

Desarrollo del sistema de gestión de riesgo de desastres del municipio de Cáqueza, Cundinamarca, basado en una metodología de análisis integral de riesgos

Development of disaster risk management system in the district of Cáqueza, Cundinamarca, based on a total analysis methodology

Karen Daniela Salamanca-González
Universidad Libre
Bogotá, Colombia
karend.salamanca@unilibrebog.edu.co

Karen Lucía Valencia-Ariza
Universidad Libre
Bogotá, Colombia
karenl.valenciaa@unilibrebog.edu.co

Ever Ángel Fuentes-Rojas
Universidad Libre
Bogotá, Colombia
ever.fuentes@unilibre.edu.co

Resumen– Los desastres son eventos que pueden generar como resultado, pérdidas materiales, económicas y humanas y que demandan una adecuada gestión para su prevención, mitigación, reducción y control. Para el desarrollo del sistema de gestión de riesgos en Cáqueza, Cundinamarca, se presenta secuencialmente un diagnóstico geofísico, a partir de mapas de zonificación por amenazas, y una evaluación social de la población, que sirvieron como base para el diseño de estrategias orientadas a la mitigación del riesgo y a la preparación y respuesta de los habitantes en caso de la materialización de una emergencia.

Palabras clave– Amenazas, desastres, gestión del riesgo, vulnerabilidad.

Abstract– Disasters are events that can generate as a result, material, economic and human losses and demands a suitable management for prevention, mitigation, reduction and control. For the development of the system of disasters risk management in Cáqueza, Cundinamarca, is presented sequentially, a geophysical diagnosis, from maps of zoning for hazards, and a social evaluation of the population, which served as a basis for the design of strategies aimed at risk mitigation and preparedness and response of the population in case of an emergency.

Keywords– Hazards, disasters, risk management, vulnerability.

1. INTRODUCCIÓN

En muchos estudios se ha manifestado que los desastres, en su mayoría, son una consecuencia resultante de inadecuados procesos de desarrollo que generan inseguridad para la población o para la infraestructura, a lo que se le conoce como construcción social del riesgo [1]. Algunos factores humanos, causantes de estos fenómenos, tienen que ver, fundamentalmente, con el alto crecimiento poblacional, con las malas prácticas ambientales y con el desarrollo industrial no controlado, convirtiéndose en factores que afectan día tras día al mundo entero [2].

Uno de los principales problemas a la hora de la materialización de una emergencia es la inadecuada preparación y respuesta por parte de la población afectada [3], y es ahí donde la gestión del riesgo juega un papel importante, ya que no solo actúa en la prevención y reducción de los eventos representativos, sino que también en el control de estos, brindando estrategias que generan la inmersión de los habitantes en una cultura del riesgo de acuerdo con sus necesidades. La gestión del riesgo, que se define como un proceso que involucra no solo el manejo de los daños físicos y económicos, sino también de factores sociales y

organizacionales, arroja una serie de estrategias enfocadas al análisis y mitigación de amenazas y su incidencia en una población determinada, teniendo en cuenta que la participación de la comunidad es parte fundamental del proceso, ya que son quienes aportan un impacto duradero en cada una de las acciones llevadas a cabo [4].

En este contexto, se especifica lo que sucede en Colombia, país que se caracteriza por su amplia variedad geológica, geomorfológica, hidrológica y climática que además de hacerlo rico en diversidad natural, lo caracteriza como una fuente de constantes amenazas de fenómenos catastróficos [5]. Uno de los municipios de este país que soporta esta situación es Cáqueza, localizado al suroriente del departamento de Cundinamarca, sobre la Cordillera Oriental, aproximadamente a dos horas de Bogotá, D.C. y que, debido a su ubicación se ve constantemente expuesto a sufrir emergencias de este tipo.

Una de las medidas que tomó la administración municipal fue la creación del Sistema de Gestión de Riesgo de Desastres, el cual se desarrolló bajo una metodología de análisis integral del riesgo, que incluye estrategias proactivas y reactivas y que puede ser aplicada en cualquier tipo de evento catastrófico, sentando un referente para futuras investigaciones [6].

2. METODOLOGÍA

El estudio presentado está basado en una metodología de tipo mixta, la cual reúne aspectos cualitativos y cuantitativos, pues permite utilizar variables de ambos tipos, maximizando los resultados por obtener, teniendo en cuenta que se centra en el uso de diferentes métodos y herramientas de análisis para el diseño de estrategias que minimicen el impacto del riesgo de desastres en el municipio, desde el punto de vista social y biofísico.

Tras un estudio poblacional realizado y con respecto a reuniones con el Concejo Municipal de Gestión del Riesgo (CMGR) en Cáqueza, se determinó que además de la vulnerabilidad geográfica, el nivel de conocimiento de los habitantes en cuanto a la cultura del riesgo no es suficiente, de esta manera se hace compleja la preparación y respuesta adecuada ante una emergencia, por lo tanto se hizo un análisis integral de la gestión

de emergencias en Cáqueza, incluyendo un diagnóstico que permitió analizar el municipio desde el punto de vista social, utilizando herramientas de tipo analíticas para conocer la percepción de la población en cuanto a la cultura del riesgo, así como también un análisis de amenazas, teniendo en cuenta variables como la ubicación, tipo de suelos, vegetación, clima, entre otras, que permiten identificar los riesgos a los que se encuentran expuestos los habitantes y desde allí poder planear planes de acción necesarios que contribuyan con su mitigación desde la preparación de la población, creando con esto el Sistema de Gestión de Riesgos de Desastres.

A continuación, en la Fig. 1, se muestra el procedimiento realizado para el desarrollo del Sistema de Gestión de Riesgos en el municipio, donde se observan las entradas, el procedimiento y salidas obtenidas.

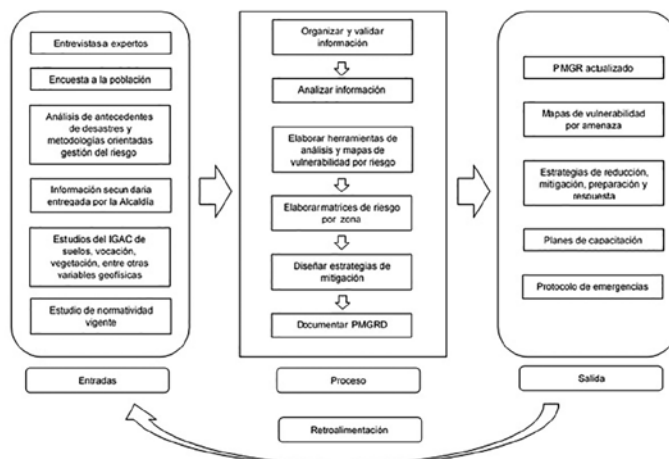
2.1 Vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social puede definirse como la inseguridad y exposición de los individuos, hogares y comunidades en situaciones de riesgo, la cual afecta de manera directa o indirecta la sociedad, y que varía dependiendo el territorio en el que se encuentre ubicado [7].

Para analizar la exposición social de la población con respecto a su conocimiento sobre la cultura del riesgo, se hizo una encuesta compuesta por 31 preguntas, aplicadas a una muestra poblacional de 186 habitantes (Error: +5% y nivel de confianza del 95%) y que tenía como finalidad reunir información acerca de su percepción con respecto a los riesgos representativos en el municipio y generar según las respuestas obtenidas, una idea del comportamiento de los mismos en caso de emergencia, analizando el nivel de conocimiento y preparación.

Tras los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta, se procedió al desarrollo de diferentes herramientas de análisis, como lo son: las matrices de evaluación de factores internos y externos (EFI y EFE); matriz de posición estratégica y evaluación de la acción (PEYEA); matriz para formular estrategias de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (DOFA) y, matriz de valoración de variables del entorno (PEST), que son herramientas que brindan información para

Fig. 1. DIAGRAMA DEL PROCEDIMIENTO PARA EL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS



Fuente: Los autores.

Intervenir profesionalmente en la formulación e implantación de planes de acción y su seguimiento para efectos de evaluación y control y que en este caso se desarrollaron con el fin de diagnosticar la situación actual de la población, entendiendo los aspectos positivos y negativos que permitieran el planteamiento de estrategias enfocadas en cada uno [8].

2.2 Vulnerabilidad con respecto a amenazas

2.2.1 Sismos

Los estudios de vulnerabilidad sísmica son de gran importancia para el municipio de Cáqueza, ya que este se ha visto afectado en varias ocasiones por este tipo de evento, de acuerdo con las estadísticas brindadas por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), como se muestra en la Tabla I.

La evaluación de la amenaza sísmica del municipio se llevó a cabo a partir del modelo de sis-

micidad local de Poisson, basado en la relación Gutenberg y Richter de 1954 [9].

La ley de Gutenberg-Richter se desarrolló desde una serie de datos regionales en los que fueron incluidas diversas fuentes sísmicas. Cabe destacar que el análisis probabilístico de sismos se realiza comúnmente en lugares específicos, más que en regiones grandes, en donde es necesario el estudio de las fallas individuales para la generación de sismos característicos y que los valores obtenidos por extrapolación, normalmente exponen datos de altas tasas de excedencia (sismos de baja magnitud) a bajas tasas de excedencia (sismos de alta magnitud) [10].

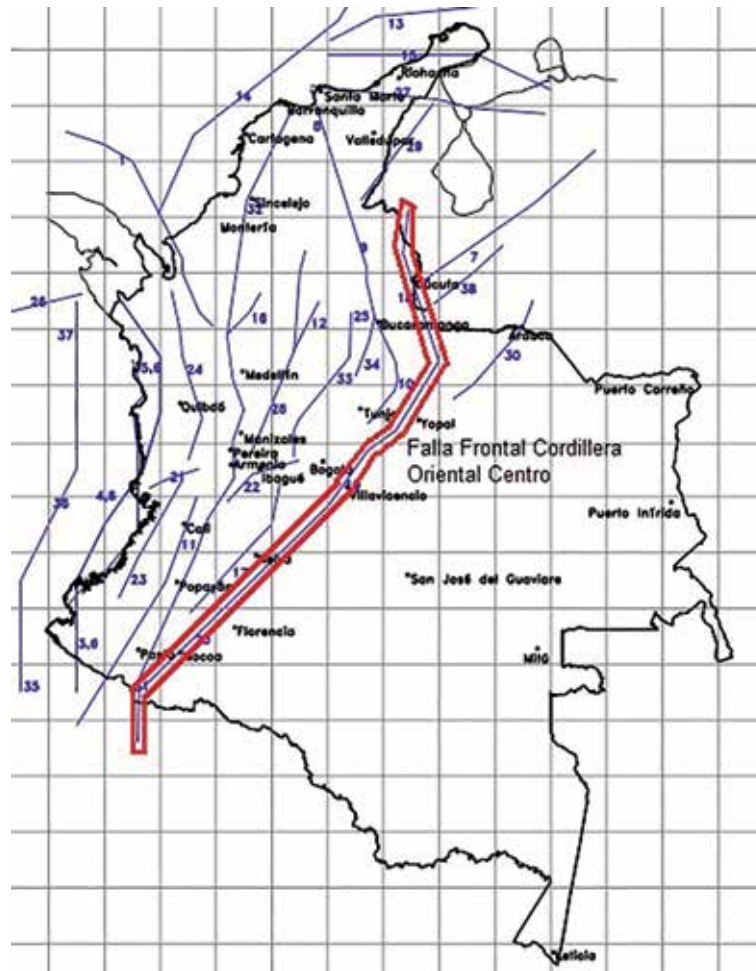
Para iniciar con el análisis de vulnerabilidad en el municipio se determinó la falla que afecta a Cáqueza. En la Fig. 2, se observan las proyecciones de las fallas existentes en el territorio colombiano, según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS) [11].

Tabla I
HISTÓRICO SÍSMICO DE CÁQUEZA

Fecha	Magnitud	Profundidad	Intensidad máxima	Área epicentral
1644/03/16	4,8	15	7	Ubaque, Cundinamarca
1743/10/18	5,2	15	8	Fómeque, Cundinamarca
1785/07/12	5,5	16	7	La Calera, Cundinamarca
1923/12/22	5,8	17	8	Medina, Cundinamarca
1942/05/22	5,9	18	7	Girardot, Cundinamarca
1966/9/4	5,9	19	7	Choachí, Cundinamarca
2008/05/24	6,2	20	8	Quetame, Cundinamarca
1917/08/31	6,7	21	9	Villavicencio, Meta
1988/03/19	7,1	22	6	El Calvario, Meta

Fuente: Servicio Geológico Colombiano.

Fig. 2. PROYECCIÓN DE FALLAS EN EL TERRITORIO COLOMBIANO



Fuente: Asociación Colombiana de Ingeniería.

Según esto y debido a su ubicación, la amenaza sísmica en el municipio de Cáqueza se asocia a la falla frontal cordillera Oriental centro.

Luego de determinar la falla, se hizo la parametrización de las fuentes, en la que inicialmente se halló el valor de λ (1), el cual mide la actividad que tiene la fuente durante una escala de tiempo determinada.

$$\lambda = \frac{N}{t}$$

Donde N se refiere al número de eventos analizados con magnitud superior M_0 y t a la Ventana de tiempo en la que se analizaron.

Para continuar con el análisis debe determinarse el valor de β (2), que muestra la capacidad que tiene la falla de causar eventos con altas magnitudes, para su cálculo se estudiaron todos

los eventos presentados por la falla frontal cordillera Oriental centro, y de igual forma, es necesario hallar el coeficiente de variación CV (3).

$$\beta = \frac{N}{\sum_{i=1}^N (M - M_0)} \quad (2)$$

$$CV = \frac{1}{\sqrt{N-1}} \quad (3)$$

Donde N es el número de eventos con magnitud mayor o igual al umbral M_0 entre la sumatoria de la diferencia entre la magnitud de los eventos M y la magnitud del umbral M_0 .

Para finalizar la parametrización de las fuentes fue necesario calcular los valores de M_0 y M_u que hace referencia a la última magnitud esperada, estos fueron determinados según la falla frontal

cordillera Oriental centro y son 8 y 4, respectivamente [9].

Al llegar a este punto fue necesario hacer el cálculo de la tasa de excedencia de magnitudes λ (M) (4), la cual da como resultado la frecuencia en que una fuente genera sismos de una magnitud específica.

$$\lambda(M) = \lambda_0 \frac{e^{-\beta M} - e^{-\beta M_u}}{e^{-\beta M_0} - e^{-\beta M_u}} \quad (4)$$

Para concluir el estudio de amenaza sísmica de Cáqueza se calcularon las aceleraciones horizontales (a) según MacGuire (5) que miden la aceleración máxima del suelo y el cálculo del período de retorno T (6) que hace referencia a la probabilidad de que un sismo se presente en un período de tiempo determinado [9].

$$a = 472,3e^{610M} (r + 25)^{-1,30} \quad (5)$$

$$T = \frac{1}{\lambda} \quad (6)$$

Donde r es distancia hipocentral en km y la aceleración se expresa en cm/s².

2.2.2 Remoción en masa

El estudio de vulnerabilidad de riesgos por remociones en masa se basa en el análisis de diferentes factores que influyen directamente en la ocurrencia de estos eventos, entre los cuales se encuentran las características geotécnicas y geológicas, las altas pendientes y los eventos de este tipo presentados anteriormente [12].

El Servicio Geológico Colombiano (SGC) planteó una guía metodológica para la zonificación de amenazas por remoción en masa, la cual se tuvo en cuenta para el análisis de vulnerabilidad con respecto a este riesgo en el municipio de Cáqueza.

Para la zonificación de amenazas por movimientos en masa se contó con un Digital Elevation Model (DEM), el cual cubre el área de estudio y que funcionó como base para el levantamiento de los factores condicionantes y para la operación con datos espaciales.

Después de haber obtenido la información del DEM en el software Arcgis, se recortó el Raster con el área de estudio, que en este caso es el po-

lígono de límite municipal de Cáqueza, y a partir de esta imagen se utilizó la herramienta Slope, la cual evalúa las elevaciones del Raster y divide en porcentajes las diferentes pendientes que encuentre. Para esto se utilizó la función de Reclass con la cual se reclasificaron los porcentajes de pendiente con relación al método de LUGO [13], como se muestra en la Tabla II.

Tabla II
CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES

Rango	Lugo °	Clasificación
1	0 a 3	Plano (Planicie)
2	3 a 12	Ligeramente Inclinado
3	12 a 30	Deslizamiento
4	30 a 45	Deslizamiento
5	>45	Caída libre

Fuente: Luis Miguel Espinosa Rodríguez.

Con los rangos definidos se generó el mapa de pendientes, para luego analizar otros factores condicionantes para la amenaza por remoción en masa, como precipitación, obtenidos en los datos hidrológicos de las estaciones meteorológicas del IDEAM y E, factores geológicos y vocación de suelos, los cuales se convirtieron en formato Raster para que con la calculadora Raster se analizaran los datos numéricos provenientes de pixeles, y en el que se le asignó a cada uno de los parámetros evaluados un porcentaje dependiendo de qué tan condicionante o que tanta injerencia tiene cada uno en el posible evento de que falle alguna masa de suelo. En este sentido, al parámetro de pendiente se le asignó un valor de 50%, a la precipitación 20%, a los geológicos 20% y a los de vocación del suelo un 10%. De esta manera se generó un Raster final que tiene dentro de sus pixeles la sumatoria correspondiente a cada porcentaje en un solo archivo, obteniendo el mapa final.

2.2.3 Inundaciones

Para realizar el estudio de vulnerabilidad del municipio en cuanto a inundaciones, se analizaron las diferentes estaciones climatológicas operadas por el IDEAM y por EAAB, a partir de las cuales se determinó el valor de la precipitación promedio multianual de cada una en (mm/año), estas están localizadas en Cáqueza y municipios aledaños. No todas las estaciones se encuentran activas, y aquellas de tipo limnigráficas no cuentan con registros simultáneos y concurrentes a

intervalos de tiempo suficientemente finos para permitir el análisis detallado de eventos de lluvia, por lo tanto, el estudio se hizo con las estaciones de Las casas, Bolsas y Une.

Para la zonificación, se tomó como área de estudio un tramo del río Cáqueza, en el que se obtuvieron diferentes puntos de control cada 20 a 30 metros, con respecto a las mediciones topográficas de todos los elementos geométricos que componen una sección del canal. Cada punto fue georreferenciado mediante GPS.

Luego, se analizaron todos los perfiles hidráulicos de cada tramo, en los cuales fue asumido un flujo gradualmente variado y a partir de esto se obtuvo las secciones transversales de la acequia. Para la determinación de los niveles y obtener la simulación de la zona de inundación del cuerpo de agua a partir de los datos generados en ArcGIS (TIN) se utilizó el modelo del *software* HEC-RAS.

Finalmente, a través de la aplicación de la herramienta Hec-GeoRAS, extensión del Hec-Ras, se importaron los datos de los resultados obtenidos en la modelación hidráulica con el modelo HEC-RAS y con este proceso fueron generadas las zonas de inundación.

2.2.4 Incendios forestales

El estudio para la identificación de amenaza para incendios forestales se enfocó en el análisis de los factores más relevantes, incluyendo los componentes de la localización del Cáqueza, ya que por estar localizado sobre la cordillera oriental es un municipio con gran cobertura vegetal, lo que contribuye a la probabilidad de ocurrencia de estos eventos.

Para la realización del mapa de vulnerabilidad del municipio, se analizaron datos históricos georreferenciados en el área de estudio, correlacionándolos con las estaciones climatológicas del IGAC y de la EAAB, en los cuales se tienen en cuenta el valor mensual de temperatura multianual en (°C), las precipitaciones promedio anual multianual en (mm/año), velocidad del viento y humedad del suelo presente en Cáqueza, además de evaluar los tipos de vocación de suelos, para lo que se hizo el mismo procedimiento que para el mapa de vulnerabilidad de remoción en masa, en el cual cada una de las variables analizadas se

convierten a través del *software* Arcgis en datos Raster con valores de pixel correspondientes al espacio que ocupen en el mapa, y utilizando posteriormente una calculadora Raster. Se le asignó a cada variable un porcentaje de injerencia en caso de que se presente un incendio [14].

3. RESULTADOS

3.1 Vulnerabilidad social

Como resultado de las encuestas hechas, se evidenció que aproximadamente el 87% de la población afirma no haber participado en programas municipales en los que se informen los riesgos a los que se encuentran expuestos, solo el 33,3% es consciente de la alta probabilidad de ocurrencia de algún tipo de desastre en el municipio, el 81% de la población afirma no conocer los puntos de encuentro o rutas de evacuación y el 72,4% de la población indica que no ha participado en simulacros organizados por el Gobierno Nacional. A continuación, en la Fig. 3 se muestra un ejemplo de cómo se hizo el análisis con cada una de las preguntas en las que se diagnosticó el conocimiento de la población.

Tras el análisis de las diferentes herramientas desarrolladas, así como los resultados anteriormente mencionados, se evidenció que gran parte de las debilidades existentes en Cáqueza corresponden a los procesos de gestión de riesgo llevados a cabo desde la Alcaldía y el Concejo Municipal; la insuficiente comunicación con los habitantes y la falta de organización de los entes municipales para concientizar sobre el riesgo inminente del municipio, incrementando con esto el nivel de vulnerabilidad ante las amenazas que día a día se hacen más evidentes.

Por otra parte, existe un gran interés de los organismos de control del municipio y de los habitantes de participar en programas orientados a la prevención y respuesta efectiva ante la materialización de un evento, por lo que se puede inferir que existen oportunidades de mejora y que se pueden lograr grandes cambios a la hora de atacar cada una de las debilidades encontradas, gracias a las herramientas de análisis aplicadas, y que además, los habitantes, principales afectados en caso de emergencia, tendrán una prepa-

ración adecuada que permitirá reducir su nivel de vulnerabilidad.

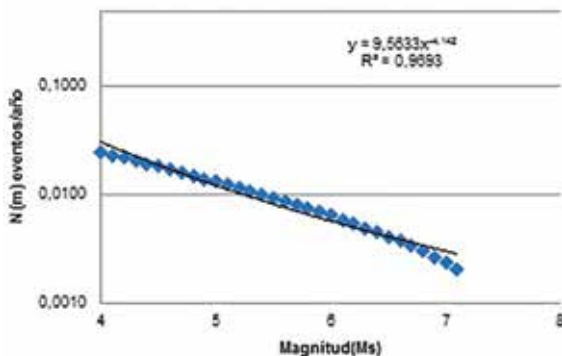
3.2 Vulnerabilidad con respecto a amenazas

3.2.1 Sismos

Según los eventos registrados, se puede observar que las profundidades del hipocentro o foco varían entre 8 km y 20 km, es decir, se presentan en su mayoría eventos sísmicos superficiales. Por lo anterior, se puede inferir que la afectación generada por un evento sísmico de esta índole es mayor, ya que generan altas intensidades sísmicas, sin embargo, se deberá tener en cuenta la condición de saturación del suelo, magnitud del sismo y alturas de las estructuras.

A continuación, en la Fig. 3 se presenta la tasa de excedencia λ (M), la cual muestra el número de eventos por año en función de las magnitudes analizadas.

Fig. 3. TASA DE EXCEDENCIA PARA EVENTOS SÍSMICOS EN LA ZONA DE INFLUENCIA



Fuente: Los autores.

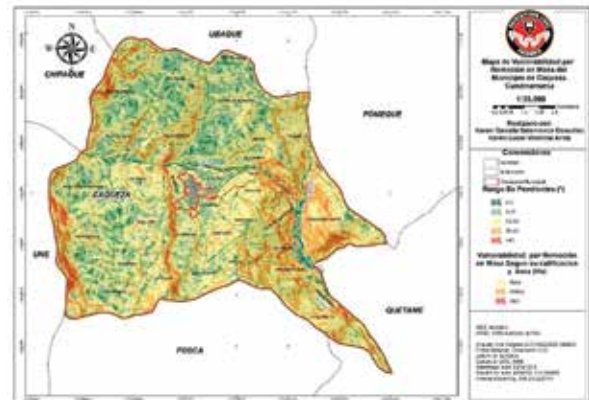
De acuerdo con la localización del municipio, este se encuentra ubicado en un área de peligrosidad sísmica media, sin embargo, tras los datos obtenidos con el análisis de la tasa de excedencia en la Fig. 3, existe una probabilidad muy baja de que se presente un sismo de magnitud mayor a 7 grados al año, esto debido a que el período de retorno arroja una gran dispersión, pues para sismos mayores a 6 grados se esperan períodos de retorno entre 169 y 450 años, teniendo en cuenta los registros sismológicos sobre los eventos que han afectado a Cáqueza.

3.2.2 Remoción en masa

Tomando como base la Fig. 4, se observa que el municipio se ve muy afectado por este fenómeno, sobre todo en las zonas veredales y los barrios del casco urbano que limita con estas, como se muestra en la Tabla III, por lo tanto, se cataloga al municipio con un riesgo medio - alto de remoción en masa, de acuerdo con el sistema de información geográfica (GIS). De igual forma, se deben considerar los cambios climáticos, los cuales pueden generar grandes escorrentías superficiales que a su vez generan deslizamientos con tal relevancia que conllevaría a daños en vías o algunas edificaciones, sin embargo, se sugiere mantener edificaciones fuera de zonas con pendiente pronunciadas para evitar posibles riesgos por falla en los taludes escarpados, ya que en muchas de ellas ha habido intervención por parte de los habitantes quienes han construido de manera ilegal a lo largo de estas pendientes, lo cual incrementa la susceptibilidad de eventos de este tipo en el municipio. De igual forma, los resultados obtenidos son los esperados según las características observadas en el terreno, donde se evidenciaron construcciones inadecuadas, desniveles generados en las viviendas y vías del municipio como se observa en la Fig. 5.

Los mayores deslizamientos se presentan en el período comprendido entre abril y julio, incluso el mes de agosto presenta valores de lluvias superiores a la media multianual.

Fig. 4. MAPA DE VULNERABILIDAD POR REMOCIÓN EN MASA



Fuente: Los autores.

Fig. 5. EVIDENCIA FOTOGRÁFICA



Fuente: Los autores.

Es necesario resaltar que, con el paso del tiempo, estos eventos se presentan con mayor frecuencia en el municipio, por lo que las estrategias planteadas buscan reducir el impacto de estos en la población.

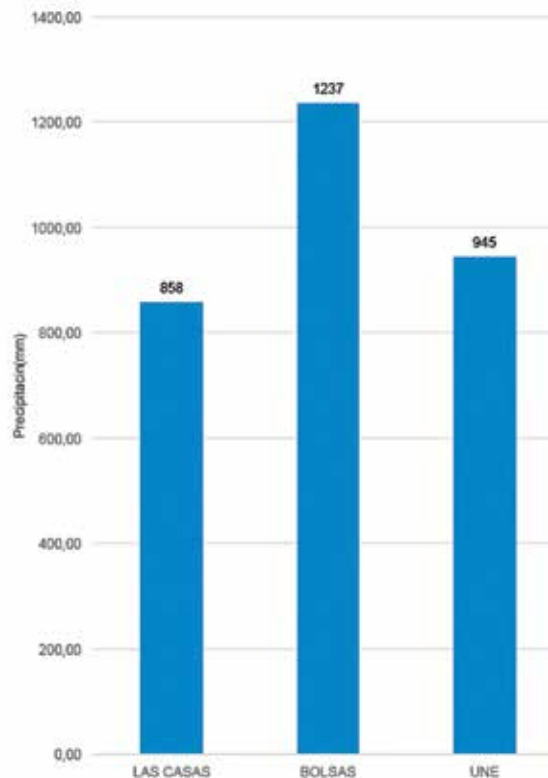
3.2.3 Inundaciones

En cuanto al riesgo de inundaciones, se observa que para el caso de la estación de Las Bolsas operada por el IDEAM, se obtuvo un valor de 857mm, en cuanto a la estación de Las Casas (IDEAM) se obtuvo un valor aproximado de 1237mm y para la estación UNE (EAAB) se obtuvo un valor de 945mm. Dichos valores son representados en la Fig. 6, además, se observa un régimen de tipo bimodal y períodos máximos de precipitación durante los meses abril, mayo, junio y julio en la zona. Existen registros de precipitación de otras estaciones limnigráficas cercanas a la zona de estudio operadas por el EAAB y el IDEAM, sin embargo, estas estaciones no cuentan con registros simultáneos y concurrentes a intervalos de tiempo suficientemente finos para permitir el análisis detallado de eventos de lluvia [15]. Los datos faltantes de precipitación fueron completados a través de métodos estadísticos, en este caso en particular, mediante el método de la Proporción Normal de la Precipitación Anual en el cual se relaciona la precipitación diaria con la precipitación media anual multianual [16].

Por otra parte, se observó, a través de modelación GIS, el comportamiento de la principal fuente colindante al casco urbano del municipio, el cual es el río Cáqueza. Teniendo en cuenta los registros de caudales y precipitaciones presentadas en un período

de 29 años, se estiman las áreas que podrían verse afectadas.

Fig. 6. PRECIPITACIÓN MENSUAL MULTIANUAL



Fuente: Los autores.

Tomando como base la Fig. 7, se puede observar que el área urbana no se vería afectada cuando el río alcance sus cotas máximas, sin embargo, cabe aclarar que para hacer una estimación más aproximada se requieren registros oficiales mayores de 100 años de la fuente por evaluar, para este caso en particular tan solo 15,66 ha registran áreas con riesgo alto de inundación, lo cual sugiere que en su mayoría se verían afectadas las veredas del municipio cuando se presenten niveles mayores a los 52 cm por encima de la cota de la lámina de agua promedio del río, esta fue estimada con un período de retorno para 100 años en el modelo GIS.

3.2.4 Incendios forestales

Como se muestra en la Fig. 8, se observó, a través de modelación GIS, el nivel de amenaza en cuanto a incendios forestales del municipio. Según el análisis se observa que pocas veces el casco urbano ha sido alcanzado por incendios de tipo forestal, pero que toda el área rural se encuentra

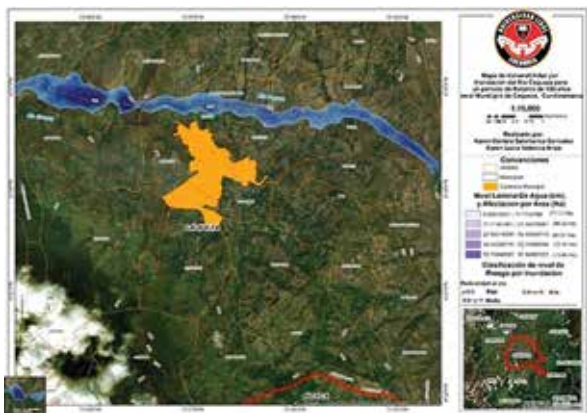
en una categoría media-alta. Este tipo de incendios se ven incrementados en condiciones secas, especialmente en épocas de estiaje que ocurren en los períodos de diciembre a marzo.

Se debe tener en cuenta que el municipio está en una categoría de amenaza media-alta, ya que la capa de vegetación en su mayoría son cultivos, pastos y diferentes especies de árboles que contribuyen con la propagación del fuego sumado con los fuertes vientos que se presentan.

Sin embargo, este fenómeno no podrá ser evaluado con estimación clara, dado que depende también del comportamiento del ser humano en las áreas rurales, ya que este tipo de incendios se pueden generar debido a materiales artificiales como vidrio, cigarrillos, fogatas no controladas, entre otras.

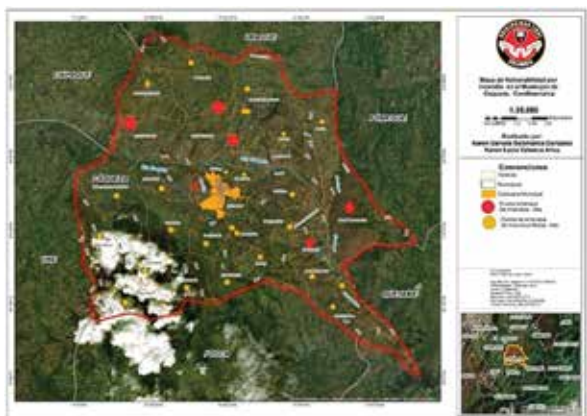
A continuación, se presentan las veredas que se encuentran en riesgo alto, identificadas con un punto rojo y las veredas en riesgo medio-alto, con un punto naranja.

Fig. 7. MAPA DE VULNERABILIDAD POR INUNDACIONES



Fuente: Los autores.

Fig. 8. MAPA DE VULNERABILIDAD POR INCENDIOS FORESTALES



Fuente: Los autores.

3.2.5 Matriz de priorización de riesgos

En la Tabla III se observa el resultado de las matrices de clasificación realizada por barrios, con respecto a tres de los riesgos analizados, para así presentar con mayor claridad la clasificación del riesgo en el área urbana.

Tabla III

MATRIZ DE CLASIFICACIÓN POR RIESGO

Barrio	Remoción en masa	Inundaciones	Incendios forestales
Ciudad Jardín	Medio	Bajo	Alto
El Palmar	Alto	Bajo	Alto
El Prado	Medio	Bajo	Bajo
La Inmaculada	Medio	Bajo	Bajo
Las Delicias	Alto	Bajo	Bajo
Manuel F. Pabón	Medio	Bajo	Alto
Rafael Núñez	Alto	Bajo	Bajo
San Fernando	Medio	Bajo	Bajo
Santa Bárbara	Medio	Bajo	Bajo
Tunja	Medio	Bajo	Bajo
Las Villas	Alto	Bajo	Bajo

Fuente: Los autores.

Finalmente, con respecto a los resultados arrojados por la matriz de clasificación según el tipo de riesgo, en los barrios del municipio se puede inferir que según el riesgo de remoción en masa el área urbana se encuentra en una categoría medio-alta, en inundaciones con un riesgo bajo y en incendios forestales con fluctuaciones en los barrios Ciudad Jardín, El Palmar, y Manuel F. Pabón, lo que arroja un riesgo bajo-medio.

3.2.6 Documentación del manual de gestión del riesgo

Hasta hace algunas décadas, los desastres eran vistos como eventos aislados e intervenidos por gobiernos y agencias de ayuda sin tomar en cuenta las implicaciones sociales y económicas que causan estos eventos [17].

El Gobierno municipal, para el período 2016-2019, en su Plan de Desarrollo tiene un programa denominado “Por un manejo adecuado del riesgo para los caqueceños”, destinado a prevenir y disminuir los factores de vulnerabilidad en las comunidades y asentamientos humanos, expuestos a las amenazas naturales y de acción antrópica, en el cual se plantean distintos objetivos, tales como:

- Gestionar proyecto de construcción de la estación de bomberos.
- Adquirir un carro de bomberos.
- Implementar y mantener programa de apoyo a los grupos de socorro.
- Implementar y mantener un programa encaminado a contrarrestar los movimientos en masa que se presentan en el municipio.
- Realizar reuniones del CMGRD para el establecimiento de mecanismos alerta y reacción ante situaciones de riesgo.
- Hacer actualización al Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- Capacitar a líderes comunitarios en tema de atención y prevención de gestión del riesgo.
- Realizar simulacros de evacuación.
- Capacitar al Comité Local de Atención y Prevención de Desastres en atención y prevención del riesgo.

Para la ejecución del objetivo de actualizar el Plan Municipal para la Gestión del Riesgo de Desastres, se plantearon estrategias de mitigación y prevención ante los distintos escenarios de emergencia, categorizándolas en cuatro programas:

Programa 1. Comprensión y análisis de riesgo para la aplicación de medidas de reducción: en este se encuentra la caracterización, evaluación, monitoreo y componentes de comunicación del riesgo.

Programa 2. Mitigación del riesgo: aquí se plantearon diferentes medidas de prevención y mitigación con respecto a cada uno de los riesgos evaluados.

Programa 3. Reducción de la vulnerabilidad de la comunidad e instituciones: se fortalece el conocimiento de los habitantes mediante el desarrollo de medidas de divulgación y socialización en materia del riesgo.

Programa 4. Preparación para la respuesta y recuperación efectiva: se plantearon planes de acciones y estrategias enfocadas al mejoramiento de la atención y respuesta ante emergencias, al igual que el grado de resiliencia del municipio.

Algunas de las estrategias que surgieron del proceso se muestran en la Tabla IV.

Tabla IV
ESTRATEGIAS DERIVADAS DEL PROCESO

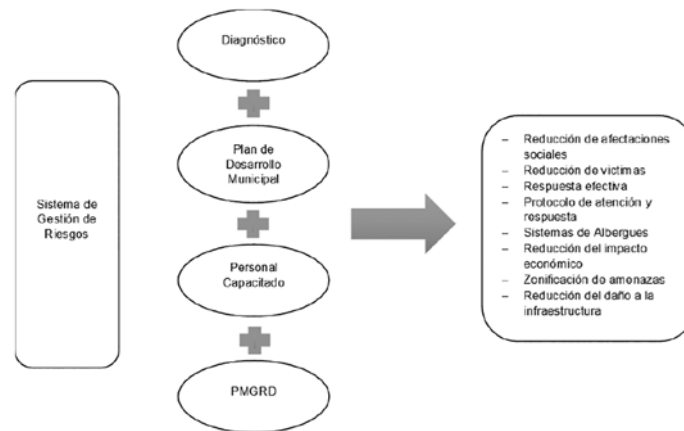
Estrategias de mayor impacto derivadas del proceso
Adecuación, limpieza y dragado de los canales existentes en el municipio
Reubicar viviendas ubicadas en las zonas de alto riesgo y con fallas estructurales
Recuperación de las áreas de explotación agrícola
Promover la reforestación de las áreas que se han visto afectadas por incendios forestales
Promover el programa de sensibilización, capacitación y divulgación a la comunidad, para la prevención y atención de incendios forestales
Construcción de obras civiles de reducción de la amenaza por movimientos en masa
Fortalecer los conocimientos del CMGR
Organización de comités comunitarios
Preparación de la comunidad educativa
Divulgación y capacitaciones de las acciones que se están tomando para reducir la vulnerabilidad del riesgo
Fortalecimiento del personal para la respuesta a emergencias
Fortalecer las medidas de respuesta
Preparación de la evaluación y recuperación efectiva

Fuente: Los autores.

Con estos programas y estrategias se pretende fortalecer las capacidades para el conocimiento del riesgo, y así mismo contribuir con la disminución de las condiciones de vulnerabilidad del municipio en caso de producirse alguna emergencia, además se brindan herramientas para poder hacer un adecuado manejo de desastres desde el ámbito institucional, sin embargo, su efectividad va de la mano con el compromiso de los entes encargados de su ejecución y evaluación de su funcionamiento.

Finalmente, se observa en la Fig. 9 el Diagrama del Sistema de Gestión del Riesgo como resultado de esta investigación.

Fig. 9. DIAGRAMA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DEL RIESGO



Fuente: Los autores.

4. CONCLUSIONES

Actualmente, la gestión del riesgo para la reducción de desastres ha penetrado profundamente en las instancias internacionales, nacionales y locales, impulsando nuevas políticas y estrategias de protección, conservación, cuidado y preservación de la infraestructura territorial [18], dejando claro que los distintos tipos de riesgo de desastre deben ser gestionados a partir de sistemas organizacionales e institucionales que propongan planes de acción y roles para cada uno de ellos, que permitan una visión integral de los posibles daños y pérdidas que se puedan presentar en los bienes públicos y privados en una población.

Considerando que los desastres son cada vez más frecuentes, este artículo brinda un referente para la concientización de la importancia que sugiere el diagnóstico temprano, no solo del punto de vista geofísico, sino también desde la percepción social que existe hacia el riesgo, así como del diseño de estrategias generadas a partir de una gestión efectiva del riesgo, teniendo en cuenta que la efectividad de los programas y acciones que se planteen, van de la mano con el compromiso adquirido de los entes municipales encargados de la ejecución de estas.

Debido al alto grado de vulnerabilidad en Cáqueza, las estrategias planteadas facilitan la toma de decisiones en caso de emergencia, lo cual op-

timiza el proceso de atención y respuesta de los organismos de control, así como la preparación de los habitantes, quienes a su vez serán quienes más aporten a la hora de la materialización de un riesgo.

Se consideraron estudios enfocados en el análisis de la gestión de riesgos en territorios específicos con los cuales se comparó la metodología utilizada con la del presente artículo, dentro de los que se encuentra el diagnóstico y propuesta para la gestión del riesgo en el Valle de Aburrá [19], realizado con el fin de gestionar los riesgos en dicho territorio y que se centra en la elaboración de un diagnóstico institucional bajo la creación de la Red para la Gestión del Riesgo en el territorio, y que genera planes de acción enfocados en que los entes administrativos funcionen adecuadamente para cada tipo de riesgo en la zona. A diferencia del caso mencionado, el estudio desarrollado en Cáqueza se enfocó en hacer un análisis de tipo biofísico y además una evaluación de la vulnerabilidad social, con lo cual se generan estrategias integrales que vinculan la participación y conocimiento de los habitantes con las estadísticas del comportamiento de los principales riesgos que se presentan en la región.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios por guiarnos durante todos estos años, a nuestros padres por confiar en nosotras y brindarnos siempre todo su cariño, a la

Alcaldía de Cáqueza por permitirnos trabajar en el municipio y poder contribuir con esto al desarrollo social de este, y a todas aquellas personas quienes nos apoyaron de manera directa o indirecta para lograr la culminación de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] L.M. Espinos, "La construcción social del riesgo, una perspectiva para la gestión del riesgo en Barranquilla," M.G. tesis, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital, Bogotá, 2016.
- [2] C.P. Tseng and C.W. Chen, "Natural disaster management mechanisms for probabilistic earthquake loss," *Nat Hazards*, vol. 60, no. 3, pp. 1055-1063, Feb. 2012.
- [3] G. Bernal, J. Morales, I. Sánchez, "¿Quo vadis Puerto Rico?," *Puerto Rican Journal of Psychology*, vol. 1, no. 1, pp. 7-14, Ene - Jun. 2018.
- [4] O. Cardona, "Indicators of disaster risk and risk management," *Summary Report*, Inter-American Development Bank. 2005.
- [5] C.G. Márquez, "Ecosistemas y biodiversidad de Colombia," presentado en Sem Biodiversidad y Manejo de Fauna Silvestre. Palmira, Colombia, Feb. 1997. T. L. Moe and P. Pathranarakul, "An integrated approach to natural disaster management: Public project management and its critical success factors," *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, vol. 15, no. 3, pp. 396-413, Aug. 2006.
- [6] T.L. Moe and P. Pathranarakul, "An integrated approach to natural disaster management: Public project management and its critical success factors," *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, vol. 15, no. 3, pp. 396-413, Aug. 2006.
- [7] E. Fajardo, D. Rojas, H. Romero, y T. Rincón, "Propuesta de medición de la vulnerabilidad social en Colombia," *Rev. Temas*, vol. 10, no. 3, pp. 83-95, Jul. 2016.
- [8] H. Ponce, "La matriz FODA: Alternativa de diagnóstico y determinación de estrategias de intervención en diversas organizaciones," *Ens e Inv en Psicología*, vol. 12, no. 1, pp. 113-130, Ene - Jun. 2007.
- [9] O. Segura, "Evaluación de amenaza sísmica en municipios del departamento de Cundinamarca," tesis, Facultad. Ing. Civil, Univ. Distrital., Colombia, 2015.
- [10] A. Gama, A. Gómez y J. Aguirre, "Estimación del peligro sísmico en sitios cercanos a la fuente sísmica," *GEOS*, vol. 30, no. 2, pp. 203-225, jun. 2012.
- [11] Comité AIS-300: Amenaza sísmica, "Estudio general de amenaza sísmica de Colombia," Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, mayo. 2010.
- [12] F.P. Campos, "Evaluación de la susceptibilidad de Remociones en masa en la quebrada de Los Chanchos, región Metropolitana, Chile," Pregrado, Tesis, Departamento Geología. Univ. de Chile., Chile, 2015.
- [13] L.M. Espinosa, "Metodología para la evaluación morfoedáfica en sistemas de laderas en zonas templadas," *Ciencia Ergo Sum.*, vol. 16, no. 3, pp. 263-272, nov-feb. 2009.
- [14] A.F. Forero, "Identificación del riesgo por incendios forestales en el municipio de Villa de Leyva, Boyacá a través de un sistema de información geográfica y percepción remota como complemento al Plan de Atención y Prevención de Desastres y Gestión del Riesgo Municipal," Tesis, Facultad de Ingeniería. Univ. Distrital, Colombia, 2016.
- [15] E.A. Rodríguez, L.A. Camacho, J. Villarreal, A. Jiménez, A.C. Santos y M.P. Duarte, "Análisis de la variabilidad espacio - temporal de la precipitación en una microcuenca urbana Bogotá, Colombia," *Rev. Colombiana de Geografía*, vol. 17, pp. 139-153, ene. 2008.
- [16] D.V. Carrera, "Relleno de series anuales de datos meteorológicos mediante métodos estadísticos en la zona costera e interandina del Ecuador, y cálculo de la precipitación media," *Idesia (Arica)*, vol. 34, no. 3, pp. 81-90, jun. 2016.
- [17] S. Yodmani, "Disaster Risk Management and Vulnerability Reduction: Protecting the Poor," presented at the Asia and Pacific Forum on Poverty: Reforming Policies and Institutions for Poverty Reduction. Bangkok, Thailand, feb. 2001.
- [18] G.I Gellert. "El cambio de paradigma: de la atención de desastres a la gestión del riesgo", *Boletín científico Sapiens Research Group*, vol 2, pp. 13-17, 2012.
- [19] E. Aristizabal, R. Vargas, O. Mesa. "Diagnóstico y propuesta para la gestión del riesgo en el Valle de Aburrá," *Rev. Gestión y Ambiente*, vol 11, no. 2, August. 2008.