

Análisis de riesgo por inundación en la localidad de Suba

Jessika Ramos Molano¹, Luis Raúl Echeverry², Aníbal Pérez García³
Facultad de Ingeniería Ambiental
Universidad Antonio Nariño

Introducción

Las inundaciones son fenómenos naturales que se presentan a nivel mundial, estos eventos ocurren periódicamente debido al desbordamiento de ríos o cuerpos de agua hacia su planicie de inundación. Cuerpos de agua como los ríos y sus planicies dan lugar a productivos complejos ecológicos, los cuales propiciaron el desarrollo de grandes culturas, sacando provecho de los suelos fértiles y de actividades como la pesca, así como el acceso a vías de comunicación. El hombre se adaptó al comportamiento de estos cuerpos de agua, desarrollando métodos de ingeniería para la adaptación a eventos de inundación.

Cada vez se hace más difícil el control y manejo de dichos fenómenos, puesto que, con el pasar del tiempo, se presentan con mayor frecuencia y mayor intensidad, a lo que podemos atribuir sucesos como el cambio climático a nivel mundial, usos inadecuados del territorio por deterioro de las cuencas por deforestación y erosión, así como por actividad antrópica del hombre y la inadecuada manipulación del suelo, es importante mencionar aspectos sociales como la desigualdad económica y la desequilibrada distribución del territorio. Todos estos factores influyen y hacen que cada vez que se presente el evento, traiga consecuencias aún mayores, agravadas por el hombre en su afán de modificar y gobernar todos los recursos naturales existentes en la tierra, sometiéndose a la exposición de determinada amenaza y siendo cada vez más vulnerables.

¹ Estudiante

² Estudiante

³ Docente – Investigador. PhD

INVESTIGACIÓN



Colombia es un país que permanentemente enfrenta retos que amenazan su desarrollo, retos como la situación socio-económica que, por tratarse de un país propenso a la ocurrencia de fenómenos naturales tanto por acciones humanas como por las condiciones ambientales como inundaciones, aumentan el riesgo de la población a sufrir daños, físicos y económicos. Por esto es importante desarrollar medidas y acciones que mejoren la gestión de riesgo y que contribuyan a reducir la afectación de la población y el impacto económico de los desastres, con ayuda del gobierno nacional.

Es necesario crear herramientas de análisis que mejoren las acciones de respuesta, con el fin de generar medidas de control y prevención a dichos eventos, es por esto que en este trabajo se desarrollará un análisis de riesgo por inundación en la Unidad de Planeamiento Zonal, UPZ 71 Tibabuyes, que pertenece a la localidad de Suba, la cual representa una zona de la ciudad que se ha visto afectada por inundaciones en repetidas ocasiones, hechos que han generado pérdidas tanto materiales como ambientales. Este análisis contempla la modelación hidráulica del cauce, la generación de mapas de inundación y una cuantificación económica de pérdidas materiales.

Riesgo, amenaza y vulnerabilidad

Las inundaciones son eventos que generan impactos negativos, estos impactos traen consigo situaciones de amenaza, entendiendo la amenaza como el peligro latente de un evento físico, que puede ser de origen natural o causado por la intervención humana, el cual suele causar grandes daños y no se puede controlar (Prieto, J. Ramos, A. & Villadiego, J., 2007). Una vez definida la amenaza es necesario mencionar la vulnerabilidad como factor determinante de la amenaza, ya que la vulnerabilidad está asociada con el grado de exposición y la fragilidad física, económica,

social y ambiental de una comunidad ante dichos sucesos (Yamin, L. Bernal, G. World Bank y Universidad de los Andes., 2013). Desde esta perspectiva, se puede decir que el riesgo se obtiene al relacionar la amenaza y la vulnerabilidad, dando como resultado pérdidas o daños en diferentes ámbitos, estas pueden ser, pérdidas económicas, por infraestructura, bienes y servicios, afectación humana y daños ambientales (Maskrey, A. & R. de E. S., 1993).

En ese sentido, la vulnerabilidad es la pérdida social o económica esperada, luego de la ocurrencia de un solo evento con el potencial de causar daño, y determinará la fragilidad o susceptibilidad de afectación por eventos adversos, obteniendo pérdidas económicas, sociales y ambientales, de acuerdo por la exposición de los elementos (Prieto, J. Ramos, A. & Villadiego, J., 2007).

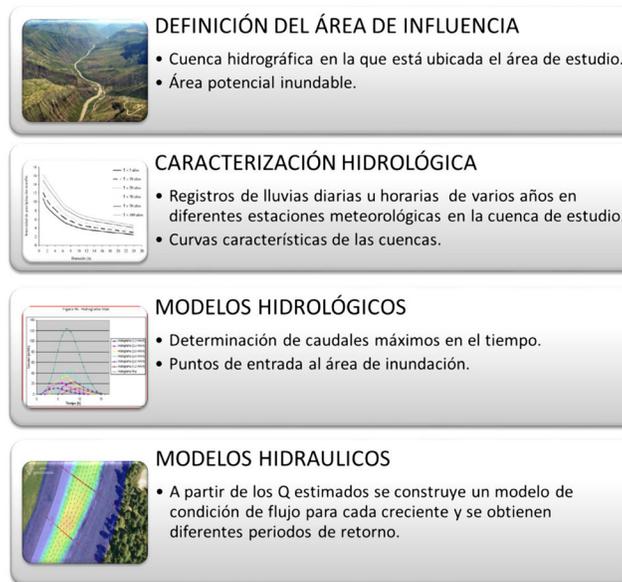
Cuantitativamente podemos expresar el riesgo como la pérdida social o económica promedio anual, debido a la ocurrencia de todos los eventos posibles que pueden causar daño (Prieto, J. Ramos, A. & Villadiego, J., 2007). El riesgo lo podemos encontrar en todas las dimensiones de la vida y en nuestras acciones, como la posibilidad de sufrir pérdidas, que está asociado a la probabilidad de que el evento adverso ocurra con un determinado potencial de daño (Yamin, L. Bernal, G. World Bank y Universidad de los Andes., 2013).

Modelación de la amenaza

Las inundaciones son eventos naturales propios de la dinámica de las cuencas hidrográficas, estos eventos se caracterizan por la acumulación de aguas fuera del cauce de los ríos, y son generados por la combinación de factores naturales como, lluvias intensas y cambios en las condiciones de flujo del curso del agua (Burgos, V. & Maza, J., 2013). También pueden ser generados por intervención del

hombre como, fallas en los sistemas o estructuras de regulación hidráulica, procesos de urbanización inadecuada, manejo inadecuado de residuos e invasión de la ronda hidráulica (Yamin, L. Bernal, G. World Bank y Universidad de los Andes., 2013)

Los modelos permiten establecer relaciones entre el periodo de retorno de determinado evento climático y los parámetros de intensidad de la inundación. Para determinar la amenaza por inundación en esta investigación es necesario llevar a cabo las actividades que a continuación se describen.



Protocolo de modelación - Fuente: Adaptado de Yamin, L. Bernal, G. World Bank y Universidad de los Andes., 2013

CASO DE ESTUDIO

Suba, la localidad 11, está ubicada al noroccidente de la ciudad de Bogotá limitando al norte con el municipio de Chía, al sur con la localidad de Engativá, al oriente con la localidad de Usaquén y al occidente con el municipio de Cota⁴. Esta localidad está compuesta por 1.162 barrios, los cuales se distribuyen en 12 UPZ dentro de las cuales se encuentra la UPZ 71 Tibabuyes, esta es la segunda UPZ más extensa de la localidad con un área de 726 Ha⁵ y una densidad poblacional de 329,83 habitantes/Ha. Esto indica que la población existente en la UPZ 71 Tibabuyes es

de 239.454 habitantes, el mayor porcentaje de habitantes de la UPZ están entre 15 y 34 años de edad con un porcentaje de 34,3 %⁶ de la población total.

La UPZ 71 Tibabuyes, desde hace muchos años ha presentado problemas de inundación, específicamente en la zona de invasión de la ronda hídrica del río Bogotá, afectando la población, especialmente en la temporada invernal a causa del aumento en el nivel de lluvias y el desbordamiento del río.

⁴ Secretaría Distrital de Planeación, “Conociendo la localidad de Suba, Diagnóstico de los aspectos físicos, demográficos y socioeconómicos, 2009”

⁵ Secretaria de Hábitat “ Diagnostico Localidad de Suba Sector Hábitat, 2011”

⁶ Secretaria de Hábitat “ Diagnostico Localidad de Suba Sector Hábitat, 2011”

Definición del área de estudio

Por lo anterior, y para efectos de este trabajo, se escogió el sector de la UPZ 71 en el que se pronuncian dos meandros (como se observa en la figura que se muestra a continuación), entre la carrera 147, al este en el barrio Berlín y la calle 132 en el barrio Santa Cecilia, con el fin de realizar el análisis de riesgo completo. En este sector se cuenta con análisis de amenaza previos e información cartográfica acerca de zonas de riesgo por inundación, los cuales se usaron para definir el área de influencia. Debido a los problemas que se han presentado en esta UPZ, en años anteriores, especialmente en la zona de delimitación de la investigación, se puede tomar como un área potencialmente inundable.

En cuanto al cuerpo hídrico que comprende este estudio, se define el río Bogotá, ya que su cauce se encuentra muy cercano al área potencial inundable, esta área pertenece a la cuenca media del río Bogotá, la cual recibe las aguas de los ríos Salitre y Fucha, también recibe la mayor parte de las aguas negras y desechos sólidos que las hacen aguas altamente contaminadas. La cuenca media del río Bogotá comprende desde puente La Virgen en Cota, hasta antes del embalse del Muña en Alicachín, cuenta con una longitud aproximada de 90Km , y las principales corrientes naturales que cruzan la ciudad son el río Juan Amarillo o Salitre, el río Fucha y el río Tunjuelo.



Delimitación de la zona de estudio donde se observa el tramo del río Bogotá - Fuente: google earth

Para conocer el tipo de construcciones que predominan en la UPZ 71 Tibabuyes y determinar el tipo de material característico en sus construcciones se realiza un reconocimiento del área en el que se obtuvieron las fotografías que se presentan a continuación.



Fotografías tomadas en el barrio Lisboa en campaña de reconocimiento de campo - Fuente: Autor

Caracterización hidrológica

Para el desarrollo de la simulación de la dinámica del río Bogotá, en la ubicación descrita anteriormente, se solicitó información a la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR, sobre los caudales registrados por la estación limnométrica Puente la Virgen, ubicada en las coordenadas geográficas $04^{\circ}48'10.2''$ N longitud $74^{\circ}11'99.8''$

W con una elevación de 2.560^8 msnm sobre el cauce del río Bogotá, puesto que esta es la estación más cercana al área de influencia, y de la cual, se obtuvieron datos para la simulación. Se solicitaron datos históricos de los caudales y los niveles de agua alcanzados por el río Bogotá en esta estación, desde el año 2007 hasta el año 2014.

Modelación hidrológica

Para utilizar la información hidrológica se debe llevar a cabo un análisis de crecientes, con el fin de establecer los caudales y periodos de retorno que permitirán realizar la simulación, basada en la información plasmada por la estación.

Mediante este análisis se determina la relación que existe con la cantidad de agua que escurre hacia los cauces y que, en caso de ser excesiva, produzca la inundación (Consortio Evaluación de Riesgos Naturales América Latina). Para llevar a cabo el análisis de crecientes del cauce del río Bogotá, se aplicó el método de distribución de caudales máximos “Método de Fuller” con la información obtenida de la estación hidrológica, y con el fin de organizar la información y calcular caudales y periodos de retorno, que para el presente estudio serán las variables a controlar en la simulación. A partir de este método se obtienen los caudales para diferentes períodos de retorno los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Caudales y periodos de retorno para la simulación

PERIODO (Años)	CAUDAL (m ³ /s)
10	48,80
200	80,16
500	89,75
1000	97,00

Modelación hidráulica

En la modelación hidráulica se usó el software HEC-RAS, el cual trabaja con extensiones de ArcGis y HEC-GeoRAS. Para llevar a cabo la modelación se debe contar con la información topográfica de la zona a simular, esto incluye el cauce del cuerpo de agua, así como la llanura de inundación, algunos de los criterios utilizados fueron:

- Se toma una longitud de 3.638 metros del cauce del río Bogotá sobre la zona de estudio.

- A lo largo del cauce escogido se tomaron 26 secciones transversales para el desarrollo de la simulación.

En este análisis se desarrolla la simulación para cuatro escenarios, cada uno de estos con un periodo de retorno y un caudal específico, buscando observar la dinámica del río Bogotá en el área de estudio y así poder divisar los posibles daños al generarse una inundación que cumpla con las condiciones propuestas para la simulación.

Primer escenario: Simulación para un periodo de retorno de 10 años, con un caudal de 48.8-m³/s, en esta simulación se observa una afectación de 3.570 casas en el área de estudio y una altura de lámina de agua promedio de 0.23 metros.

Segundo escenario: Simulación para un periodo de retorno de 200 años, con un caudal de 80.1-m³/s, en esta simulación se observa una afectación de 4.391 casas en el área de estudio y una altura de lámina de agua de 0.66 metros.

Tercer escenario: Simulación para un periodo de retorno de 500 años, con un caudal de 89.7-m³/s, en esta simulación se observa una afectación de 4.393 casas en el área de estudio y una altura de lámina de agua de 0.68 metros.

Cuarto escenario: Simulación para un periodo de retorno de 1000 años, tomado como un escenario extremo, con un caudal de 97-m³/s, en esta simulación se observa una afectación de 4.526 casas en el área de estudio y una altura de lámina de agua de 0.76 metros.

Resultados

A continuación se presentan los resultados para los diferentes periodos de retorno. En estos se puede observar el cambio del área inundada para los caudales del río Bogotá. También se puede apreciar el alcance de los impactos y posibles daños materiales.



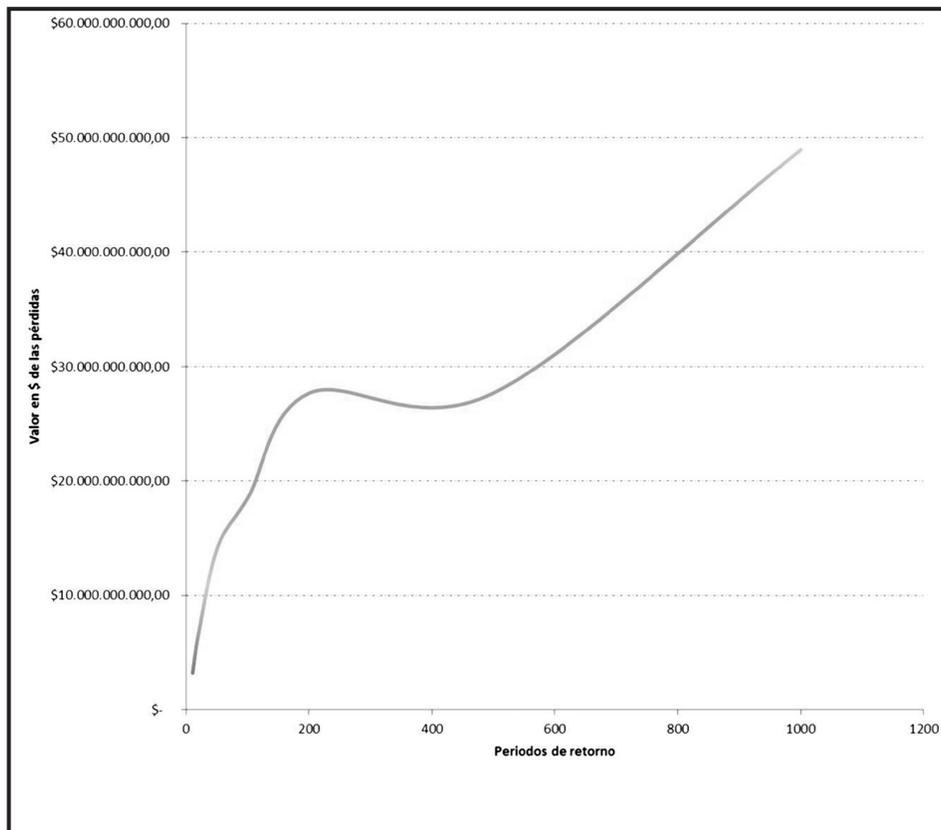
Mapas de inundación para $T = 10, 200, 500$ y 1000 años – Fuente: Autor

A partir de los mapas anteriores, se obtienen tanto las áreas inundadas como las alturas promedio de inundación para cada período de retorno, lo que permite estimar el número de viviendas afectadas y cuantificar los daños materiales. En la tabla 2 se muestran las alturas y el número de viviendas afectadas para cada escenario.

Tabla 2. Número de casas afectadas y alturas de inundación para cada periodo de retorno, T

# casas afectadas	h (altura en metros)	T (años)
3.570	0,2	10
4.391	0,7	200
4.393	0,7	500
4.526	0,8	1000

Para el cálculo de las pérdidas causadas por los diferentes escenarios de inundación se toma como referencia la curva elemental de daños y el avalúo real promedio de un predio en la zona de estudio. De este análisis se obtuvieron los valores de pérdidas presentados a continuación:



Valores de las pérdidas – Fuente: Autor

Conclusiones

Para lograr disminuir las situaciones de riesgo que se presentan en torno a fenómenos de inundación, es importante generar estudios y análisis que evalúen el riesgo al que pueden estar expuestas las personas, y tomar estos como línea base para la generación de normativa que rijan el ordenamiento territorial, para evitar así eventos catastróficos que amenacen la integridad de las personas, además de evitar pérdidas económicas de gran cuantía que afectan la economía de todo un país.

Para llevar a cabo un análisis de riesgo es necesario contar con la información adecuada y detallada de la zona de estudio, importante

para lograr resultados reales y datos confiables acerca de las posibles situaciones que se puedan presentar en el futuro, y así implementar y desarrollar acciones de respuesta eficientes ante estas situaciones.

Este tipo de análisis debe convertirse en una necesidad para las autoridades ambientales, ya que son la base para la implementación de planes de gestión de riesgo que disminuyan las pérdidas y el riesgo al que se expone la población. Esto es agravado en un país donde existe una gran desigualdad social que obliga a los más pobres a habitar tierras en zonas de alto riesgo.

Referencias

- ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ & SECRETARÍA DE HÁBITAT, (2011) «Diagnostico Localidad de Suba, Sector Hábitat». Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Secretaria de Hábitat.
- ALCALDÍA LOCAL DE SUBA, (2012) «Diagnóstico Local Sectorial y Documento de Priorización». 27-jun-2012.
- ALVARADO BELLO S. A. & OTHERS. (2015), «Uso de un sistema de información geográfica para el análisis de amenaza por inundaciones en la cuenca alta del Río Bogotá-Municipio de Cota-Limites localidad de Suba».
- Bogotá (Colombia) y Departamento Administrativo de Planeación Distrital, UPZ 71. (2006) Tibabuyes: acuerdos para construir ciudad. Bogotá D.C., Colombia: Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., Departamento Administrativo de Planeación Distrital, 2006.
- Burgos V. & Maza J., (2013) «Modelación numérica del riesgo por inundaciones en El Rodeo, Catamarca | Víctor Burgos - Academia.edu», Academia.edu. 17 de mayo de 2015. [En línea]. Sitio web: http://www.academia.edu/6921049/Modelaci%C3%B3n_num%C3%A9rica_del_riesgo_por_inundaciones_en_El_Rodeo_Catamarca.
- Bussi, G., Ortiz, E. Francés, F., Pujol, L., Gabaldón, R., Guna, V., Bellver, V. & Sempere J. (2011), «Modelación hidráulica y análisis del riesgo de inundación según las líneas guía de la Directiva Marco del Agua. El caso de la Marina Alta y la Marina Baja (Alicante)», II Jorn. Ing. Agua Model. Numér. En Dinámica Fluv. Barc. Spain.
- Capra, TI. Consorcio Evaluación De Riesgos Naturales América Latina, «Componentes Principales del Análisis de Riesgo»,
- CONSORCIO EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES AMÉRICA LATINA, «Tomo I Metodología De Modelación Probabilista De Riesgos Naturales». ERN.
- CONSORCIO EVALUACIÓN DE RIESGOS NATURALES AMÉRICA LATINA, «Modelos de Evaluación de Amenaza Naturales y Selección», CAPRA, Colombia, España, México, Tomo I.
- Cardona, O., Ordaz M., Moreno A., Santa-cruz S. & MARULANDA, M. (2007) «Evaluación Del Riesgo De Desastre Con Fines De Estimación De Pasivos Contingentes Y Déficit Fiscal», Rev. Int. De Desastres Naturales, Accidentes e Infraestructura Civil, vol. 8, p. 26, 15-sep-2007.
- Cardona O. (2014) «Documento que recoja el resultado de la modelación de vulnerabilidad ante inundaciones y la definición de curvas de vulnerabilidad para los diferentes elementos expuestos.».
- Díaz Granados M.A. & Camacho Botero L.A. (2012) «Valoración de cambios Hidrológicos en la cuenca del río Bogotá», Rev. Ing. Univ. Los Andes, jul. 2012.
- EMPRESA DE ACUEDUCTO DE BOGOTÁ, [En línea]. 06 de abril de 2015. Sitio web: <http://www.acueducto.com.co/wpsv61/wps/portal>.
- E. A. V. DURÁN, (2008) «Efecto de la rugosidad de Gauckler-Manning en el tránsito de caudales en canales de baja pendiente», Épsilon, N.º 10, pp. 39–48, 2008.
- Ferrer, M. & García, J. (2005) «Análisis de la vulnerabilidad por movimientos de ladera: Desarrollo de las metodologías para evaluación y cartografía de la vulnerabilidad».
- FUNDACIÓN GAMMA IDEAR, (2004) «mapa de localidad – raas red apoyo adolescente suba». 21 de mayo de 2015. [En línea]. Sitio web: <https://sites.google.com/site/raasredapoyoadolescentessuba/mapadelocalidad>
- García, C., Guevara, J. & Rogel. (2004) Medio ambiente, recursos y riesgos naturales: análisis mediante tecnología SIG y teledetección. EDITUM, 2004.
- GHEQUIERE, F. & MAHUL, O. (2010) «FINANCIAL PROTECTION OF THE STATE AGAINST NATURAL DISASTERS: A PRIMER», World Bank Policy Res. Work. Pap. Ser. Vol, 2010.
- González, J., Álvarez A., Collazos C., Collazos G. & Alberto I., (2002) «Estudio Biopsicosocial de 434 Familias de la

UPZ 71 de la Localidad de Suba Presentado a Bogotana de Aguas Sanitarias». Fundación Salud Familia y Comunidad.

HOSPITAL SUBA, (2011) «CAPÍTULO 1. Análisis de la determinación social de las relaciones territorio – Población – Ambiente», Hospital Suba, Localidad de Suba, 2011.

JUNTA ADMINISTRADORA LOCAL DE SUBA, (2004) «Suba, Transformación Social Para el Siglo XXI». 2004.

Márquez G, (2009) «Las inundaciones: de proceso natural a catástrofe humana», Universidad Nacional de Colombia, 29 de marzo de 2015. Sitio web: <http://www.unperiodico.unal.edu.co/dper/article/las-inundaciones-de-proceso-natural-a-catastrofe-humana.html>.

MASKREY, A & R. DE E. S. en Prevención, (1993). Los desastres no son naturales. La Red Lima.

Monsalve, G. (1995), Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería.

NACIONES UNIDAS, «Convenio sobre la diversidad biológica». 1992.

OAB - Observatorio Ambiental de Bogotá». 17 de mayo de 2015 [En línea]. Sitio web: <http://oab.ambientebogota.gov.co/mig/map.phtml>.

Peduzzi, P., Chatenoux, Q., Dao, A., de bono, Deichmann, U., Giuliani, G., Herold, C., Kalsnes, B., Kluser, S., Lovholt, F. & Others, (2010) «The global risk analysis for the 2009 global assessment report on disaster risk reduction».

Pineda M. (2010) «Trabajos Administración Pública: Ordenamiento Territorial Localidad De Suba», Trabajos Administración Pública, 23-abr-2010. .

Prieto, J., Ramos, A. & Villadiego J. (2007) «Metodología Para Estimación De Curvas De Vulnerabilidad Económica Por Lluvia Para Infraestructura Vial–Aplicación Carretera Bogotá-Villavicencio (Colombia)», Rev. Int. Desastres Nat. Accid. E Infraestruct. Civ., vol. 7, n.o 1, p. 22, 2007.

Quintero, E. & Naranjo, E. (2009), «Aplicación del modelo de simulación hidráulica Hec-Ras para la emisión de pronósticos hidrológicos de inundaciones en tiempo real, en la cuenca media del río Bogotá-sector Alicachin», Univ. Libre, 2009.

Ramírez, D., Ruíz, L. & Otero F (2008.), «Conectividad ecológica en la zona urbano-rural de la localidad de Suba. Oportunidades para la conservación de la biodiversidad local.», 29 de marzo de 2015. Sitio web: <http://humboldt.org.co/estado-de-los-recursos-naturales/item/331-conectividad-ecologica-en-la-zona-urbano-rural-de-la-localidad-de-suba-oportunidades-para-la-conservacion-de-la-biodiversidad-local>.

Riccardi, G. (1997) «Elaboración de mapas de riesgo de inundación por medio de la modelación matemática hidrodinámica», Ing. Agua, vol. 4, n.o 3, 1997.

SECRETARIA DE AMBIENTE, «Plan de Manejo del Humedal Juan Amarillo». Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. Secretaria de Ambiente, 2011.

SECRETARIA DISTRITAL DE PLANEACIÓN, «Conociendo la Localidad de Suba». Secretaria Distrital de Planeación, 2009.

SECRETARIA GENERAL DE LA ALCALDÍA MAYOR DE BOGOTÁ, «Consulta de la Norma»: 28-dic-2004. 18 de mayo de 2015. Sitio web: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=15677>.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID UPM, «Simulaciones para minimizar el efecto de inundaciones», miod un lugar para la ciencia y la tecnología, 22-mar-2010. .

Yamin, L., Bernal, WORLD BANK Y UNIVERSIDAD DE LOS ANDES (Bogotá, Colombia), (2013). Eds., Modelación probabilista para la gestión del riesgo de desastre: el caso de Bogotá, Colombia, 1a ed. en español. Washington, D.C: Global Facility for Disaster Reduction and Recovery.