



**PROYECTO ACTUALIZACIÓN DE COMPONENTE DE GESTIÓN DE RIESGO
PARA LA REVISIÓN ORDINARIA Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE
ORDENAMIENTO TERRITORIAL**

ANEXO TÉCNICO No. 1C

**“PROPUESTA DE PRIORIZACIÓN DE LADERAS HOMOGÉNEAS PARA
ESTUDIOS DETALLADOS DE MOVIMIENTOS EN MASA PARA EL SUELO
URBANO Y DE EXPANSIÓN URBANA”**

**INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO – IDIGER
SUBDIRECCIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO**

Bogotá D.C, diciembre de 2020

ÍNDICE DE ESTUDIO DE AMENAZA MOVIMIENTOS EN MASA – PROPUESTA DE PRIORIZACIÓN LADERAS HOMOGÉNEAS SUELO URBANO Y DE EXPANSIÓN EN EL DISTRITO CAPITAL DE BOGOTÁ

1	INTRODUCCIÓN	3
2	LIMITACIONES	3
3	METODOLOGÍA	4
3.1	Enfoque metodológico	4
3.2	Área de análisis	6
3.3	Definición de Ladera Homogénea	7
3.4	Instrumentos de Gestión del Riesgo	9
3.5	Áreas Con Condición De Riesgo Con Procesos Activos	10
3.6	Asociación a sitios de intervención	10
3.7	Variables de exposición	10
4	RESULTADOS	12
4.1	RESULTADOS VARIABLES DE EXPOSICIÓN	12
4.1.1	Variable basada en las construcciones	12
4.1.2	Variables basadas en la población	13
4.1.3	Variables basadas en la infraestructura	14
4.2	PRIORIZACIÓN	18
4.2.1	Agrupamiento jerárquico	18

4.2.2 Aplicación de los instrumentos de gestión del riesgo	20
5 REFERENCIAS	22

1 INTRODUCCIÓN

Dentro del proceso de revisión del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá es requerida la priorización de planes y proyectos que se desarrollarán en el corto, mediano y largo plazo. Con el fin de priorizar los estudios de movimientos en masa para el suelo urbano y de expansión de la ciudad de Bogotá, se utilizó la información disponible de los estudios básicos de amenaza y la información extraíble de las bases de datos geográficas del Distrito, para generar criterios que permitieran identificar las áreas que requieren el desarrollo de estudios de detalle de manera eficiente.

Este documento resume el proceso aplicado para la priorización de estudios de amenaza por movimientos en masa a partir de la delimitación de laderas homogéneas, variables de exposición y la zonificación de amenaza. El informe se divide en secciones, la primera corresponde a esta introducción. En la segunda sección se describe las limitaciones del análisis, en la tercera se describe la metodología utilizada y en la cuarta sección se presentan los resultados obtenidos incluyendo la priorización propuesta.

2 LIMITACIONES

La priorización se llevó a cabo utilizando información geográfica disponible y la unidad de análisis definida como las laderas homogéneas, con las que se identificó; en cuales laderas las condiciones de exposición indican un mayor requerimiento para adelantar estudios que permitan avanzar en el conocimiento del riesgo a escala de detalle. Las limitaciones del análisis se listan a continuación.

- La información de amenaza de movimientos en masa se procesó tal cual fue generada por IDIGER en 2016. El uso de esta información en este reporte no constituye su validación.
- La información de exposición fue extraída de los sitios web oficiales de IDECA¹ y del DANE² y se utilizó tal cual se encuentra disponible por estas instituciones. El uso de esta información en este reporte no constituye su validación.
- El análisis realizado en este documento está enfocado hacia la identificación de laderas homogéneas con condiciones de exposición más altas en la ciudad de Bogotá con la

¹ IDECA: Infraestructura de Datos Espaciales para el Distrito Capital. <https://www.ideca.gov.co>

² <https://www.dane.gov.co>

información disponible para priorizar estudios de detalle. No constituye un análisis de riesgo.

- Las laderas homogéneas priorizadas corresponden a aquellas en donde hay zonas de amenaza según los estudios básicos de IDIGER de 2016 (ver área de estudio).

3 METODOLOGÍA

3.1 Enfoque metodológico

La priorización para estudios detallados tiene como objetivo identificar aquellos sitios en donde los estudios de riesgo de detalle son más urgentemente requeridos para identificar medidas de gestión de riesgo. A continuación, se presenta el esquema metodológico para la priorización de sitios para la amenaza de movimientos en masa en el suelo urbano y de expansión.

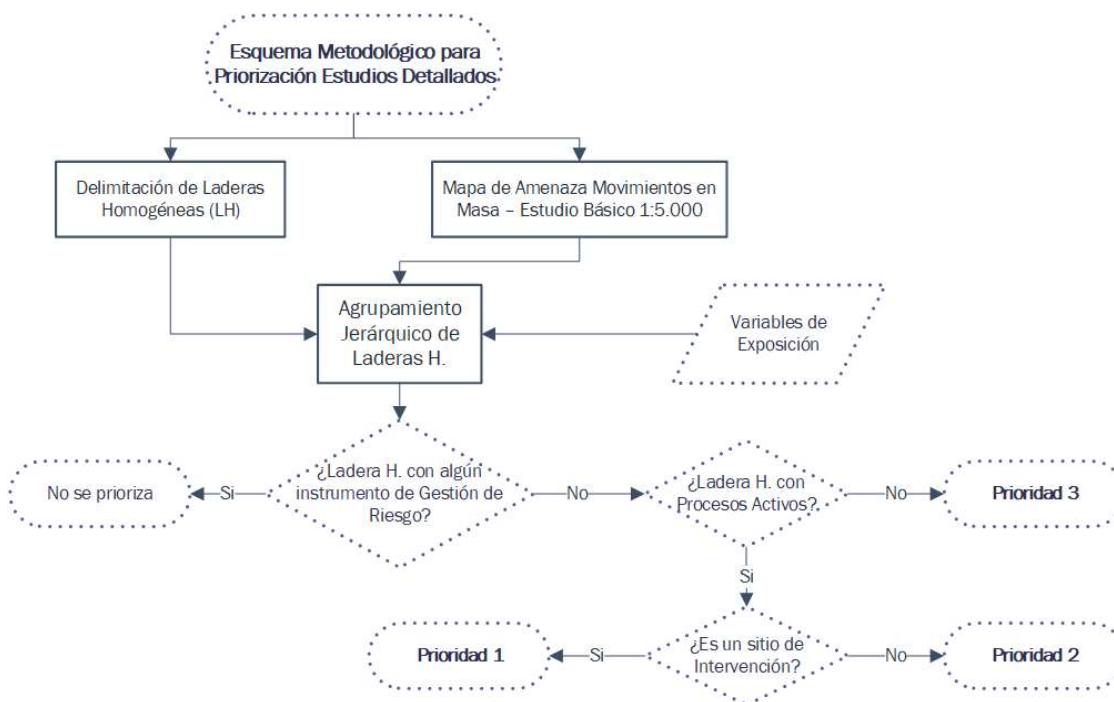


Figura 1. Esquema metodológico para la priorización de estudios detallados de riesgo por movimientos en masa.

El IDIGER (2016) desarrolló estudios básicos de amenaza por movimientos en masa alineados con el Decreto 1807 de 2014, de los cuales se obtuvo la extensión del área zonificada con esta amenaza. Utilizando esta información se extrajeron variables que sirvieran como proxy para identificar las laderas en donde se podrían anticipar niveles de exposición más altos y que por lo tanto requerirían con mayor prioridad estudios de detalle.

El riesgo es dependiente de la amenaza, la vulnerabilidad y la exposición (UNGRD 2018). La Figura 2 muestra la conceptualización de la gestión de riesgo de fenómenos meteorológicos según el IPCC (2012) para mejorar la adaptación al cambio climático. En la Figura 2 el riesgo de desastres se representa como la zona de intersección entre la vulnerabilidad, la exposición y los fenómenos meteorológicos y climáticos o amenazas hidrometeorológicas o climáticas, de las cuales los movimientos en masa hacen parte.

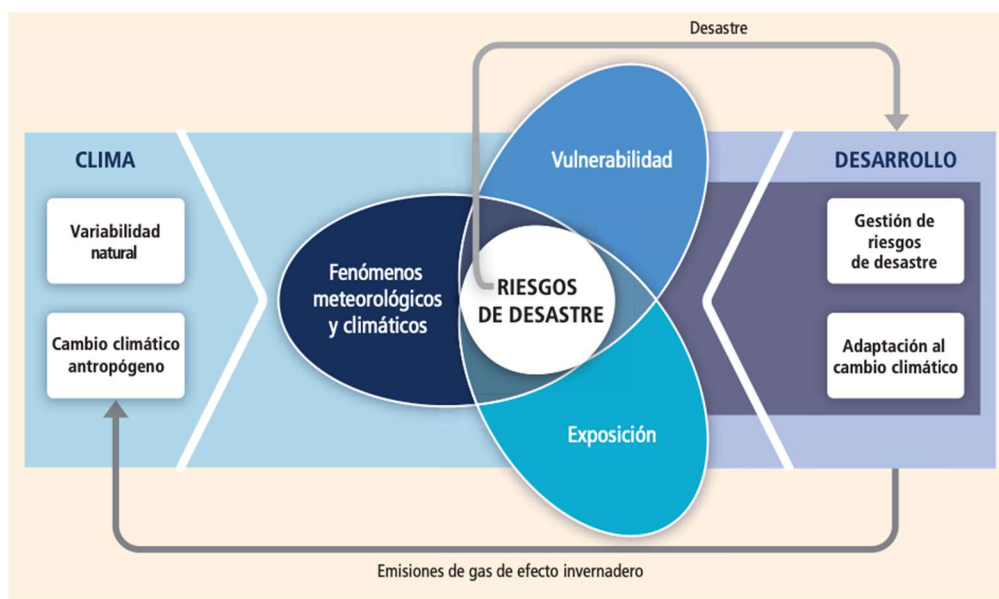


Figura 2. Conceptos centrales del Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Fuente: IPCC (2012)

La amenaza está definida como un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que pueden ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales (UNISDR 2009).

La vulnerabilidad está definida como la propensión o predisposición de un elemento a verse afectado negativamente, mientras que la exposición corresponde a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios y recursos ambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales que podrían verse afectados negativamente (IPCC 2012).

Enfoques de tipo holístico analizan la vulnerabilidad no solamente desde la dimensión física sino que incorporan aspectos sociales, económicos, culturales, ambientales y educativos, que incluso en muchos casos pueden ser la causa del potencial de daños físicos (Cardona 2003). Para realizar este tipo de análisis, es crucial conocer el sistema social y sus vulnerabilidades como elementos claves del riesgo (Barroca et al. 2006). En este sentido, la evaluación de la vulnerabilidad no solamente requiere del conocimiento de las características físicas de los elementos expuestos, sino que para medir la vulnerabilidad se requieren estudios desde una perspectiva multidisciplinaria, capturando los impactos directos e indirectos (Birkmann 2006).

Para este análisis de priorización, las áreas obtenidas en el mapa de amenaza por movimientos en masa se utilizarán para identificar las variables de exposición. La suposición base para la priorización inicial es que a mayor exposición mayor prioridad de estudios, ya que es en estas áreas de mayor concentración de la exposición donde se hace más urgente evaluar la amenaza a mayor detalle y la vulnerabilidad en todas sus dimensiones, complejidad y a una escala conmensurada con la amenaza, para avanzar en el conocimiento del riesgo de detalle. Este análisis se realiza a partir del agrupamiento jerárquico de las variables de exposición, el mapa de amenaza y las laderas homogéneas como unidad de análisis. Posteriormente se integran elementos de los instrumentos de gestión de riesgo que el Instituto Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático – IDIGER ha venido ejecutando en el Distrito, así como información relacionada con la actividad de los procesos de remoción en masa, para finalmente obtener las laderas que se priorizan en el corto, mediano y largo plazo.

3.2 Área de análisis

El área de análisis corresponde a la definida por el IDIGER (2016) como zona de estudio para análisis de amenaza por movimientos en masa para el suelo urbano y de expansión, correspondiente a 1519 laderas homogéneas. Las laderas homogéneas que conforman el área de análisis se muestran en la Figura 3.

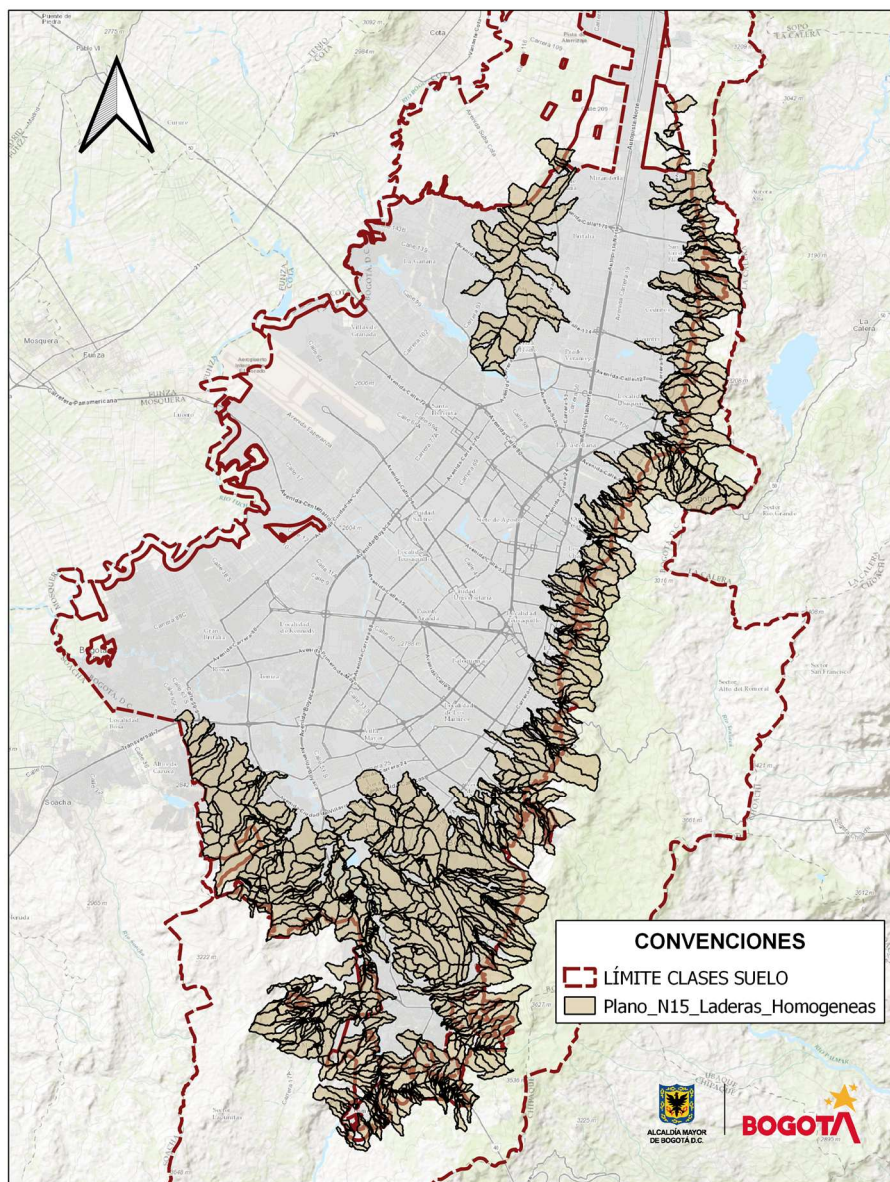


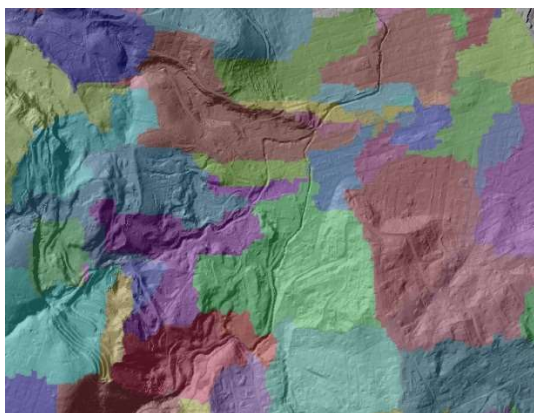
Figura 3. Área de análisis suelo urbano y de expansión

3.3 Definición de Ladera Homogénea

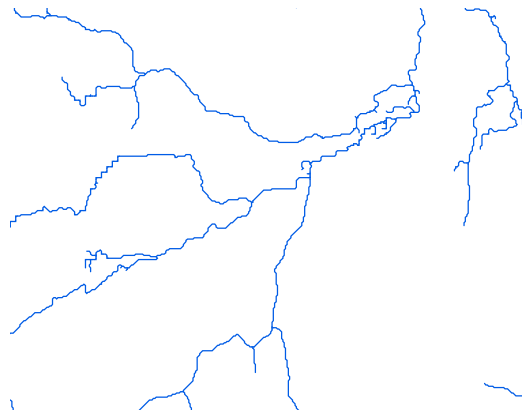
Para definir la unidad de análisis, se revisaron las coberturas que se generaron para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, en primer lugar se revisaron las capas de geología, geomorfología, uso y cobertura del suelo, material, relieve, drenaje, con el fin de utilizar una capa de estas o la combinación de varias como unidad de análisis; sin embargo, el factor antrópico juega

un papel muy importante en la metodología para la construcción de cada una de las coberturas, lo que genera subdivisiones en las zonas que no corresponden a la expresión geomorfológica de la ladera y donde la morfometría de la misma juega un papel muy importante dado que está es la respuesta del terreno por acción tanto de la geodinámica externa como la interna; partiendo de lo anterior se buscó procesar la información para obtener zonas homogéneas en función de la morfometría de las laderas y la red de drenaje que son la respuesta geomorfológica del terreno con el fin de tener zonas homogéneas delimitadas entre los valles y las divisorias que son las zonas sobre las que físicamente pueden ocurrir los movimientos en masa.

Para lograr obtener las zonas homogéneas en primer lugar se partió de una modelación hidrológica, la cual consiste en la definición de unas subcuencas a partir de áreas de 75 ha, puesto que este valor representa un tamaño de cuenca a partir del cual se puede determinar el drenaje de cauces intermedios (Figura 4a).



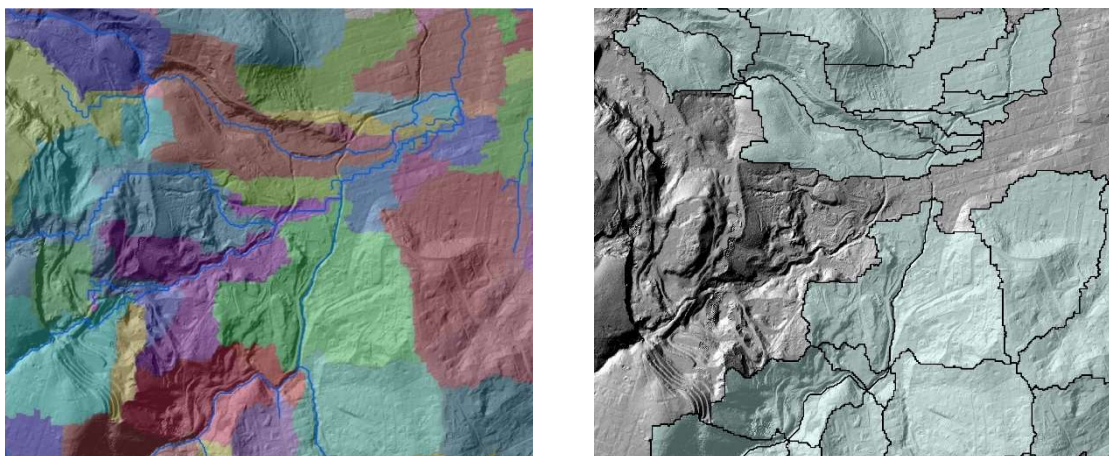
a. Microcuencas a tamaño de 75Ha



b. Red de drenaje de cauces

Figura 4. Insumos para determinar las laderas homogéneas

Posterior a la modelación de las subcuencas, se determinaron los cauces sintéticos que drenan sobre estas áreas, por lo tanto, varios cauces pueden atravesar una subcuenca. Sin embargo, solo se selecciona el cauce principal para posteriormente interceptarlo con la subcuenca correspondiente (Figura 4b y Figura 5a).



a. Laderas homogéneas

b. Laderas homogéneas a estudiar

Figura 5. Resultados laderas homogéneas

Como resultado de este procedimiento se obtienen las laderas, las cuales se constituyen en zonas más homogéneas sobre las que se cruzará con el mapa de amenaza por movimientos en masa.

Como se anotó estas zonas obedecen a la geomorfología del terreno puesto que el insumo principal de las subcuencas y de los cauces sintéticos es el modelo digital de elevaciones. En la Figura 5b se observan las laderas homogéneas después de ejecutar el procedimiento explicado anteriormente. Mediante el modelo de sombras (de resolución de 1.0 m) se puede validar el resultado de este procedimiento ya que se evidencian drenajes en los valles de estas zonas homogéneas.

IDIGER (2016) identificó 2203 laderas homogéneas de acuerdo a la definición y procesamiento realizado, sin embargo, inicialmente se realiza una depuración de las laderas respecto a la escala de representación 1:5.000, utilizada en los estudios básicos de amenaza. Para esta escala se ha definido por IDIGER, que la representación mínima posible es de 400 m², por lo que áreas menores no tendrían representación a dicha escala. De acuerdo a esto se eliminan las laderas de áreas menores o iguales a 400 m², obteniendo 1519 laderas homogéneas equivalentes a 14590 ha.

3.4 Instrumentos de Gestión del Riesgo

Para la priorización se analizaron las capas con información de conceptos técnicos de legalización de barrios con los cuales se cuenta con 168 polígonos. También se utilizaron los estudios detallados por movimientos en masa del IDIGER, entre ellos el estudio de zonificación

geotécnica, estudio de amenaza detallada y estudio de geología. En caso tal de que una zona en condición de riesgo esté relacionada a un estudio o concepto técnico, se cierra el ciclo de riesgo dentro en el marco del Decreto 1807 de 2014, y no clasifica para que se le realice algún estudio de priorización para intervención del IDIGER.

3.5 Áreas Con Condición De Riesgo Con Procesos Activos

Se tuvieron en cuenta las zonas en donde existen procesos activos tales como caída de bloque y roca, reptación, deslizamiento traslacional y planar, flujo de tierras, flujo de lodos. En total son 125 zonas con procesos activos.

3.6 Asociación a sitios de intervención

Inicialmente se contó con una base de datos compuesta por 63 polígonos que representan los sitios de intervención definidos por el Sistema de Alerta Temprana de Bogotá (SAB), localizados en el área urbana, distribuidos en las localidades de Usaquén, Chapinero, Santa Fe, San Cristóbal, Usme, Suba, Rafael Uribe y Ciudad Bolívar. Los 63 sitios de intervención corresponden a un área de 245.2 ha.

3.7 Variables de exposición

Una vez revisada la información disponible tanto en IDECA como en el DANE se escogieron las variables que se muestran en la Figura 6 para caracterizar la exposición de las laderas homogéneas de la zona de estudio.

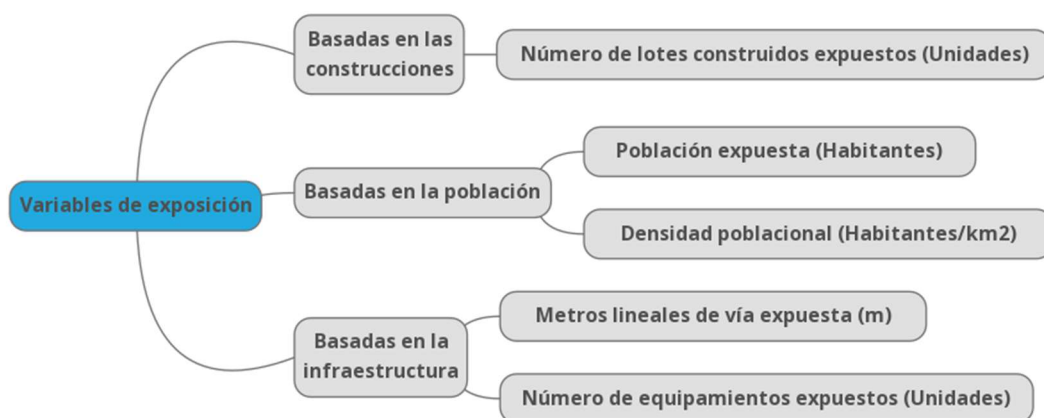


Figura 6. Variables de exposición

El número de lotes construidos permite contabilizar el número de edificaciones que se encuentra dentro de la zona de amenaza alta y media.

La población expuesta corresponde al número aproximado de personas que potencialmente podría resultar afectado. Mientras que la densidad poblacional no solamente indica una alta exposición sino que se relaciona con dificultades durante procesos de evacuación (Tascón-González et al. 2020).

Los metros lineales de vía expuesta fueron obtenidos como un proxy del grado de disrupción al que podría estar expuesto el sistema de transporte y a las dificultades de evacuación y respuesta en la zona afectada (Tascón-González et al. 2020).

El número de equipamientos (colegios, hospitales, estaciones de policía, bomberos etc.) expuestos fue considerado teniendo en cuenta que el daño en este tipo de elementos puede afectar la respuesta. De otro lado, la afectación de este tipo de estructuras además de suponer un daño directo significativo -al ser estos bienes de alto valor- también implica un daño indirecto alto al comprometer la continuidad de las actividades escolares, la cobertura y accesibilidad hospitalaria etc.

Las capas base usadas se muestran en la Tabla 1 junto con las fuentes correspondientes.

Una vez obtenidas las variables de la Figura 6 para cada ladera homogénea, se utilizó agrupamiento jerárquico (Clustering Jerárquico o Hierarchical Clustering en inglés). El agrupamiento jerárquico es un método de data mining para agrupar datos. El algoritmo de clúster jerárquico agrupa los datos basándose en la distancia entre cada uno y buscando que los datos que están dentro de un clúster sean los más similares entre sí (Estrategias de Trading 2020). De esta forma, se obtienen grupos de cuencas con características de exposición similares que pueden ser posteriormente priorizadas.

Como paso previo al agrupamiento, las variables fueron normalizadas usando el método Min-Max de tal forma que se eliminan las unidades y se obtienen rangos entre 0-1 (Kablan et al. 2017). La fórmula utilizada se muestra en Ecuación 1.

$$X_j = \frac{x_j - \text{Min}(x_j)}{\text{Max}(x_j) - \text{Min}(x_j)} \quad \text{Ecuación 1}$$

Tabla 1. Capas utilizadas para extraer las variables de exposición

Capa	Descripción	Fecha	Fuente
Construcción	Edificación con cubierta de carácter permanente asociada a un lote destinada a proteger contra la intemperie a personas, animales o bienes. Su extensión geográfica es el Distrito Capital. http://www.ideca.gov.co/recursos/mapas/construccion-bogota-dc	30/06/2019	Unidad A. Especial de Catastró o Distrital
Censo población	La capa construida a partir de tablas descargables del DANE, cruzadas con la capa de manzana DANE procesadas por IDIGER. https://geoportal.dane.gov.co/servicios/descarga-y-metadatos/descarga-mgn-marco-geoestadistico-nacional/	2018	DANE
Vías	Vías de la ciudad de Bogotá última versión descargable del mapa de referencia de IDECA GDR:V06_20.gdb. https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/mapa-de-referencia	junio de 2020	IDECA
Equipamientos	Equipamientos de la ciudad de Bogotá última versión descargable del mapa de referencia de IDECA GDR:V06_20.gdb. https://datosabiertos.bogota.gov.co/dataset/mapa-de-referencia	junio de 2020	IDECA

4 RESULTADOS

4.1 RESULTADOS VARIABLES DE EXPOSICIÓN

4.1.1 Variable basada en las construcciones

La Figura 7 muestra la distribución de las construcciones en las laderas homogéneas. Cabe aclarar que existen laderas que, aunque tengan zonas de amenaza por movimientos en masa no tienen lotes construidos dentro de esas zonas por lo cual no se muestran en la Figura 7, que a su vez corresponde a una muestra de los resultados obtenidos, que no se muestra completo en el informe debido a la gran cantidad de laderas.

La ladera con la mayor cantidad de lotes construidos dentro de la zonificación de amenaza por movimientos en masa elaborada por IDIGER (2016) corresponde a la ladera identificada con el número 1671. Que se ubica en la localidad de Ciudad Bolívar, en la cuenca de la quebrada Zanjón de la Muralla y que toma varios sectores como Caracolí, Potosí, Las Brisas, entre otros.

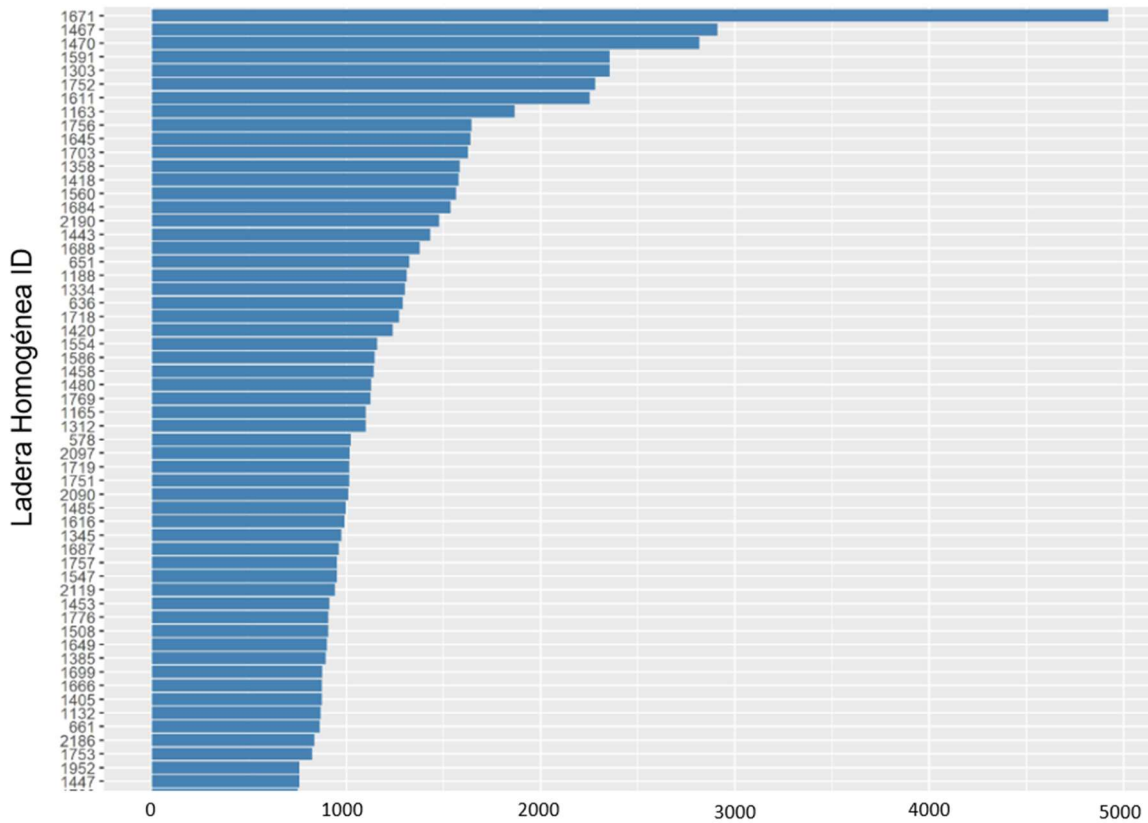


Figura 7. Muestra superior del número de lotes construidos expuestos en cada ladera homogénea

4.1.2 Variables basadas en la población

La resolución de la información censal es a nivel de manzana, por lo tanto, la población se estimó de manera proporcional al área de manzana expuesta. Los mayores valores de población están en la ladera homogénea con identificados 1671, similar a la variable basada en construcción.

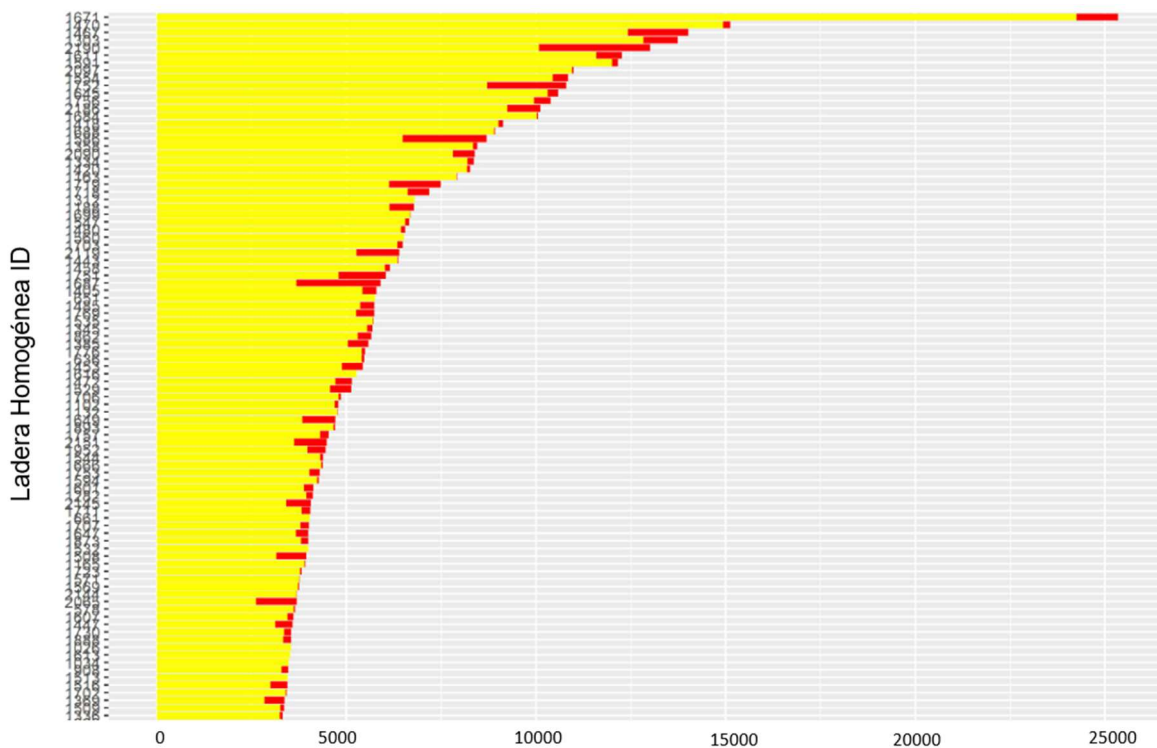


Figura 8. Población expuesta

4.1.3 Variables basadas en la infraestructura

Una muestra de la identificación de laderas respecto a la longitud de las vías que se encuentran en la zona identificada como de amenaza alta y media de acuerdo a la zonificación de amenaza por movimientos en masa se muestra en la Figura 9. El valor más alto corresponde a la ladera identificada con el número 1671.

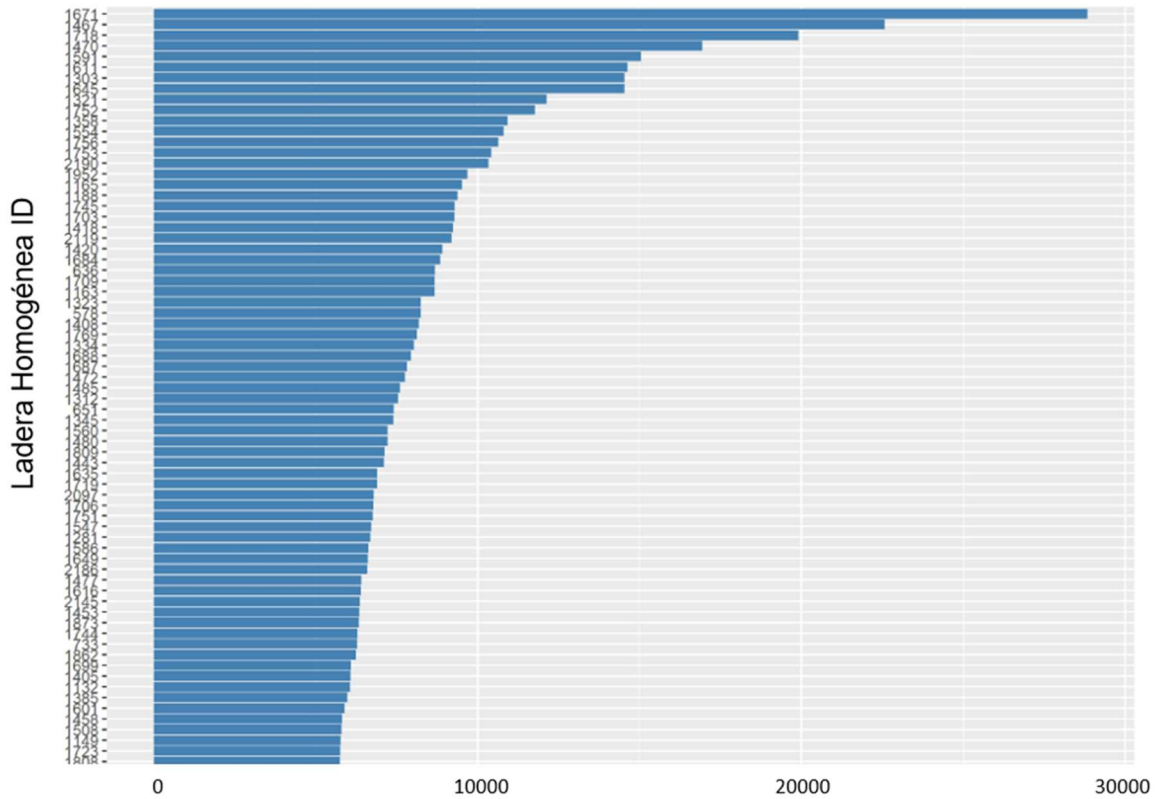


Figura 9. Metros lineales de vía expuestos

El número de equipamientos por ladera se muestra en la Figura 10. La ladera número 1470 es la que muestra el valor más alto seguida de la ladera 1671.

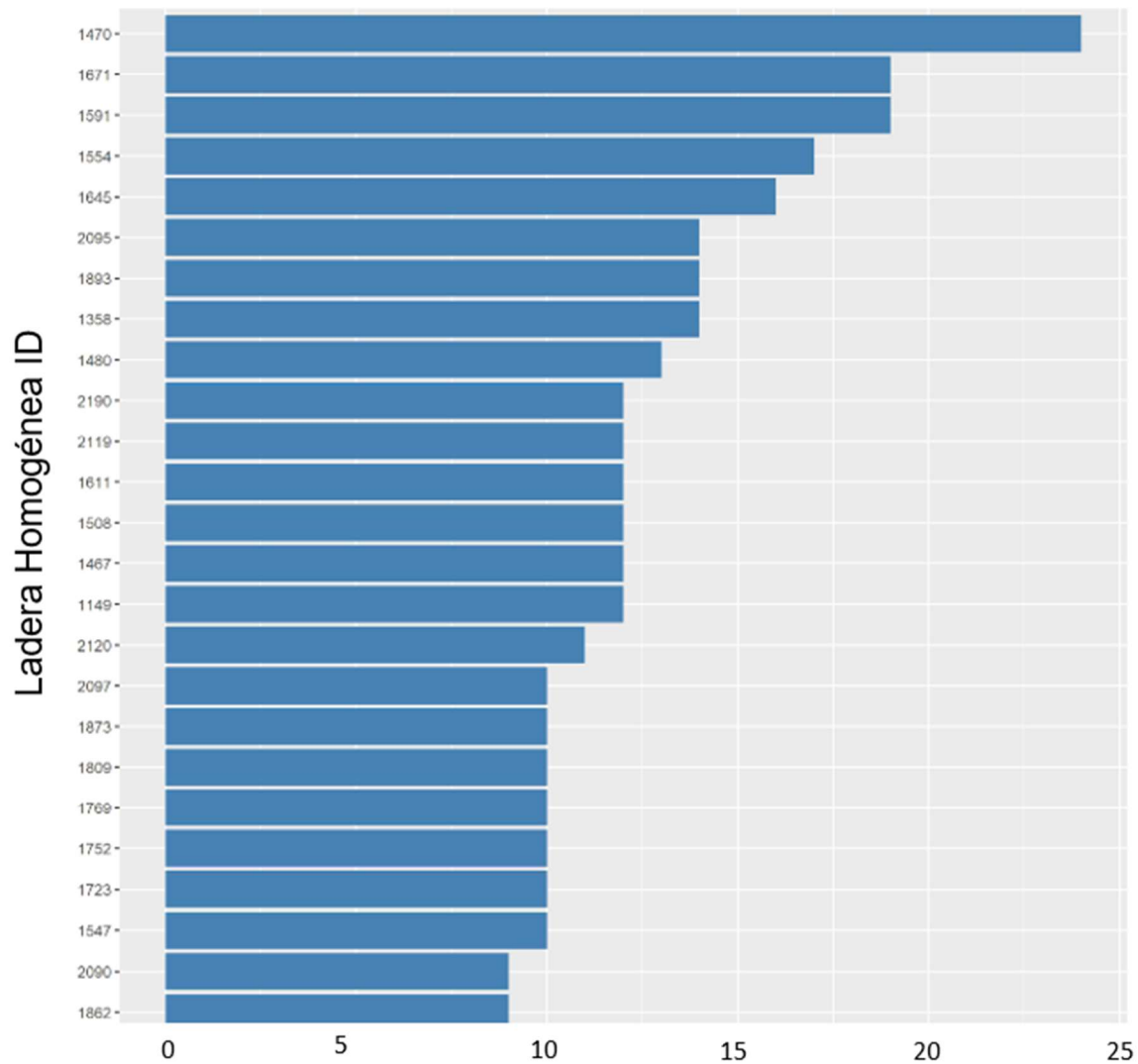


Figura 10. Número de equipamientos expuestos

La distribución espacial de las variables de exposición normalizadas se muestra en la Figura 11. Los valores más cercanos a 1 corresponden a las laderas en donde la exposición es mayor. Para todas las variables se observa que los valores que reflejan mayor exposición están concentrados mayormente en las laderas localizadas en la zona sur de la ciudad.

Variables de exposición normalizadas

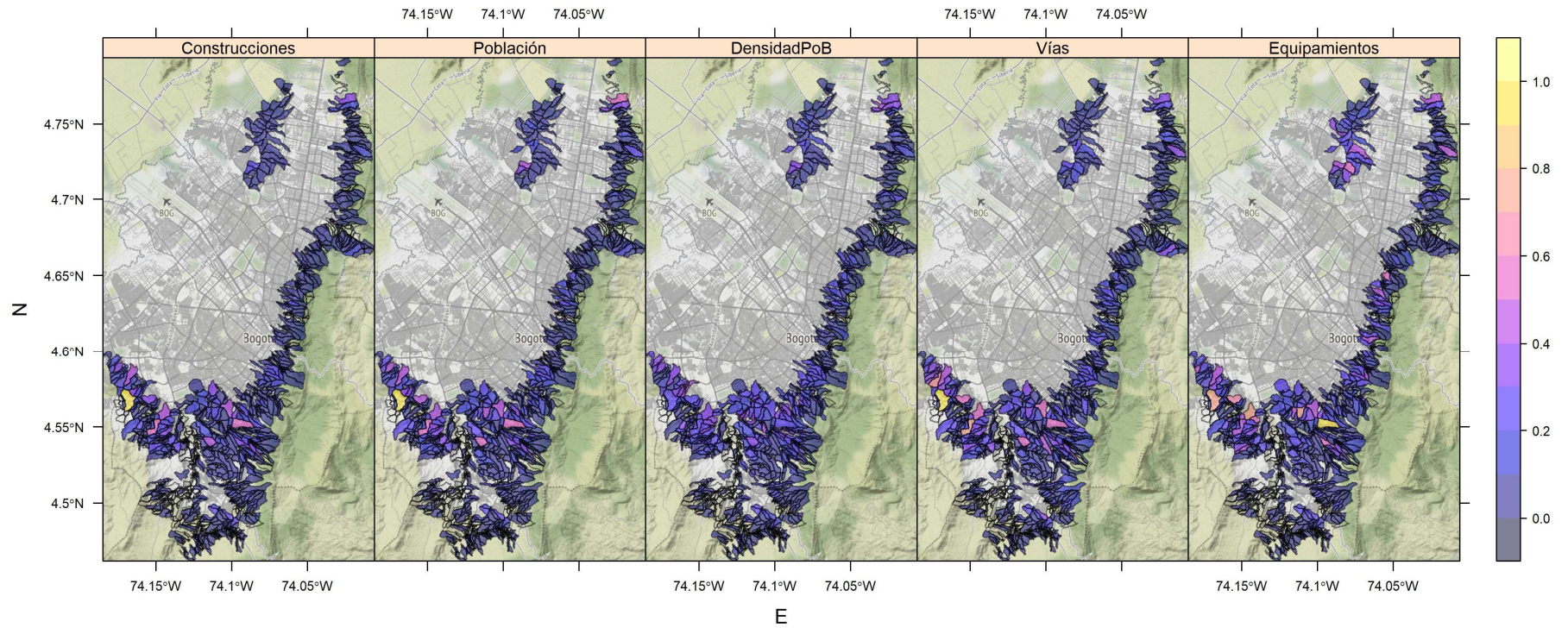


Figura 11. Distribución espacial de las variables de exposición normalizadas

4.2 PRIORIZACIÓN

4.2.1 Agrupamiento jerárquico

El resultado del agrupamiento jerárquico utilizando las variables derivadas de la exposición de construcciones, población, vías y equipamientos se presenta en Tabla 2. El dendrograma resultado de la priorización se presenta como anexo debido a la gran cantidad de laderas.

Tabla 2. Resultados de la clasificación por grupos para las laderas homogéneas definidas

Grupos	# Laderas	Área (ha)
1	220	1649
2	319	3595
3	168	875
4	90	2347
5	15	504
6	69	1875
7	28	782
8	12	724
Sin grupo	1282	2243
TOTAL	2203	14595

En la Figura 12 se muestran las variables de exposición normalizadas y categorizadas. Para la categorización de cada variable se establecieron los siguientes rangos según la distribución de los valores de todo el conjunto de datos:

- Nivel muy bajo: valor en el rango entre el mínimo y el primer cuartil
- Nivel bajo: valor en el rango del primer cuartil y la mediana
- Nivel medio: valor en el rango entre la mediana y el tercer cuartil
- Nivel alto: valor en el rango entre el tercer cuartil y el máximo

Una vez categorizados los valores de las variables normalizadas de cada ladera del grupo, se estableció el rango de niveles que caracteriza el grupo, el cual se muestra a la derecha de cada caja del diagrama, mostrando la tendencia general de los datos de exposición para cada grupo.

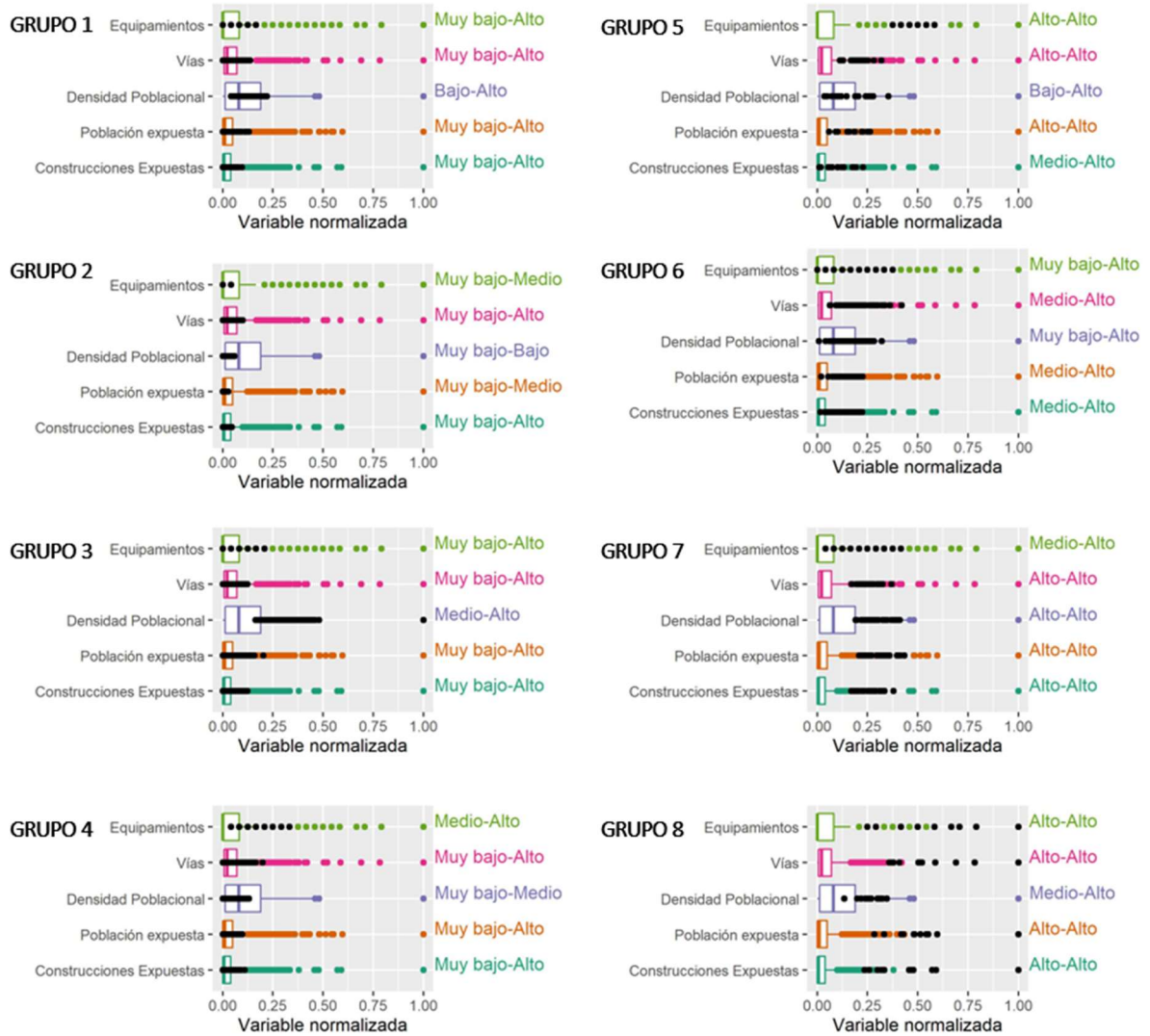


Figura 12. Variables de exposición normalizadas por grupo

A partir de la categorización de los clústers o grupos, cada grupo fue analizado y ordenado de acuerdo con su nivel de exposición y clasificado respecto a una priorización inicial, que se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Priorización inicial general de laderas a partir del agrupamiento jerárquico

Grupos	# Laderas	Área (ha)	Prioridad	# Laderas	Área (ha)
8	12	724	1	109	3381
7	28	782			
6	69	1875			
5	15	504	2	268	3726
4	90	2347			

Grupos	# Laderas	Área (ha)	Prioridad	# Laderas	Área (ha)
3	163	875			
2	316	3595	3	529	5244
1	213	1649			
Sin grupo	613	2239	-	-	-
TOTAL	1519	14590			

Los grupos 8, 7 y 6 son los de mayor prioridad en ese orden (prioridad 1) con las laderas en donde las variables de exposición muestran los valores más altos. En total se identifican 109 laderas correspondientes a 3381 ha. En este grupo se observa la mayor intervención antrópica, que se asocia a los valores de exposición obtenidos.

Los grupos que les siguen son el grupo 5, 4 y 3, respectivamente (prioridad 2). Este grupo de laderas presenta una intervención moderada. En total se identifican 268 laderas correspondientes a 3726 ha.

Los grupos 2 y 1 son los de menor prioridad (prioridad 3) con las laderas en donde las variables de exposición muestran los valores más bajos. En total se identifican 529 laderas correspondientes a 5244 ha.

En 613 laderas homogéneas no se identificaron las variables de exposición analizadas, por lo que no se agruparon en algún grupo específico, este valor corresponde al 40.3% de las laderas analizadas. Sin embargo, esto no significa que la exposición no se pueda presentar al no quedar dentro de ningún grupo en particular, teniendo en cuenta las limitantes de la información disponible y la dinámica antrópica de ocupación. A medida que se cuente con más información de estas laderas y en general de todas las laderas de la ciudad, las prioridades podrán variar reflejando el conocimiento actualizado de las condiciones de exposición.

Cabe aclarar que el orden en el que se presentan las laderas en los grupos y gráficas no necesariamente refleja prioridad. La prioridad se asigna al grupo y no a la ladera como tal. El orden en el que se abordará cada ladera podrá reflejar condiciones particulares de planificación (e.g. eficiencia en el levantamiento de información topográfica y otra) y coordinación con otras entidades.

4.2.2 Aplicación de los instrumentos de gestión del riesgo

De acuerdo al esquema metodológico planteado, se interceptan las laderas con los instrumentos de gestión del riesgo, con la capa de procesos activos disponible y con los sitios de intervención identificados por IDIGER. Como resultado de los cruces geográficos realizados se obtiene la propuesta de priorización de laderas, que se presenta en la Tabla 4, en donde se priorizan las laderas homogéneas para de acuerdo a prioridad 1, 2 y 3, correspondientes al corto, mediano y largo plazo respectivamente. El mapa de las laderas priorizadas se presenta en la Figura 13.

Tabla 4. Priorización de laderas homogéneas para estudios detallados de riesgo

Prioridad No. Laderas		No. Laderas	Área (ha)
1	Corto Plazo	22	306.2
2	Mediano Plazo	59	875.0
3	Largo Plazo	484	5052.7
Total		565	6234

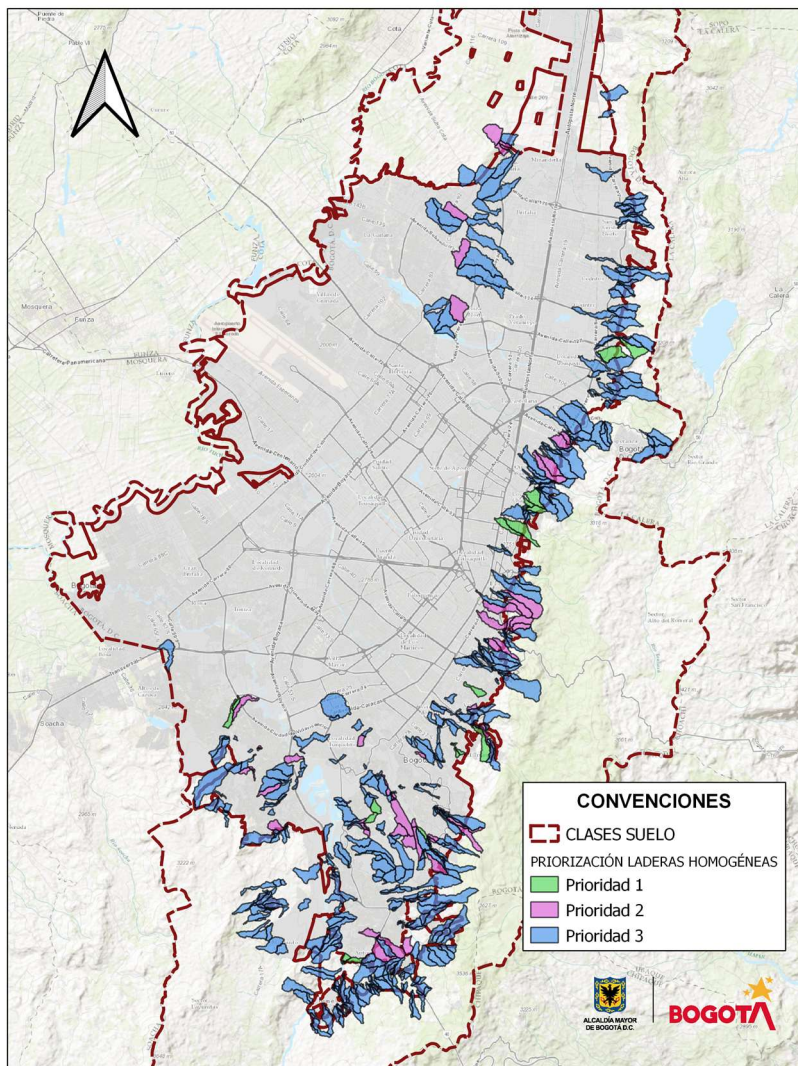


Figura 13. Grupos de laderas homogéneas y prioridades

Se debe tener en cuenta que todas las laderas homogéneas agrupadas en el grupo 8, tienen algún instrumento de gestión del riego (concepto o estudio), lo que refleja y valida el análisis de agrupación jerárquica respecto al requerimiento de atención, el cual se ha brindado por parte del distrito con alguno de sus instrumentos.

Por otra parte, generalmente los instrumentos de gestión del riesgo, no abarcan la extensión completa de una ladera homogénea, sin embargo, debido al cruce cartográfico, así una ladera tenga un área cualquiera con algún instrumento de gestión, se asoció a que existe el instrumento en la ladera, por lo que la priorización deberá tener en cuenta estas salvedades respecto a la priorización general realizada a partir del agrupamiento de variables de exposición. Por parte de IDIGER deberá considerarse la pertinencia de la información de los instrumentos de gestión del riesgo considerando su ampliación y actualización, de acuerdo a la dinámica de la amenaza entre otros factores.

5 REFERENCIAS

- Barroca, B., P. Bernardara, J. M. Mouchel, and G. Hubert, 2006: Indicators for identification of urban flooding vulnerability. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, **6**, 553–561, <https://doi.org/10.5194/nhess-6-553-2006>.
- Birkmann, J., 2006: *Measuring vulnerability to natural hazards : towards disaster resilient societies*. Second edi. J. Birkmann, Ed. United Nations University Press, 460 pp.
- Cardona, O., 2003: The need for rethinking the concepts of vulnerability and risk from a holistic perspective: a necessary review and criticism for effective risk management. *Mapping Vulnerability: Disasters, Development and People*, G. Bankoff, G. Frerks, and D. Hilhorst, Eds., Earthscan Publishers, 37–51.
- Estrategias de Trading, 2020: Algoritmos de Data Mining para agrupar datos – Clustering Jerárquico. <https://estrategiastrading.com/clustering-jerarquico/>.
- IDIGER, 2017: *Proyecto Actualización Componente de Gestión del Riesgo para la Revisión Ordinaria y Actualización del Plan de Ordenamiento Territorial - Documento Técnico de Soporte - Estudios Básicos - Amenaza por Avenidas Torrenciales"*.
- IPCC, 2012: *Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático : resumen para responsables de políticas : informe de los grupos I y II del IPCC*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático,.
- JICA, 2006: *Study on monitoring and early warning systems for landslide and floods in Bogotá and Soacha*.
- Kablan, M. K. A., K. Dongo, and M. Coulibaly, 2017: Assessment of social vulnerability to flood in urban Côte d'Ivoire using the MOVE framework. *Water (Switzerland)*, **9**, <https://doi.org/10.3390/w9040292>.
- Tascón-González, L., M. Ferrer-Julíà, M. Ruiz, and E. García-Meléndez, 2020: Social vulnerability



assessment for flood risk analysis. *Water (Switzerland)*, **12**,
<https://doi.org/10.3390/w12020558>.

UNGRD, 2018: *Metodologías para evaluar la amenaza, vulnerabilidad, exposición y riesgo por ciclones tropicales*. 61 pp.

https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/27226/Methodologias_evaluar_amenaza_ciclones_tropicales.pdf?sequence=4&isAllowed=y.

UNISDR, 2009: *Terminology on Disaster Risk Reduction*.

http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf (Accessed May 8, 2014).