los datos correspondan con toda el área de interés se encuentren referenciados y se tenga toda la información que sea de utilidad para la toma de decisiones (Jiménez, 2013).

- Generar un diagnóstico de los datos para conocer el tipo de información que se ha obtenido, la distribución en la que se encuentra y diseñar o establecer una metodología del análisis (Jiménez, 2013)

Capítulo 1: Marco Referencial

1.1. Marco teórico

1.1.1. Vulnerabilidad

Conceptualizar acerca de la vulnerabilidad (entendida como vulnerabilidad social), implica necesariamente evaluar las condiciones socio-económicas, políticas y culturales de la población, pues, la vulnerabilidad supone la existencia de una vulneración. Es decir, la ausencia de los medios suficientes para enfrentarse a la materialización de un riesgo. Pues bien, los desastres naturales no ocurren fuera de su contexto, sino dentro de la estructura de la sociedad.

De acuerdo con la Ley 1523 de 2012: “La vulnerabilidad, es la deficiencia o fragilidad física, económica, social, ambiental o institucional que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un evento físico peligroso se presente”. Al mismo tiempo (Agassiz, 2001), y (Mcgranahan, Balk, & Anderson, 2007) consideran a la vulnerabilidad como el nivel de exposición o susceptibilidad de un sistema y que por lo tanto, no puede hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, y, las catástrofes ambientales ocurren especialmente en territorios donde la población se sitúa en tierras de baja altura, propensos a inundaciones por desbordamiento de ríos, avenidas torrenciales, aumentos de nivel del mar, precipitaciones, entre otros peligros introducidos por el cambio climático.

El concepto de la vulnerabilidad hace posible abordar la reacción de poblaciones con diferentes factores (Mcgranahan, Balk, & Anderson, 2007; Perch-Nielsen, Bättig, & Imboden, n.d.; Rubin, 2014) pues, el riesgo aumentará en poblaciones de bajos ingresos, altos niveles de pobreza, y elevados niveles de marginación socio-económico. Es decir, que el nivel de vulnerabilidad al cambio climático depende en gran medida de las estructuras políticas en el lugar y el sistema económico de la sociedad (Adger et al 1999). En esta misma línea (Burton, Kates, & White, 1993) argumentan que, los peligros son esencialmente mediados por estructuras institucionales y que el aumento de la actividad económica no necesariamente reduce la vulnerabilidad a los impactos.

Frente a esto (Adger, 2006) escribe, los conflictos civiles a menudo exacerban los peligros naturales, y la percepción de vulnerabilidad asociada a ellos son fundamentalmente diferentes en la inseguridad alimentaria, el desplazamiento y la violencia. Si bien, para entender la dimensión de la vulnerabilidad se debe incorporar la dinámica social dentro de un sistema ecológico, y que éstas, son importantes para la capacidad resiliente del paisaje y del territorio (McPhearson, 2016).

Dentro del análisis, se deben incorporar las relaciones dinámicas entre factores físicos y sociológicos en la consolidación de una estrategia de mitigación y recuperación del equilibrio sistémico. A esto se le conoce como resiliencia o capacidad adaptativa o restaurativa del sistema, la cual está muy relacionada con la vulnerabilidad socio económica, y se refiere a la habilidad de un ecosistema de recuperarse de una perturbación.

1.1.2. Vulnerabilidad Institucional

Los ecosistemas y paisajes dominados por el hombre, así como la biosfera, están acoplados a los sistemas humano-medio ambiente (CHES) o sistemas socioecológicos (SES) (Wu, 2013). Estos son ejemplos de sistemas adaptativos complejos (CAS), caracterizados por un elevado número de componentes que interactúan de manera no lineal, multiplicidad de escalas en estructura, dinámica, y

capacidad de auto organización (Levin 1999). Estos sistemas son esencialmente inciertos debido al estado de incertidumbre por una multiplicidad de respuestas no correlacionadas o no lineales. Por lo tanto, la sostenibilidad del CAS se basa en la resiliencia derivada de la capacidad de adaptación del sistema (Levin et al,1999).

Holling (1973) definió originalmente la resiliencia como la capacidad de un sistema para absorber cambios y perturbaciones sin cambiar su estructura y funciones básicas o cambiar a un estado cualitativamente diferente. La definición, “en el contexto de la sostenibilidad se centra en las capacidades del sistema para auto organizarse y adaptarse al cambio” (Levin 1998; Holling 2001; Walker y Salt 2006). El concepto de vulnerabilidad está estrechamente relacionado con la resiliencia (Turner et al. 2003; Adger 2006), pues, según Turner et al. (2003b), " Vulnerabilidad es el grado en que un sistema, subsistema o componente del sistema puede sufrir daños debido a la exposición a un peligro, ya sea una perturbación o estrés".

“En general, los sistemas altamente resistentes tienden a ser menos vulnerables, y viceversa” (Gallopín 2006). Sin embargo, esta relación no es exactamente simétrica porque un sistema altamente insensible o resistente, y por lo tanto menos vulnerable, también puede tener una baja resiliencia (Gallopín 2006). Aunque la relación precisa entre estos términos estrechamente relacionados no está clara, en parte porque cada uno se ha definido de manera diversa (Gallopín 2006), la sostenibilidad corresponde a una baja vulnerabilidad y una alta resiliencia. Por lo tanto, la resiliencia y la vulnerabilidad representan dos perspectivas esenciales sobre la sostenibilidad (Turner et al. 2003; Turner 2010).

1.1.2. Evaluación de Vulnerabilidad

De acuerdo a la secretaría distrital de ambiente en Bogotá, las localidades que presentan una capacidad de recuperación más baja a los peligros del cambio climático son: Sumapaz, San Cristóbal, Barrios Unidos, Fontibón, Kennedy y Usme evaluada a través de la densidad de infraestructura hospitalaria y educativa por localidad y el Índice de Pobreza Multidimensional (IPM)

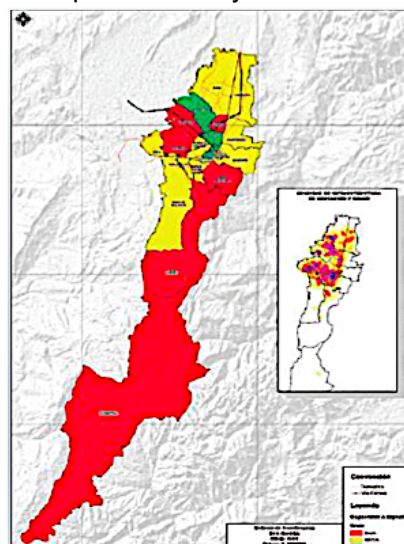


Figura 4: Capacidad adaptativa por localidad en Bogotá. Tomado de IDEAM, PNUD, Alcaldía de Bogotá, 2012

1.1.4 Evaluación de la Vulnerabilidad Social a Inundaciones

1.1.5. Gestión del Riesgo

El Distrito de Bogotá dispone del Instituto Distrital de Gestión del Riesgo (IDIGER) para la atención, y prevención de desastres ocasionados por el cambio climático, y, tiene el propósito de generar sinergia en los siguientes procesos, instrumentos y técnicas de gestión del riesgo:

- Conocimiento del riesgo
- Reducción del riesgo
- Manejo de emergencias y desastres
- Mitigación y adaptación frente al cambio climático, según el Acuerdo 546 de 2013

Instrumentos de planificación

- Plan de Ordenamiento Territorial
- Plan Distrital de Desarrollo 2016 - 2020 “Bogotá mejor para todos”
- Plan Distrital de Gestión del Riesgo de Desastres y del Cambio Climático para Bogotá D.C., 2018-2030
- Estrategia Distrital para la Respuesta a Emergencias
- Estrategia Institucional de Respuesta - EIR del IDIGER

1.1.5 Técnicas de Gestión del Riesgo

- Sistemas de Información para la Gestión del Riesgo y Cambio Climático (SIRE)
- Sistema Distrital de Prevención y Atención de Emergencias– SDPAE
- Instituto de Hidrología, Meteorología, y Estudios Ambientales (IDEAM)
- Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático (IDIGER)
- Sistema de Alerta Temprana (SAT)
- Red Hidrometeorológica de Bogotá (RHB)

1.2. Estado del Arte

El análisis de redes sociales o ARS es una teoría formal para analizar las relaciones entre individuos u organizaciones centrándose en las posiciones de los actores (Paletto 2016). Este análisis permite entender cómo los individuos actúan entre sí, y con el paisaje. Los vínculos sólidos con otras organizaciones pueden reducir la incertidumbre y promover la adaptación al aumentar la comunicación y el intercambio de información (Kraatz 1998).

El mapa de redes sociales puede contribuir a lograr una gobernanza inclusiva del paisaje cuando incorpora las diversas perspectivas y experiencias de una amplia gama de partes interesadas (Buckingham et al, 2018). Este análisis permite comprender cómo, y qué tanto se encuentran dispersos los diferentes actores y recursos en el paisaje que contribuya a la restauración de los sistemas de gobierno, la atención de deficiencias no identificadas, y la conservación del equilibrio sistémico.

De acuerdo a la guía metodológica del WRI (World Resources Institute) existen actualmente tres formas de utilizar análisis de redes sociales en la literatura existente (Mapping Social Landscapes):

1.2.1 Fomentar la confianza y la eficacia

La confianza es clave para la colaboración en la red y puede identificarse a través de redes formales e informales (Borg et al. 2015). El análisis de la red puede abordar la colaboración de la red y los flujos de conflictos para aumentar las relaciones positivas (Paletto et al. 2016). Además, comprender el flujo de información y la comunicación puede ayudar a fortalecer los canales con miembros desconectados o sin derechos de la red (Alexandrescu et al. 2016).

1.2.2. Capitalizar los roles existentes

La identificación de habilidades es esencial para la gestión de los recursos locales, pues, ayuda a comprender tanto las fortalezas como las brechas en el conocimiento (Crona y Bodin 2006).

1.2.3. Usa el capital social para escalar

A menudo, los actores con redes sociales más grandes tienen más estrategias de subsistencia, como el acceso a las finanzas y los recursos económicos (Cassidy y Barnes 2012). Se pueden identificar poblaciones vulnerables y tomar medidas para aumentar la resiliencia en las comunidades (Ricciardi 2015).

La combinación de estos enfoques deberá ser el primer paso de la construcción de una metodología que permita la comprensión de todo el panorama social de manera justa y equitativa. Es decir, la inclusión de todos los ciudadanos interesados.

Sugerir la comprensión de varios enfoques para el análisis de redes social (como insumo del capital social y el aumento de la resiliencia) exige garantizar un flujo permanente de datos e información para la restauración del equilibrio, especialmente en actores de la periferia, o altamente expuestos a una amenaza. Así como de los recursos, y las estrategias de acceso que permitan la eficiencia y la equidad de la red.

1.3. Marco Normativo

- Acuerdo 391 de 2009

En esta norma se formula el Plan Distrital de Adaptación y Mitigación al Cambio Climático, y se dictan otras disposiciones.

La Alcaldía Distrital se encargará de formular la estrategia de Mitigación y Adaptación del Cambio Climático en diferentes sectores socioeconómicos, así como la estrategia de gestión y planificación que le permita a la ciudad evaluar la vulnerabilidad actual, y predecir los riesgos futuros a través, de la integración de diferentes acciones de mitigación y adaptación.

- Acuerdo 546 de 2013

Se transforma el Sistema Distrital de Prevención y Atención de Emergencias -SDPAE-, en el Sistema Distrital de Gestión de Riesgo y Cambio Climático-SDGR-CC. Este sistema, tiene por objeto crear sinergia entre la ciudadanía y las entidades públicas en los procesos de gestión del riesgo y cambio climático de la Ciudad de Bogotá.

- Resolución 227 de 2006

Por el cual se adoptan los términos de referencia para la ejecución de estudios detallados de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa para proyectos urbanísticos y de construcción de edificaciones en Bogotá D.C. Por medio de esta norma, se reglamentan los estudios de amenaza y riesgo por fenómenos de remoción en masa de proyectos urbanos en Bogotá, con el fin de evitar construcciones en áreas de amenaza media y alta.

- Decreto 4147 de 2011

Por el cual se crea la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, se establece su objeto y estructura. La UNGRD dirige la implementación de gestión del riesgo, y coordina su el funcionamiento del Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres (SNPAD).

- Decreto 1974 de 2013

Mediante el decreto, se establece el procedimiento para la expedición y actualización del Plan Nacional de Gestión de Riesgos. De acuerdo a la norma, el PNGR debe contener procedimientos en el conocimiento de riesgo y manejo de desastre en la planificación del desarrollo territorial. Es decir, y de acuerdo al propósito de la investigación, ésta norma establece el procedimiento en la detección y atención de riesgo que debe incluirse en el Plan Nacional de Gestión del Riesgo.

- Decreto 173 de 2014 Alcaldía Mayor de Bogotá

Esta norma dicta las disposiciones en relación con el Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático - IDIGER, su naturaleza, funciones, órganos de dirección y administración. Mediante el decreto se crea el IDIGER como entidad de orden distrital adscrita a la secretaría de ambiente. El IDIGER, es la entidad encargada de canalizar y centralizar la información clara, suficiente y oportuna sobre los posibles escenarios de riesgo de la ciudad de Bogotá.

- Decreto 174 de 2014

Se otorga o reglamenta el Fondo Distrital para la Gestión de Riesgos y Cambio Climático de Bogotá. El cual, es la entidad encargada de recaudar, administrar y gestionar los recursos necesarios para la operación de Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático.

- Decreto 1807 de 2014

Reglamenta el artículo 189 del Decreto Ley 019 de 2012 relativo a la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial, y se dictan otras disposiciones.

- Decreto 308 de 2016

Por el cual se adopta el Plan Nacional de Gestión Riesgos y Desastres

El Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres “Una Estrategia de Desarrollo”, tiene como objetivo general orientar las acciones del Estado y de la sociedad civil en cuanto al conocimiento del riesgo, la reducción del riesgo y el manejo de desastres en cumplimiento de la Política Nacional de Gestión del Riesgo, que contribuyan a la seguridad, bienestar, la calidad de vida de las personas y el desarrollo sostenible del territorio nacional. Si bien, el decreto es un paso adelante en el conocimiento y gestión del riesgo de la población civil, el decreto olvida mencionar cual es el medio para la transmisión y administración del riesgo, ni sus entidades responsables. Por ésta razón, una de las conclusiones de la investigación se centrará en resumir la ausencia y compromiso del Gobierno en la disminución de la vulnerabilidad de la población.

- Decreto 837 de 2018

Se adopta el Plan Distrital de Gestión del Riesgo de Desastres y del Cambio Climático para Bogotá 2018-2030. Adóptese el “Plan Distrital de Gestión del Riesgo de Desastres y del Cambio Climático para Bogotá D.C., 2018-2030”, y la “Estrategia Distrital para la Respuesta a Emergencias”. De acuerdo a la presente norma, el Alcalde Mayor de la ciudad de Bogotá le confiere la responsabilidad de ejecutar y realizar el seguimiento a la ejecución del Plan Distrital de Gestión del Riesgo al Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático (SDGR-CC). De conformidad con lo anterior, el

decreto reglamenta el PDGR cómo instrumento de planificación y de ordenamiento territorial creando sinergia en todas las entidades de planificación del Distrito Capital en el plan de Gobierno “Bogotá Mejor para Todos”.

- Ley 1523 de 2012

Se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de riesgo de desastres. Su objetivo, es llevar a cabo el proceso social de la gestión del riesgo con el propósito de ofrecer protección a la población en el territorio colombiano, mejorar la seguridad, el bienestar y la calidad de vida y contribuir al desarrollo sostenible.

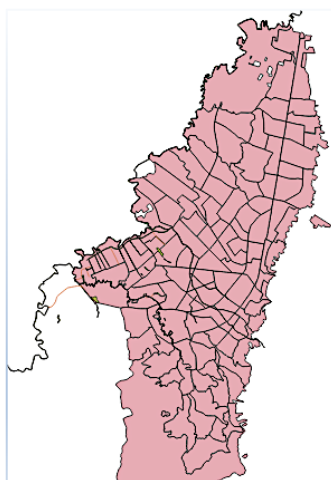
- Ley 1931 de 2018

La presente ley tiene por objeto establecer las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de las personas públicas y privadas, la concurrencia de la Nación, Departamentos, Municipios, Distritos, Áreas Metropolitanas y Autoridades Ambientales principalmente en las acciones de adaptación al cambio climático, así como en mitigación de gases efecto invernadero, con el objetivo de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas del país frente a los efectos del mismo y promover la transición hacia una economía competitiva, sustentable y un desarrollo bajo en carbono.

Capítulo 2. Análisis de Redes Sociales

El Análisis de Redes Sociales o ARS es una metodología de investigación propuesta por diferentes autores como Welman, White, y especialmente por Jeffrey Pfeffer entre otros, que permite entender el mundo como un conjunto de actores interconectados entre sí, y no como elementos distanciados unos de otros. El ARS pretenden analizar las diferentes formas de organización y cómo se conectan entre sí para determinar el grado de complejidad del sistema, y los patrones de intercambio de los recursos entre las diferentes estructuras de la sociedad.

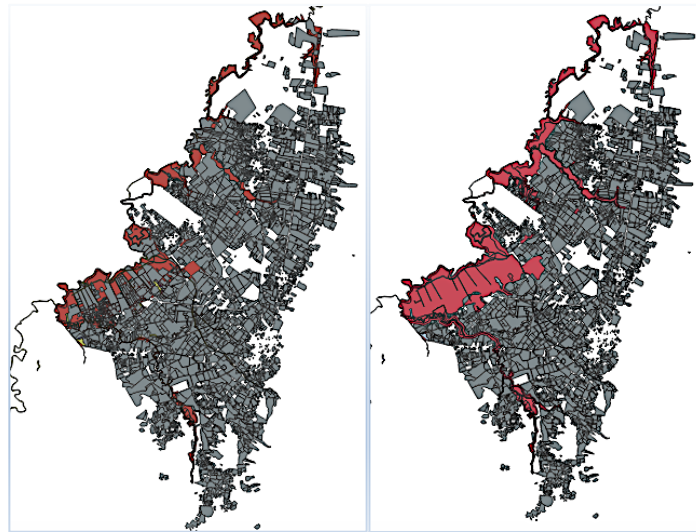
El ARS junto a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite conocer las comunidades, su importancia, localización, y distribución del espacio. En este sentido, “los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permite trabajar de manera integrada y establecer una mejor comunicación entre varios sectores, permitiendo un balance entre las metas de los diversos sectores involucrados” (Jiménez, 2013).



Mapa 1: Unidades de Planeación Zonal de Bogotá, y los cuerpos de agua y afluentes de la ciudad. Construcción propia a partir de datos obtenidos del IDECA.

De acuerdo al mapa 1, la localidad de Bosa, se encuentra rodeada y especialmente amenazada por los ríos Tunjuelito, y Bogotá, junto al humedal Tibanica, Timiza, y el canal Santa Isabel, y Tintal III en las UPZ de Tintal Sur, El Porvenir, Bosa Central, y Apogeo. Así mismo, la localidad de Kennedy se encuentra altamente amenazada por el Humedal La Vaca, El Burro, y Techo, como del canal Américas, Castilla, la Magdalena y Alsacia que afectan a las UPZ correspondiente a Patio Bonito, Corabastos, Tintal Norte, y Castilla

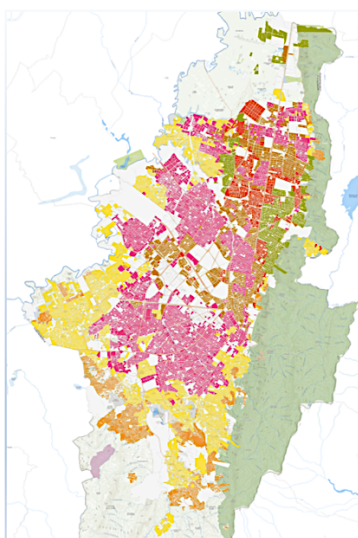
En este punto, detallaré la población altamente amenazada por inundaciones en Bosa, y Kennedy teniendo en cuenta el área urbanizada de la ciudad.



Mapa 2: A la derecha, área urbana de Bogotá (Capa de área urbanizada y mancha de inundación). Izquierda, área urbana de Bogotá (Capa de área de inundación y área Urbanizada). Zonas amenazadas por inundaciones. Construcción propia a partir de datos obtenidos del IDECA.

La comparación del mapa 2 sugiere, que gran parte del área urbanizada de las localidades de Kennedy y Bosa se encuentran cubiertas por la mancha de inundación, especialmente, los barrios cuya categoría corresponden al estrato 1 y 2 de acuerdo a la Alcaldía Mayor de Bogotá, situación que exacerba la vulnerabilidad social, e institucional de cada una de los actores identificados.

Ahora bien, descrito las zonas de interés, veremos como se conjura la vulnerabilidad alrededor de las zonas amenazadas por inundaciones en diferentes niveles incorporando elementos de medición de vulnerabilidad tradicional como el estrato socioeconómico.



Mapa 3: Estratificación socio económica de Bogotá. Construcción propia a partir de datos obtenidos del IDECA.

De acuerdo al mapa 3, el color amarillo representa los barrios cuyo estrato se encuentra en grado 2, y rojo los de estrato 1, que componen y rodean el área urbana de Bosa y Kennedy. Al mismo tiempo, coincidentalmente éste segmento de población altamente vulnerable en términos socio económicos se encuentra localizada en los alrededores de las rondas de los ríos y sobre la mancha de inundación.

2.1.1. Bosa

La localidad 7 de Bogotá, “se ubica al sur occidente de la ciudad; limita al norte con la localidad de Kennedy, de por medio con CL 49 Sur, DG 49 Sur, KR 85, CL 52 A Sur, KR 82 B, CL 55 Sur, KR 81, DG 56 Sur, KR 84 C, CL 58 D Sur, río Tunjuelito; al oriente con la localidad de Ciudad Bolívar, de por medio con la Autopista Sur y DG 57 C Sur; al sur con el municipio de Soacha, de por medio con río Tunjuelito y Avenida Terreros – KR 77 G; por el occidente con el municipio de Mosquera, y de por medio con el río Bogotá” (Catastro, 2013).

Bosa, es una localidad especialmente amenazada por diferentes factores, entre los que se encuentra la altísima concentración de población socio económica de estrato 2, con el 86% según la Alcaldía Mayor de Bogotá, y la constante presencia de inundaciones por cuenta de los cuerpos de agua que le rodean, cómo: el Río Bogotá, y Tunjuelo que cubren por lo menos en su totalidad, 3 de sus 5 UPZ's (Porvenir, Tintal, y Bosa Occidental)



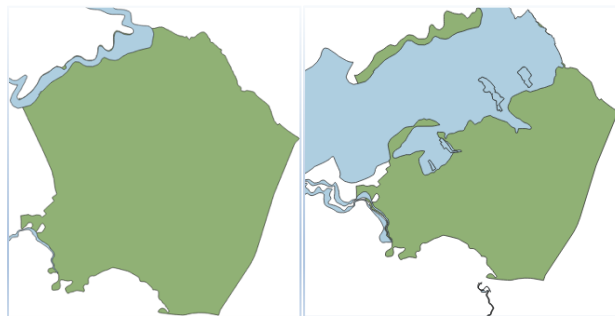
Mapa 4: A la izquierda, zona geográfica de la localidad de Bosa clasificada en amenaza alta, a la derecha, zona geográfica clasificada en amenaza media. Construcción propia a partir de datos obtenidos del IDECA.

De acuerdo al mapa 4 (izquierdo), las UPZ más frágiles por inundación de cualquier circunstancia (avenida torrencial, etc.) pertenecen a las más cercanas a la ronda del río Bogotá, y Tunjuelito como Bosa Central, El Porvenir, y Tintal sur. Mientras, en la clasificación de amenaza media y baja se ubican las UPZ más centrales, y por lo tanto más alejadas de los ríos, pero altamente afectadas por el gradiente de altitud introducido por la geografía del territorio como Bosa Occidental, y Bosa Central. El último, especialmente amenazado por el humedal, y canal de Tibanica.

2.1.2. Kennedy

La localidad 8 de Bogotá “se ubica al sur occidente de la ciudad; limita al norte con la localidad de Fontibón (09), de por medio con la AC 13 y el río Fucha; al oriente con la localidad de Puente Aranda (16), de por medio con la AK 68 (Avenida del Congreso Eucarístico); al sur con las localidades de Tunjuelito (06) y Bosa (07), de por medio con la Autopista Sur y río Tunjuelito; por el occidente con el municipio de Mosquera, de por medio con río Bogotá” (Catastro, 2013).

Kennedy, al igual que Bosa se encuentra altamente amenazada en los alrededores, y centro de la localidad por cuenta de los cuerpos de agua como; Río Fucha, y Bogotá con una importante diferencia socio económica, pues su área total construida pertenece en un 51% en estrato 3, y 47% de estrato 2 según la Alcaldía Mayor de Bogotá.



Mapa 5: A la izquierda, zona geográfica de la localidad de Kennedy clasificada en amenaza alta, a la derecha, zona geográfica clasificada en amenaza media. Construcción propia a partir de datos obtenidos del IDECA.

De acuerdo al mapa 5 (izquierdo), la UPZ más amenazada por eventos de inundación corresponden a la más próxima del río Bogotá, y Fucha como la zona urbana de Tintal Norte (perteneciente al estrato 2). Mientras, en la clasificación de amenaza Media se ubican las UPZ Tintal Norte, Calandaima, Patio Bonito, Castilla, y Cora bastos.

2.2. Instituciones Vulnerables en Bogotá para Bosa y Kennedy

2.2.1. Juntas de Acción Comunal:

La elección del actor tiene su fundamento en la Ley 743 de 202 que, tiene por objeto promover, facilitar, estructurar y fortalecer las relaciones con el Estado y los particulares, que por su nivel de nivel de complejidad y dimensión se encuentran por fuera de la estructura del Estado.

2.2.2. Conjuntos Residenciales:

Este actor, se sostiene bajo la Ley 675 de 2001, el cual, regula la forma de dominio de la propiedad horizontal en la que concurren derechos de propiedad sobre los bienes privados y demás bienes comunes, con el fin de garantizar la seguridad y la convivencia pacífica en los inmuebles sometidos a

ella. Es decir, para efectos de la presente metodología, el conjunto residencial es la institución encargada de cohesionar un conjunto de actores, en caso de materializarse el riesgo o la amenaza.

2.2.3. Personerías Locales:

La Constitución Política de Colombia establece las entidades que pueden ejercer el Ministerio Público, de las que se encuentran; las personerías locales, la cual, le corresponde la protección del interés público y la vigilancia de las entidades que desempeñan funciones públicas.

2.2.4. Colegios:

De conformidad con el artículo 67 de la Constitución Política de Colombia, se define y desarrolla la organización y prestación del servicio de la educación formal en sus niveles preescolar, básica y media dirigida a niños y jóvenes en edad escolar impartido en las instituciones educativas del Estado. Así mismo, corresponde al Estado velar por la calidad, el acceso, y el cubrimiento del servicio educativo.

2.3. Instituciones de Gestión y Atención de Desastres

2.3.1. Defensa Civil Colombiana

Es función de la Defensa Civil Colombia la atención inmediata e inminente de desastres naturales y calamidades públicas ocurridas en el territorio nacional.

Para efectos de la presente investigación, y la construcción del mapa de interacción en las localidades seleccionadas, se tomará como referencia la oficina de administración ubicada en la localidad de Kennedy, y la seccional principal ubicada en la localidad de Chapinero como entidades encargadas de coordinar y brindar la atención inmediata en caso de un desastre provocado por inundaciones.

2.3.2. Cruz Roja Colombiana - Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR)

La Cruz Roja, es el signo visible de una acción humanitaria en situaciones de desastre o emergencia ambiental ocasionada por fenómenos ambientales, conflicto armado, u otras situaciones de violencia. El signo, le confiere a sus a todos sus miembros la facultad de desarrollar una acción humanitaria en todo el territorio Nacional, de acuerdo a la Ley 875 de 2004, y el decreto 138 de 2005.

Para efecto de esta investigación, y teniendo en cuenta la naturaleza de la CICR, y, por tanto, su zona de influencia, se tomará como actor principal la seccional Cundinamarca y Bogotá ubicada en Engativá.

2.3.3. Bomberos de Colombia

Bomberos Colombia, es la entidad que al igual que la Cruz Roja Colombiana, es de orden Nacional y tiene a su cargo la prestación del servicio público de atención de desastres en todas sus modalidades. Por tanto, constituye integralmente, junto con la Cruz Roja Colombiana, y la Defensa Civil Colombiana el cuerpo de entidades que contribuyen a la debida, e inmediata atención en caso de desastres naturales, o emergencias.

2.4. Mapa de Interacciones y Transmisión de Vulnerabilidad en Kennedy y Bosa

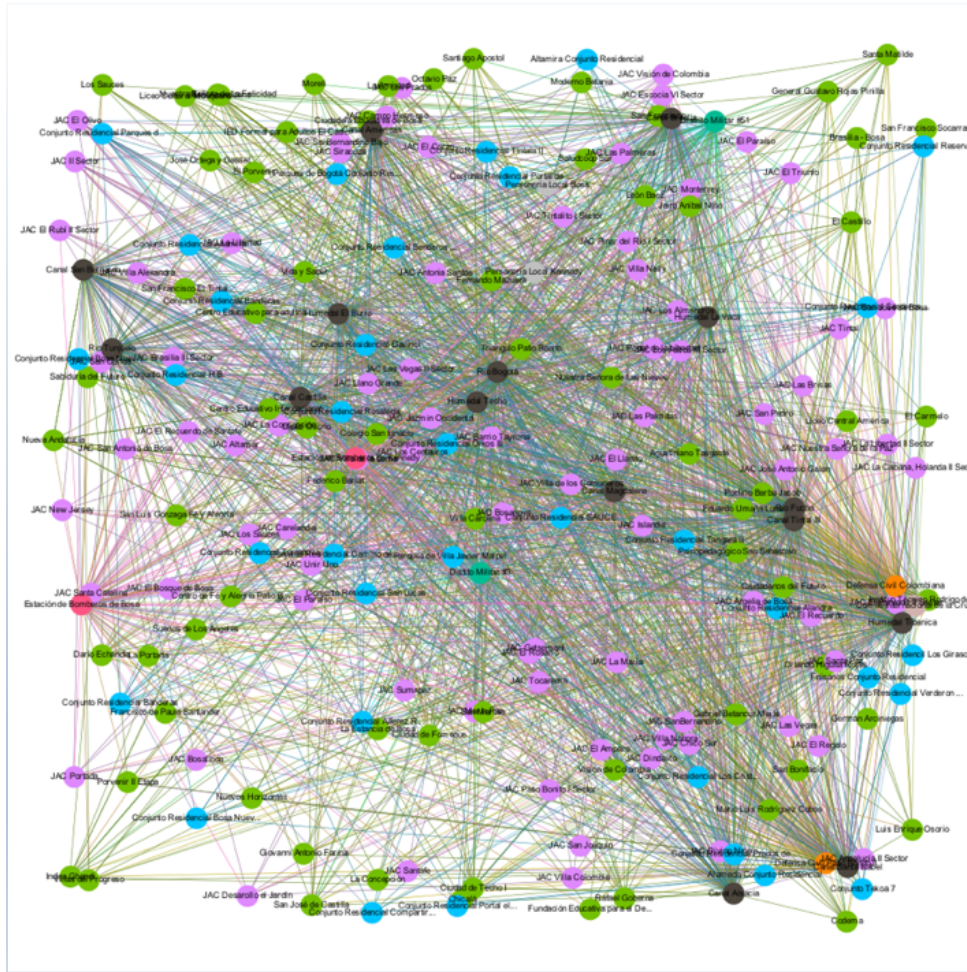


Figura 1: Mapa de interacciones y transmisión de vulnerabilidad entre actores de las localidades de Bosa y Kennedy en Bogotá. Construcción propia.

La figura 1, está construida a partir de dos (2) componentes. En primer lugar, una lista de actores previamente definidos, y una lista de relaciones de interdependencia haciendo uso de la metodología de Redes Sociales. Bajo lo anterior, y con el objeto de la demostración matemática de la vulnerabilidad, los actores serán llamados vértices, o nodos (en Gephi), y las relaciones se denota como enlaces o aristas. En el mapa de interacciones, el atributo (del actor) determina el color del nodo, y su tamaño, depende del “grado de centralidad” de la Red (Universidad Nacional del Sur de Argentina, 2016). Las medidas de centralidad son indicadores que permiten evaluar el grado de proximidad o cercanía del vector propio frente a los nodos bien conectadas, y el número de conexiones existentes entre sí (Universidad Nacional del Sur de Argentina, 2016).

2.4.1. Análisis del Mapa de Interacción Social

Evaluar la medida de centralidad de la red me permite calcular la distancia promedio del gráfico entre todos los pares de nodos. El cual, según Brandes (2001) “Las altas puntuaciones de centralidad indican que un vértice puede alcanzar a otros en caminos relativamente cortos, o que un vértice se encuentra en fracciones considerables de caminos más cortos que conectan a otros” (2012). Por interpretación, la medida de centralidad quiere decir el grado de cercanía de un nodo frente a otros en el conjunto de los actores identificados en el mapa. Pues, las redes sociales, y de otro tipo se describen convenientemente como una grafica $G = (V, E)$ donde el conjunto V de vértices representa actores, y E el conjunto de bordes o enlaces entre actores (Brandes, 2001, pág. 165).

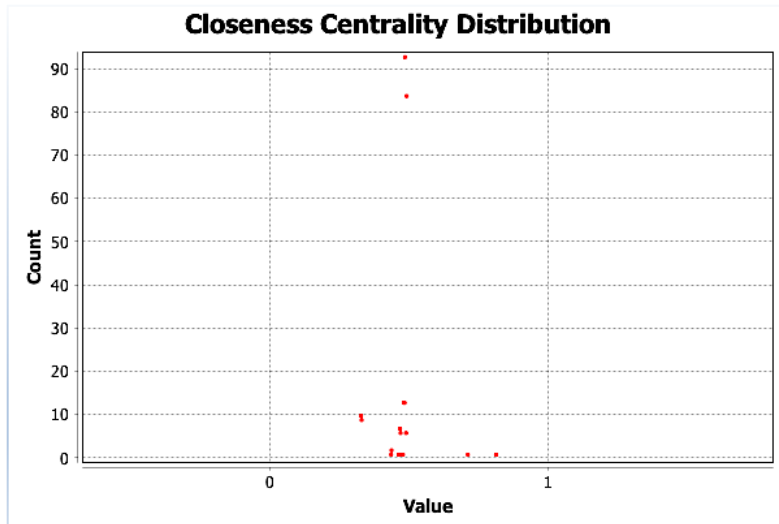


Gráfico 1. Distancia media de dos nodos más alejados. Adaptado de resultados en Gephi.

El nivel de dispersión obtenido en el gráfico permite identificar el grado de cercanía de cada uno de los actores del conjunto de la red. Es decir, cada nodo se encuentra relativamente cerca entre sí, fomentando un grado de colaboración en todas las escalas. Al mismo tiempo, el grado de centralidad me permite identificar qué nodos concentran la mayor cantidad de conexiones existentes de la red, y por tanto, conocer su grado de interés o relevancia determinante.

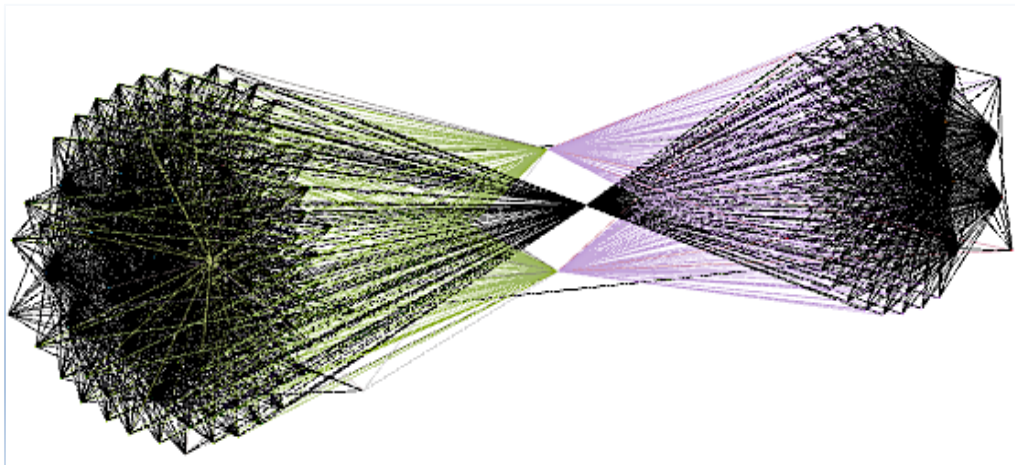


Figura 2. Partición por grado de distribución central. Construcción propia.

Nodo	Clase	Grado con Peso	Cercanía Central
Defensa Civil Colombiana	Defensa Civil	188	0.908696
Comité Internacional de la Cruz Roja	Cruz Roja	187	0.900862
Rio Bogotá	Cuerpos de Agua	189	0.893162

Tabla 2. Grado de centralidad y grado ponderado de la red. Construcción Propia.

Del mismo modo, el alto grado de cercanía del nodo me permite identificar la facilidad, o probabilidad de transferir la amenaza de inundación introducida por el desbordamiento del río Bogotá entre cada uno de los actores del sistema según el peso proporcional del nodo. Esto, de acuerdo con Lambiotte “la simple caminata aleatoria, donde un caminante salta en cada paso desde el nodo donde se encuentra hasta uno de sus vecinos inmediatos con una probabilidad proporcional al peso del enlace que une los nodos de una partición de la gráfica en el tiempo t , como la probabilidad de que un caminante esté en la misma comunidad en el tiempo cero y en el tiempo t ” (2014, pág. 77). Lo anterior, puede entenderse como el grado de difusión o transferencia de la probabilidad en el flujo de las particiones del sistema.

Para el caso de Bogotá, y especialmente las localidades de Bosa y Kennedy, la red evidencia poca diversidad en los actores que trabajan en la atención y gestión del riesgo ocasionado por efectos ambientales. Toda vez, aunque las dos primeras entidades componen el plan de Gestión y Atención del Riesgo de la ciudad de Bogotá, no tienen presencia institucional en las localidades más amenazadas.

Al mismo tiempo, la Defensa Civil Colombiana, y la Cruz Roja Internacional concentran la mayor cantidad de conexiones existentes en todo el paisaje, lo cual quiere decir, y en caso de la materialización del riesgo o la amenaza por el desbordamiento del Río Bogotá - *Nodo con mayor cantidad de conexiones* -, estas dos (2) entidades deberán soportar la atención de 188 y 187 nodos (respectivamente) con toda la magnitud y peligro para la población que represente.

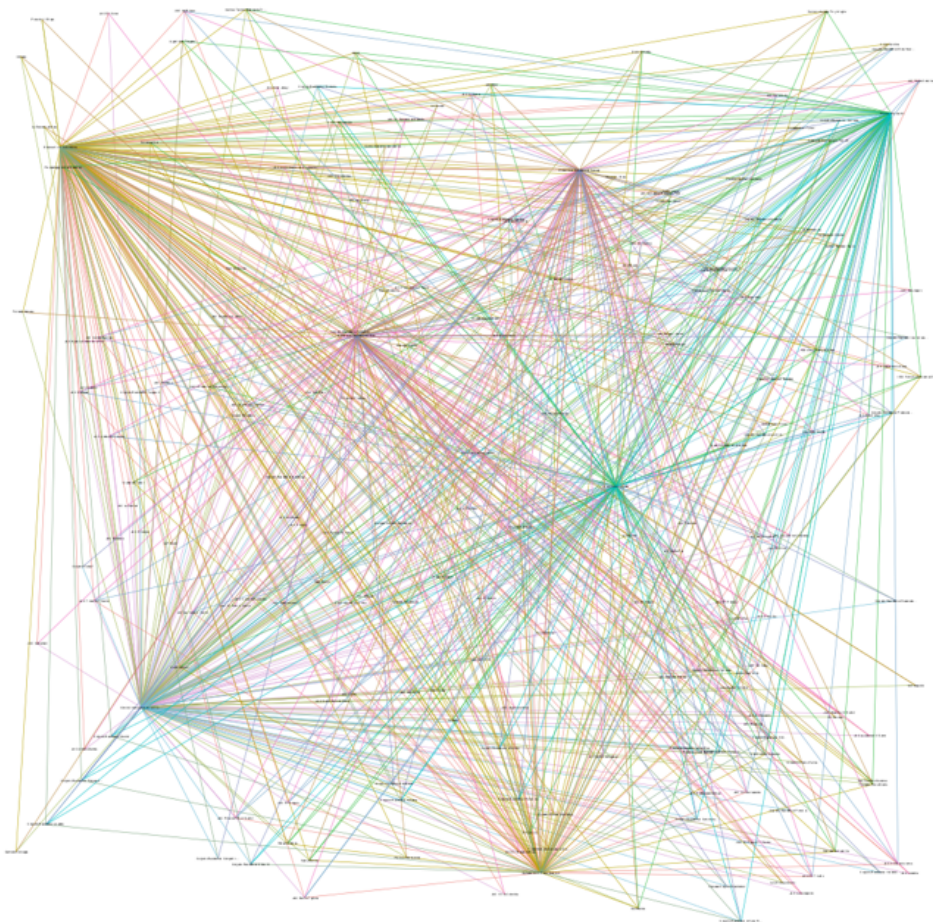


Figura 2. Mapa de interacciones de las entidades de gestión del riesgo. Elaboración propia.

Como se evidencia en la figura 2 los nodos más importantes del sistema, corresponden a las entidades de gestión del riesgo con mayor grado de centralidad cómo: la Cruz Roja, y la Defensa Civil Colombiana (Superior e inferior izquierdo) De ésta misma manera, aparecen entidades que, aunque no hacen parte integral de las entidades encargadas de la gestión del riesgo como los distritos militares, si se configuran en el mapa como actores importantes en el cuidado, y preservación de la integridad física de los ciudadanos de la localidad de influencia.

Nodo	Clase	Grado Ponderado
Estación de Bomberos de Kennedy	Bomberos	91
Estación de Bomberos de Bosa	Bomberos	94

Tabla 3. Grado de centralidad de estaciones de bomberos en Bosa y Kennedy. Elaboración propia

Nodo	Clase	Grado Ponderado
Distrito Militar #3 de Kennedy	Distrito Militar	93
Distrito Militar #51 de Kennedy	Distrito Militar	93

Tabla 4. Grado de centralidad distritos militares Kennedy. Elaboración propia

Nodo	Clase	Grado Ponderado
Defensa Civil Patio Bonito II	Defensa Civil	93

Tabla 5. Grado de centralidad Defensa Civil sede Kennedy. Elaboración propia.

El análisis de la red en las localidades de Bosa y Kennedy revela la necesidad de una mayor colaboración inter institucional para la restauración y atención de la comunidad local, especialmente en Bosa, pues, sólo existe una entidad encargada de prestar la atención necesaria en caso de inundación o catástrofe, pues bien, los distritos militares de la ciudad no cumplen una función propia o esencial en el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de la Ciudad, si prestan su pie de fuerza en caso de ser requerido en caso que la catástrofe desborde la capacidad institucional de atención de los entidades encargadas.

2.4.2. Grado de Modularidad.

La modularidad, es una medida que permite identificar el nivel o el grado de agrupamiento de los nodos que componen el sistema.” Este enfoque permite descomponer las redes en subunidades o comunidades que son un conjunto de nodos altamente interconectados” (Fortunato, 2007). El nivel resultante de la descomposición de la red logra identificar la estructura original, o la meta-red del sistema. En términos generales, “La modularidad está diseñada para medir la fuerza de la división de una red en grupos o comunidades” (Prokhorenkova, 2017). Las redes con alta modularidad tienen conexiones densas entre los vértices dentro de los grupos, pero conexiones dispersas entre los vértices de los diferentes grupos (Prokhorenkova, 2017). Como resultado, la modularidad se utiliza a menudo en los métodos de optimización para detectar la estructura de la comunidad en las redes, por lo que es un parámetro gráfico importante desde un punto de vista práctico (Prokhorenkova, 2017).

La modularidad de una partición es un valor escalar entre -1 y 1 que mide la densidad de los enlaces dentro de las comunidades en comparación con los enlaces entre comunidades (Newman, 2004).

Modularity	0.368
Número de comunidades	2

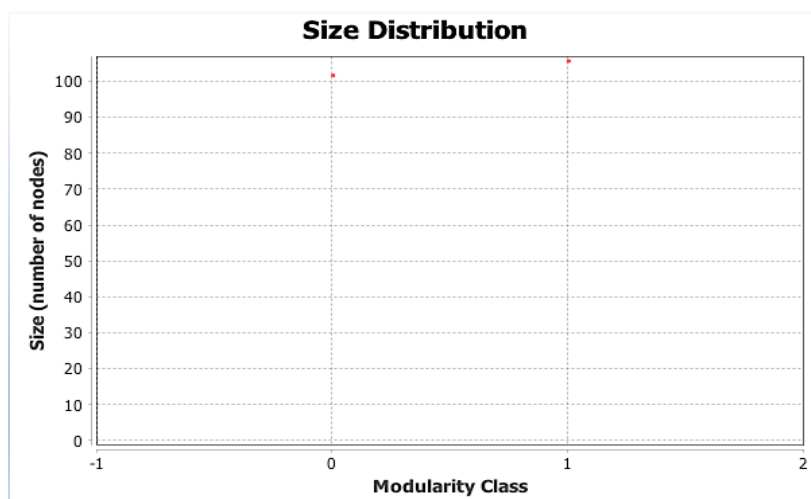


Gráfico 2. Grado de modularidad del sistema. Adaptado de resultados en Gephi.

De acuerdo al gráfico 2, y teniendo en cuenta lo comentado por diferentes autores (Prokhorenkova , y Fortunato) sobre la lectura e interpretación del grado de modularidad del sistema, la red se descompone básicamente en dos (2) comunidades como lo son las localidades de Bosa y Kennedy qué, aunque comparten la amenaza del cuerpo de agua más importante de la ciudad como lo es el río Bogotá, su vulnerabilidad se distribuye entre todos los cuerpos de agua que le rodean y las condiciones socio económicas existentes de los actores previamente identificados. Al mismo tiempo, el grado de modularidad (0.368) me permite inferir el grado de concentración y organización entre los nodos del sistema, y la facilidad de la transmisión de la amenaza entre los actores amenazados, como lo presenté en el cálculo estadístico del grado de centralidad de la red.

2.4.1. Conclusiones

El presente proyecto investigativo tuvo como objetivo principal evaluar la vulnerabilidad social de la población concentrada en entidades con un grado de organización institucional considerable que permita la simplificación del análisis, y extender el método de cálculo por insuficiencia de la información disponible. En este sentido, se llegaron a diferentes conclusiones que me permitiré describir a continuación:

- ❖ Si bien, las comunidades locales de Kennedy y Bosa se encuentran ubicadas en zonas altamente amenazadas por inundación en caso de desbordamiento del río Bogotá y los afluentes y canales que le componen, un segmento importante de la población se encuentra en condiciones socio económicas desfavorables ubicado en los estratos 1, 2 favoreciendo el aumento de la vulnerabilidad, y disminuyendo su capacidad de resistencia, organización y recuperación siguiendo el material bibliográfico propuesto y desarrollado a lo largo del documento referente a la resiliencia.
- ❖ El cuerpo de entidades públicas encargadas de la gestión del riesgo es insuficiente para la atención del conjunto de actores ubicados en zonas amenazadas en grado alto, y medio, especialmente para las localidades seleccionadas en cuyo caso la macha de inundación rodea en por lo menos, el 80% del área urbana de Bosa, y el 40% de Kennedy (Aproximación utilizando filtro avanzado en Qgis). Adicional, se encontró la nula presencia de la Cruz Roja, y la Defensa Civil en Bosa, casualmente el territorio más amenazado por este fenómeno. Lo

anterior, evidencia una incontable descoordinación de las entidades distritales de gestión del riesgo, las alcaldías locales, y el Gobierno Distrital para disminuir su vulnerabilidad.

- ❖ Existe un importante nivel de cercanía entre la Defensa Civil, y la Cruz Roja con los actores – amenazados - del sistema que permite concluir la existencia de un grado de colaboración entre cada uno de los nodos para atención y gestión del riesgo en caso de materializarse la amenaza, y al mismo tiempo, la facilidad en que se transmite la amenaza de inundación del río Bogotá en todo el sistema. Este nivel de conexión interna es reafirmado por el cálculo de modularidad.
- ❖ Por último, el calculo de la vulnerabilidad corresponde a la siguiente función algebraica:

$$Vulnerabilidad = Riesgo \times Amaneaza$$

Es decir, bajo esta lógica es posible reducir el nivel de vulnerabilidad mediante una correcta administración del riesgo de las entidades distritales dispuestas para este fin introduciendo un mayor número de estaciones de bombero, CAI, Defensa Civil, y Cruz roja que permitan aumentar el grado de respuesta a las adversidades climáticas, y hacer frente a la latente amenaza del desbordamiento del río Bogotá.

Bibliografía

(Morgan, 2018)

Morgan, T. (2018). The techno-finance fix: A critical analysis of international and regional environmental policy documents and their implications for planning. *Progress in Planning*, 119, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2016.06.001>

Rus, K., Kilar, V., & Koren, D. (2018). Resilience assessment of complex urban systems to natural disasters: A new literature review. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 31, 311–330. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.05.015>

(Arnaud-Fassetta, Cossart, & Fort, 2005)

Arnaud-Fassetta, G., Cossart, E., & Fort, M. (2005). Hydro-geomorphic hazards and impact of man-made structures during the catastrophic flood of June 2000 in the Upper Guil catchment (Queyras, Southern French Alps). *Geomorphology*, 66(1–4), 41–67. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.03.014>

Morgan, T. (2018). The techno-finance fix: A critical analysis of international and regional environmental policy documents and their implications for planning. *Progress in Planning*, 119, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2016.06.001>

(Mcgranahan, Balk, & Anderson, 2007)

Arnaud-Fassetta, G., Cossart, E., & Fort, M. (2005). Hydro-geomorphic hazards and impact of man-made structures during the catastrophic flood of June 2000 in the Upper Guil catchment (Queyras, Southern French Alps). *Geomorphology*, 66(1–4), 41–67. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.03.014>

Mcgranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *IIED*, 19(1), 17–37. <https://doi.org/10.1177/0956247807076960>

Morgan, T. (2018). The techno-finance fix: A critical analysis of international and regional environmental policy documents and their implications for planning. *Progress in Planning*, 119, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2016.06.001>

(Perch-Nielsen, Bättig, & Imboden, n.d.)

Arnaud-Fassetta, G., Cossart, E., & Fort, M. (2005). Hydro-geomorphic hazards and impact of man-made structures during the catastrophic flood of June 2000 in the Upper Guil catchment (Queyras, Southern French Alps). *Geomorphology*, 66(1–4), 41–67. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.03.014>

Mcgranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *IIED*, 19(1), 17–37. <https://doi.org/10.1177/0956247807076960>

Morgan, T. (2018). The techno-finance fix: A critical analysis of international and regional environmental policy documents and their implications for planning. *Progress in Planning*, 119, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2016.06.001>

Perch-Nielsen, S. L., Bättig, M. B., & Imboden, D. (n.d.). *Exploring the link between climate change and migration*. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9416-y>

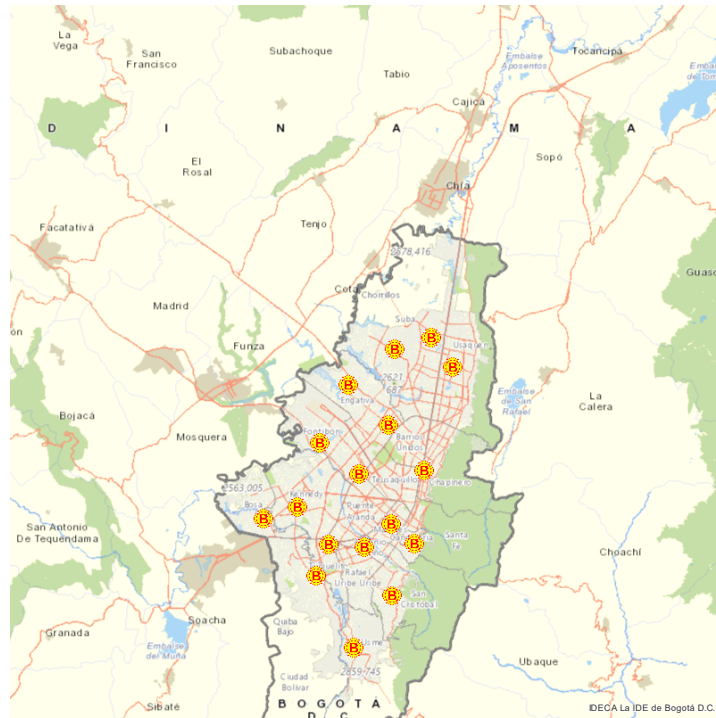
(Burton, Kates, & White, 1993)

Arnaud-Fassetta, G., Cossart, E., & Fort, M. (2005). Hydro-geomorphic hazards and impact of man-

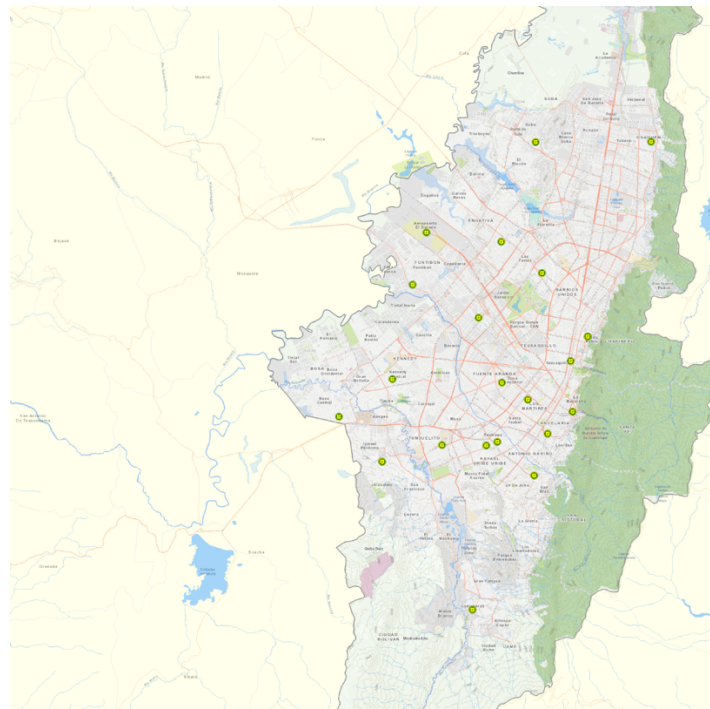
- made structures during the catastrophic flood of June 2000 in the Upper Guil catchment (Queyras, Southern French Alps). *Geomorphology*, 66(1–4), 41–67. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.03.014>
- Burton, I., Kates, R. W. (Robert W., & White, G. F. (1993). *The environment as hazard*. Retrieved from [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8aK1YcbL5_8C&oi=fnd&pg=PR7&dq=The+Environment+as+Hazard&ots=A1ttv2Ln1_&sig=BAGv4BcnNyKYbGjexd9GW3-xFSE#v=onepage&q=The Environment as Hazard&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8aK1YcbL5_8C&oi=fnd&pg=PR7&dq=The+Environment+as+Hazard&ots=A1ttv2Ln1_&sig=BAGv4BcnNyKYbGjexd9GW3-xFSE#v=onepage&q=The+Environment+as+Hazard&f=false)
- Mcgranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *IIED*, 19(1), 17–37. <https://doi.org/10.1177/0956247807076960>
- Morgan, T. (2018). The techno-finance fix: A critical analysis of international and regional environmental policy documents and their implications for planning. *Progress in Planning*, 119, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2016.06.001>
- Perch-Nielsen, S. L., Bättig, M. B., & Imboden, D. (n.d.). *Exploring the link between climate change and migration*. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9416-y>
- (McPhearson et al., 2016)
- Arnaud-Fassetta, G., Cossart, E., & Fort, M. (2005). Hydro-geomorphic hazards and impact of man-made structures during the catastrophic flood of June 2000 in the Upper Guil catchment (Queyras, Southern French Alps). *Geomorphology*, 66(1–4), 41–67. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2004.03.014>
- Burton, I., Kates, R. W. (Robert W., & White, G. F. (1993). *The environment as hazard*. Retrieved from [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8aK1YcbL5_8C&oi=fnd&pg=PR7&dq=The+Environment+as+Hazard&ots=A1ttv2Ln1_&sig=BAGv4BcnNyKYbGjexd9GW3-xFSE#v=onepage&q=The Environment as Hazard&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8aK1YcbL5_8C&oi=fnd&pg=PR7&dq=The+Environment+as+Hazard&ots=A1ttv2Ln1_&sig=BAGv4BcnNyKYbGjexd9GW3-xFSE#v=onepage&q=The+Environment+as+Hazard&f=false)
- Mcgranahan, G., Balk, D., & Anderson, B. (2007). The rising tide: assessing the risks of climate change and human settlements in low elevation coastal zones. *IIED*, 19(1), 17–37. <https://doi.org/10.1177/0956247807076960>
- McPhearson, T., Pickett, S. T. A., Grimm, N. B., Niemelä, J., Alberti, M., Elmqvist, T., ... Qureshi, S. (2016). Advancing Urban Ecology toward a Science of Cities. *BioScience*, Vol. 66, pp. 198–212. <https://doi.org/10.1093/biosci/biw002>
- Morgan, T. (2018). The techno-finance fix: A critical analysis of international and regional environmental policy documents and their implications for planning. *Progress in Planning*, 119, 1–29. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2016.06.001>
- Perch-Nielsen, S. L., Bättig, M. B., & Imboden, D. (n.d.). *Exploring the link between climate change and migration*. <https://doi.org/10.1007/s10584-008-9416-y>
- Wu, J. (2013). Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes. *Landscape Ecology*, 28(6), 999–1023. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9894-9>
- Pulver, S., Ulibarri, N., Sobocinski, K. L., Alexander, S. M., Johnson, M. L., Mccord, P. F., ... Dell'angelo, J. (2018). *Frontiers in socio-environmental research: components, connections, scale, and context*. <https://doi.org/10.5751/ES-10280-230323>

- Lambiotte, Renaud, Blondel, Vincent, Guillaume, Jean-Loup, Lefebvre, Etienne
Fast unfolding of communities in large networks (2018). [stacks.iop.org/JSTAT/2008/P10008](https://arxiv.org/abs/1808.08864)
doi:10.1088/1742-5468/2008/10/P10008
- Lambiotte, R., Delvenne, J.-C., & Barahona, M. (2014). Random Walks, Markov Processes and the Multiscale Modular Organization of Complex Networks. *IEEE Transactions on Network Science and Engineering*, 1(2), 76–90. doi:10.1109/tNSE.2015.2391998
- Jiménez, Victoria, M. (2013)
Importancia de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la Conservación
Tomado de: <http://gulfprogram.ucsd.edu/blog/coastal-and-marine/importancia-de-los-sistemas-de-informacion-geografica-sig-en-la-conservacion/>
- Brandes, U. (2001). A faster algorithm for betweenness centrality*. *The Journal of Mathematical Sociology*, 25(2), 163–177. doi:10.1080/0022250x.2001.9990249
- IDECA (2019)
Tomado de <http://www.ideca.gov.co>
- IDIGER (2019)
Tomado de <https://www.idiger.gov.co>
- Galido, García, Wilson (2013)
Dinámica de la construcción por usos localidad bosa. Tomado de
<https://www.catastro bogota.gov.co/sites/default/files/4.pdf>
- Galido, García, Wilson (2013)
Dinámica de la construcción por usos localidad Kennedy. Tomado de
<https://www.catastro bogota.gov.co/sites/default/files/10.pdf>
- Valderrama, Jorge, Enrique, Carvajal, Andrés, Felipe, Nieto, Vincent, Bernal, Ivan (2018)
Análisis de Vulnerabilidad, y Riesgo por Cambio Climático en Colombia.
- Prokhorenkova, Liudmila Ostroumova, Pawel Pralat, Andrei Raigorodskii. Modularity of complex networks models. Tomado de [arXiv:1701.03141v2](https://arxiv.org/abs/1701.03141v2)
- Newman, M. E. J (2010). *Networks an Introduction*.
- World Resources Institute (2018). *Mapping Social Landscapes. A Guide to Identifying the Networks, Priorities, and Values of Restoration Actors*

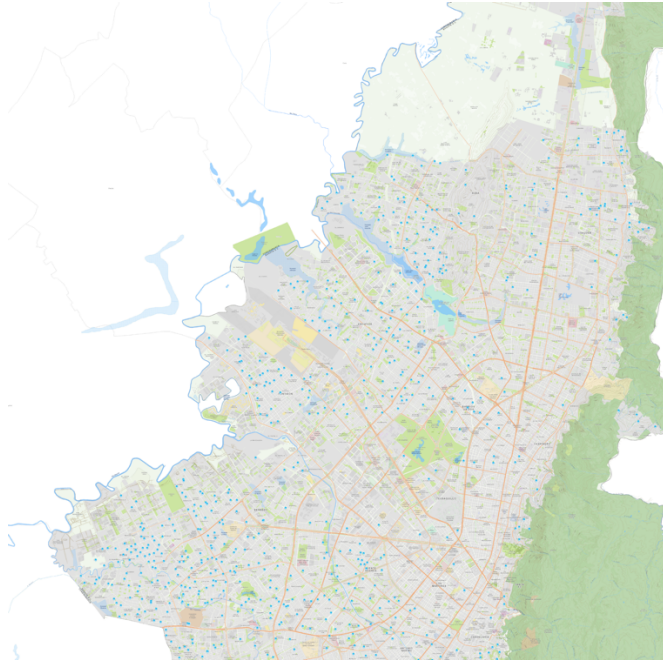
Anexos



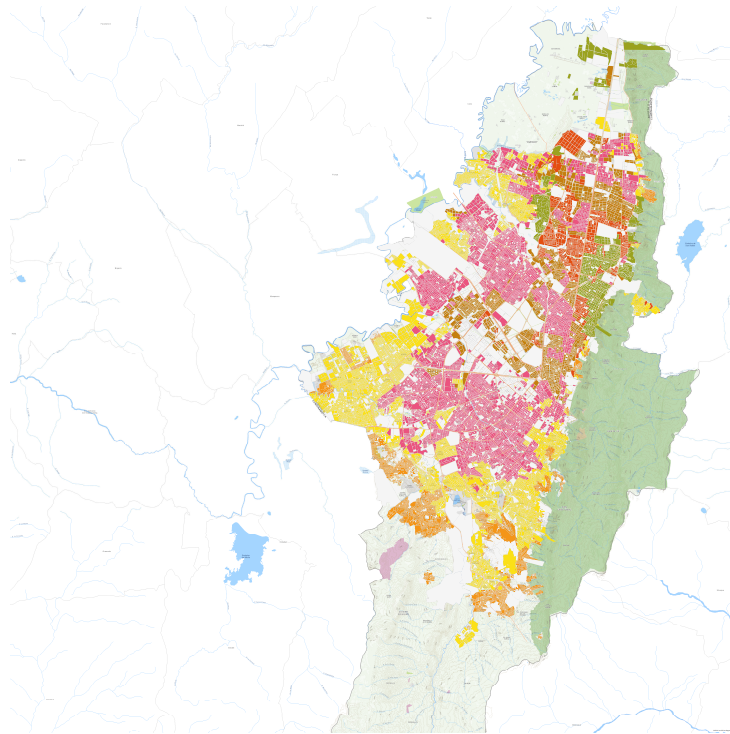
Anexo 1. Estaciones de Bomberos en Bogotá. Fuente. IDECA



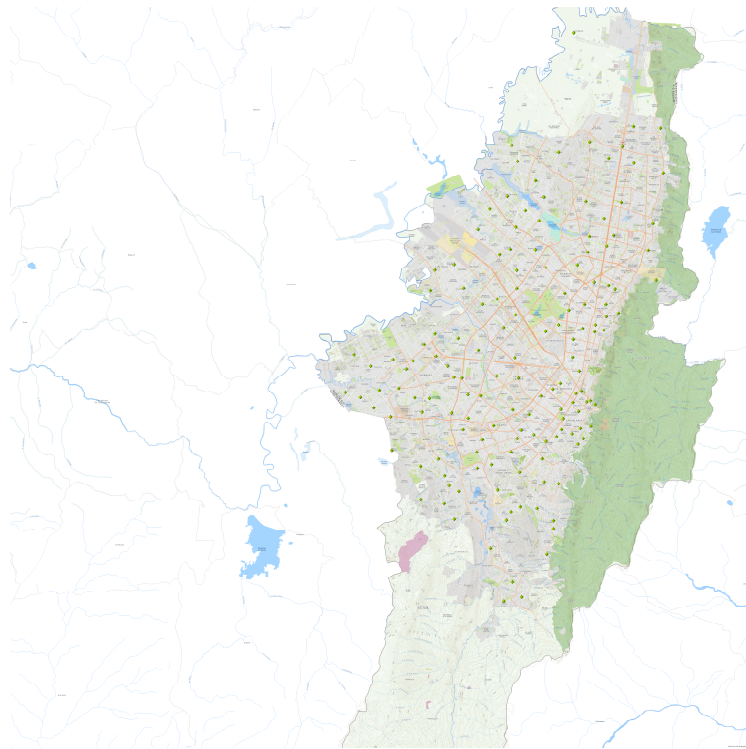
Anexo 2. Estaciones de Policía en Bogotá. Fuente. IDECA



Anexo 3. Salón comunal en Bogotá por Localidades. Fuente. IDECA



Anexo 4. Distribución socio económica de la población en Bogotá. Fuente. IDECA



Anexo 5. Distribución CAI en Bogotá. Fuente. IDECA.