

## Artículos

### **Vulnerabilidad física en viviendas de la periferia en Manizales, Colombia**

### **Physical vulnerability in housing on the periphery in Manizales, Colombia**

Carolina González Orozco\*

Gloria Yaneth Flórez Yepes\*\*

#### **Resumen**

*Se analizaron los contextos históricos, constructivos y socioeconómicos en el barrio Sierra Morena en Manizales (Caldas, Colombia), comunidad vulnerable frente a fenómenos naturales de deslizamientos de tierra, inundaciones y afectaciones. Metodológicamente, se hizo un análisis descriptivo, evaluando las condiciones de los elementos expuestos (viviendas y personas) frente a amenazas específicas*

\* Fundación Fesco. Dirección: Calle 62 24-36, Manizales, Caldas, Colombia. Correo: [cargonzalezoro@unal.edu.co](mailto:cargonzalezoro@unal.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2452-8937>.

\*\* Universidad de Manizales, Centro de Investigación en Medio Ambiente y Desarrollo. Dirección: Cra. 9ª, núm. 19-03, Campo Hermoso, Manizales, Caldas, Colombia. Correo: [gflorez@umanizales.edu.co](mailto:gflorez@umanizales.edu.co) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4185-0178>

*Nota de las autoras:* Las autoras expresan su agradecimiento a la Fundación Fesco por su aporte y respaldo para la realización de esta investigación, así como a la Secretaría de Planeación Municipal, la Corporación Autónoma Regional de Caldas, el Cuerpo Oficial de Bomberos Manizales y la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales (Programa de Ingeniería Civil), por su apoyo, asesoría y entrega de información para la realización de este trabajo. La fuente de financiación fue la Fundación Fesco, el Programa Guardianas de la Ladera y las autoras.

*de sus alrededores. Los resultados relacionados con la vulnerabilidad física de las viviendas se vinculan de forma similar con la caracterización de amenaza alta y muy alta por deslizamiento. Los tipos de construcción determinan la vulnerabilidad alta, susceptible a factores externos bien sean por deslizamientos, inundaciones u otros riesgos; y, a su vez, indican que los habitantes no tienen presente la situación de riesgo ni dimensionan las pérdidas humanas o socioeconómicas que se podrían generar.*

**Palabras claves:** tipos de riesgos, amenazas, elementos expuestos, tipologías constructivas, vulnerabilidad física.

## Abstract

*The historical, constructive and socioeconomic contexts in the Sierra Morena neighborhood in Manizales (Caldas, Colombia), a community vulnerable to natural phenomena of landslides, floods and damage were analyzed. Methodologically, a descriptive analysis was made, evaluating the conditions of the exposed elements (houses and people) in terms of specific threats in their surroundings. The results related to the physical vulnerability of the dwellings are linked in a similar way to the characterization of high and very high landslide hazard. The types of construction determine the high vulnerability, susceptible to external factors, whether due to landslides, floods or other risks; and at the same time, indicating that the inhabitants do not take into account the risk situation or measure the human or socioeconomic losses that could be generated.*

**Keywords:** types of risks, threat, exposed elements, constructive typologies, physical vulnerability.

## Introducción

A través de la historia, los procesos urbanísticos en América Latina han sido marcados por dos características generales, primero por el crecimiento económico de los países, y segundo, por las migraciones de población rural a los centros urbanos. Este proceso ha generado que la construcción urbanística y las políticas públicas de vivienda se

den de forma acelerada. Según el informe de la ONU-Hábitat, *Estado de las ciudades de América Latina y el Caribe 2012*, existe un déficit acumulado de viviendas con estándares mínimos para ser habitadas, y más de 111 millones de personas todavía viven en tugurios representados en el 24% de la población urbana (ONU-Hábitat, 2012). Asimismo, ONU-Hábitat (2018) menciona que entre los años 2010 y 2030 se necesitarán 600 millones de nuevas viviendas y que adicionalmente la falta de calidad es mayor que la falta de cantidad.

Como consecuencia de dicho déficit, se producen las nuevas dinámicas habitacionales denominadas asentamientos humanos no planificados, derivados de la autoconstrucción en porciones de terreno de vulnerabilidad ambiental, laderas de fuertes pendientes sin ningún potencial urbanístico, asociadas también a la pobreza, los riesgos y los desastres.

En el último siglo se ha evidenciado un aumento en la cantidad de eventos catastróficos originados no sólo por los procesos geodinámicos de la Tierra (terremotos, erupciones volcánicas, tsunamis), sino también por los fenómenos hidrometeorológicos (inundaciones, avalanchas, sequías, etc.), algunos de ellos como consecuencia del cambio climático global. Los deslizamientos de tierra constituyen un peligro latente para las comunidades expuestas, por lo que resulta apremiante caracterizarlos y prevenirlos (Suárez, 2011).

El informe sobre el *Impacto de los desastres en América Latina y el Caribe. Tendencias y estadísticas para 16 países entre 1990 y 2011*, refiere que las pérdidas por viviendas destruidas y deterioradas, al igual que la cantidad de personas afectadas, está creciendo gradualmente con el tiempo, expandiéndose geográficamente tanto en la región en general, como en cada país en particular, debido a los mencionados fenómenos hidrometeorológicos, climáticos, y a las condiciones físicas de las viviendas, que las deja propensas ante estos hechos. Entre 2010 y 2011 se registraron más de mil pérdidas de vidas humanas y más de 10 mil viviendas destruidas por la ocurrencia de deslaves (OSSO, 2013). En cuanto a Colombia, cerca de 780 000 hogares, aproximadamente el 39% de la población, viven en condiciones de precariedad, y se encuentran amenazados ante la ocurrencia de desastres de origen natural (Departamento Nacional de Planeación, 2011).

Para el caso de Manizales, capital del departamento de Caldas, la ciudad también coexiste con una situación de vulnerabilidad, la cual se incrementa a causa del crecimiento y la presión de la urbanización (Chardon, 2002). Desde la década de los ochenta, los asentamientos humanos se han constituido con gran frecuencia en laderas con pendientes que pueden superar hasta el 50% de inclinación. Estos procesos de ocupación no formal, sumados a las condiciones de exceso de humedad de los suelos, las aguas que circulan sobre la superficie de los terrenos, las altas lluvias y las deficiencias en alcantarillado, han propiciado la ocurrencia continua de fenómenos naturales por deslizamientos e inundaciones, afectando a un sinnúmero de familias y, consecuentemente, a las viviendas por estar expuestas al deterioro constante de los elementos constructivos (cimentaciones, entrepisos, muros y cubiertas), ya que están constituidos con materiales poco resistentes como guadua, ladrillo sin refuerzo y zinc. Adicionalmente, se ha catalogado al municipio como el más vulnerable ante eventos de deslizamientos y afectaciones en todo el territorio colombiano (POT, 2007).

A raíz de esta problemática, a nivel local y nacional se ha ejecutado una gran cantidad de trabajos de investigación enfocados en la estimación cuantitativa y cualitativa del riesgo, la identificación y reducción de las amenazas, y también en considerar la vulnerabilidad en términos socioeconómicos. En esta investigación se ha evidenciado que debe ampliarse el conocimiento de la vulnerabilidad en cuanto a la evaluación física de las viviendas de forma cuantitativa, considerando que éstas tienen características propias en sus elementos de construcción que pueden convertirse en factores determinantes del riesgo para la población, ya que no es simplemente la acción del evento amenazante la que genera una situación de desastre, sino una manifestación en conjunto.

Cardona (2001, p. 3) define este tipo de vulnerabilidad como “la relación entre el grado de exposición y la fragilidad o capacidad de los elementos expuestos para soportar la acción de los fenómenos”. Las condiciones geográficas, geológicas, geomorfológicas y meteorológicas determinan un amplio repertorio de amenazas naturales, con un modelo económico donde predomina la extracción de bienes comunes, el aumento sostenido de pobreza urbana, las desigualda-

des sociales y el racismo estructural, entendiendo así que la vulnerabilidad ante el riesgo es un asunto económico, ambiental y social (Sandoval-Díaz, 2020). Sin embargo, los organismos internacionales han prestado especial atención al respecto, adoptando, sobre todo después del decenio internacional para la reducción de desastres de la ONU, tanto protocolos internacionales como nacionales (Bocco, 2019).

Entendiendo el contexto de las implicaciones del concepto, se estimó la vulnerabilidad física de las viviendas ubicadas en el barrio Sierra Morena con el fin de determinar si dicha vulnerabilidad se debe a la exposición frente a un fenómeno amenazante por encontrarse en una zona de alto riesgo por deslizamiento y en una ladera de protección ambiental que data desde el inicio de los procesos de asentamientos de periferia en la ciudad: según su historial, múltiples deslizamientos han afectado la zona, aproximadamente 42 eventos en los últimos treinta años, y algunos de ellos catastróficos. Adicionalmente, esta vulnerabilidad se relaciona con el deterioro de la estructura de las viviendas, que se han desarrollado sin cumplir, desde el punto de vista normativo, con los requerimientos para garantizar la seguridad y buena calidad de vida de las personas que allí habitan, puesto que se han presentado colapsos estructurales y la no habitabilidad de las viviendas por su deterioro severo o progresivo.

En este proceso fue necesario partir desde el conocimiento de los tipos de riesgos y amenazas de la zona de estudio y las características particulares de los elementos constructivos (cimentaciones, entrepisos, cubiertas y muros), para finalmente determinar la vulnerabilidad física presente en cada vivienda y los posibles niveles de afectación de las personas. Se crearon mapas detallados como insumo para evaluar la relación entre la amenaza y la vulnerabilidad, y así finalmente determinar el riesgo. Estos resultados serán de gran valor para apoyar el monitoreo sobre el riesgo a comunidades ubicadas en zonas de alto riesgo por deslizamiento, y ayudarán a entes gubernamentales o tomadores de decisiones en la formulación de estrategias de ejecución rápida en función de proteger las vidas humanas y los inmuebles antes de que un evento de desastre ocurra.

## **Materiales y métodos**

La investigación se desarrolló bajo un tipo de estudio de caso con enfoque mixto, puesto que, si bien fue un estudio social, se tuvieron en cuenta variables tanto de tipo cuantitativo como cualitativo. Se posiciona como una investigación descriptiva, ya que consiste en especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, procesos, objetos o cualquier fenómeno que se someta a un estudio de índole retrospectiva.

### ***Zona de estudio***

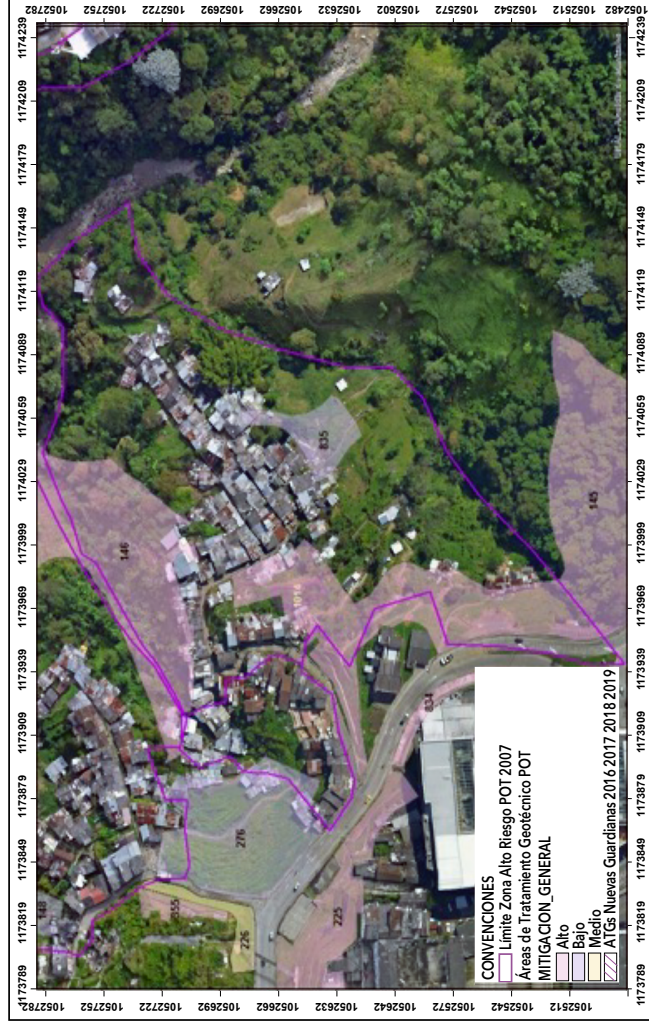
La ciudad de Manizales, capital del departamento de Caldas, se localiza en el centro occidente de Colombia. Se considera con una altitud promedio sobre el nivel del mar de 2 119 metros, dentro de un rango de 800 y 3 800 metros. Según las proyecciones demográficas oficiales para el año 2018, la población de Manizales es de 400 136 habitantes en un área de 571.84 kilómetros cuadrados (Centro de Información Estadística de Manizales, 2019). Se encuentra dividida en once comunas, de las cuales se ha elegido la de San José, parte del sector objeto de estudio. Esta comuna se localiza al noroeste de la ciudad, exactamente al norte del centro, con 57.5 hectáreas, donde se encuentra el barrio Sierra Morena.

Dentro del Plan de Ordenamiento Territorial, Acuerdo 663 de septiembre 13 de 2007, la administración municipal, por intermedio de la Oficina Municipal de Prevención y Atención de Desastres (OMPAD), realizó la delimitación de las zonas de alto riesgo, donde fueron clasificadas según el tratamiento e intervención correspondiente, como de reubicación y/o mejoramiento del entorno; en la comuna San José, los barrios Galán, Camino del Medio, Rincón Santo, Asís, Jazmín, Estrada y Sierra Morena fueron seleccionados en su totalidad (POT, 2007). Para el objeto específico de estudio se eligió Sierra Morena, el cual se considera un barrio ubicado en una ladera de fuertes pendientes con un proceso de urbanización desordenado y sin técnicas de construcción (véase el Mapa 1).

La investigación se realizó en tres fases: *a)* descripción de los tipos de riesgos, prácticas y hechos de deslizamiento en el barrio Sierra

# Mapa 1

Zona de estudio: barrio Sierra Morena





Morena de la comuna San José de la ciudad de Manizales; b) caracterización de las tipologías constructivas de las viviendas; y c) determinación del grado de vulnerabilidad física o posibles niveles de afectación de las personas asociadas al deterioro de las edificaciones.

## **Tipos de riesgos, prácticas y hechos de deslizamientos**

Este apartado comprende el análisis de la amenaza por deslizamiento y los fenómenos que ocurren por las acciones humanas, partiendo desde la revisión documental de informes técnicos de emergencias o desastres, como también de la documentación académica en investigaciones detalladas y de la evidencia histórica contada por sus habitantes. Para este caso se aplicó un cuestionario como guía de entrevista y se realizaron las etapas descritas a continuación.

*Proceso de entrevista con consentimiento informado a algunos habitantes del sector y personas participantes de hechos ocurridos y conocedoras de la zona.* Cada entrevista duró aproximadamente treinta minutos; la idea principal fue conocer la historia de la construcción del barrio por parte de sus habitantes, los tipos de riesgos, los eventos de emergencia, las características de las viviendas y las dinámicas sociales que, desde el inicio, definieron el barrio.

*Revisión documental a la base de datos original de las órdenes de evacuación ejecutadas por el Cuerpo Oficial de Bomberos de Manizales.* Se logró obtener información del periodo 2003 a 2019, de la cual se realizó un proceso de filtrado para cada año en la búsqueda de información relacionada al barrio Sierra Morena en cuanto a órdenes de evacuación ejecutadas y la identificación de los tipos de riesgos evidenciados.

*Revisión documental de la monografía Relaciones lluvias – deslizamientos y zonificación geotécnica en la comuna dos de la ciudad de Manizales (Gartner, 2000).* Revisión documental de periódicos locales y la base de datos del Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. De esta investigación se realizó un proceso de revisión de la recopilación histórica de los deslizamientos más significativos, desde 1960 hasta 1998, para el caso específico de Sierra Morena. También se



efectuó de forma paralela un análisis de la información encontrada en los periódicos locales desde 1993 hasta 2017 como complemento a esta categoría; y, adicionalmente, un análisis de la información suministrada por IDEA.

## **Caracterización de las tipologías constructivas de las viviendas**

En este apartado se identifican elementos relacionados al área de estudio como: las edificaciones en su estado actual, sus cambios en diferentes periodos de tiempo (2008, 2014, 2018), la población que allí habita, y la relación directa de todos estos elementos ante fenómenos amenazantes, como deslizamientos e inundaciones. Las viviendas seleccionadas para el estudio fueron inspeccionadas visualmente en campo. Para facilitar la recolección de la información, tanto física como social, se tomó como base el formato de recolección de información para el inventario de viviendas en zonas de alto riesgo del municipio de Manizales del Programa Guardianas de la Ladera, donde se tuvo participación activa, y que fue elaborado con referencia a la metodología propuesta por el Banco Mundial y el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en donde se incluye un proceso de caracterización inicial de las viviendas según las condiciones físico-espaciales del inmueble, seguido de las condiciones de habitabilidad o información social (Banco Mundial, 2014). El procesamiento de la información para la elaboración del diagnóstico tuvo en cuenta cinco categorías de análisis y 42 variables, que a su vez arrojaron 94 respuestas. Las categorías se describen a continuación.

*Características espaciales. Identificación y localización del asentamiento.* Refiere la información necesaria para identificar a qué vivienda le corresponde cada formato y facilitar su búsqueda. En este criterio se tuvieron en cuenta diez variables.

*Información de la vivienda.* Refiere la condición o estado actual de la edificación en términos generales, el sistema constructivo como bahareque, mampostería no reforzada simple (un sistema artesanal de muros contruidos con ladrillos pegados con mortero de cemento), los

tipos de materiales empleados, los daños estructurales encontrados en cimentaciones, muros, entrepisos y cubiertas; y, por último, la evaluación de la amenaza presente debido a aspectos ambientales reconocida por los habitantes y el evaluador, como también la relacionada con órdenes de evacuación de la vivienda. En este criterio se tuvieron en cuenta doce variables (información de carácter cualitativo).

*Contexto socioantropológico y económico.* Se tiene en cuenta la información socioeconómica de los habitantes, como empleados o desempleados, vinculaciones a subsidios por parte del gobierno, procesos de reubicación urbana, afiliaciones al sistema de salud, reasentamientos y horarios de mayor permanencia en la vivienda según las ocupaciones cotidianas. Esta categoría representa un factor determinante para evaluar las dinámicas cambiantes del lugar con relación a su nivel de ingreso económico, la afectación por los desastres ocurridos y la capacidad de los habitantes de recuperarse ante situaciones de adversidad. En este criterio se tuvieron en cuenta veinte variables.

*Registro fotográfico.* Se efectuó con el fin de llevar un inventario visual del estado de cada una de las viviendas censadas. Se elaboró la georreferenciación de cada una de ellas como insumo para la construcción de posteriores mapas.

## **Grado de vulnerabilidad física asociado al deterioro de las edificaciones**

Una vez identificado el escenario de amenaza y los elementos expuestos (viviendas y personas), se categorizó la vulnerabilidad física en niveles de alta, media y baja por medio de un modelo cualitativo y analizando los factores físicos de los elementos, según las intensidades y magnitudes de los daños presentes. Para esta calificación se realizó una matriz de evaluación del índice de daño y se tomó como referencia la *Metodología para el monitoreo estructural y patológico de viviendas afectadas por deslizamientos* (García Ubaque, Valbuena Porras y Granados Soler, 2017), la cual se encuentra soportada por el Consorcio de Altos de la Estancia y Consultores de Ingeniería y Medio Ambiente CI Ambiental SAS, ya que realizaron el monitoreo estructural para las viviendas localizadas en la zona de alto riesgo no

mitigable en Altos de la Estancia, Bogotá, y determinaron la vulnerabilidad física de las construcciones para conocer si ésta se debe a la exposición por el fenómeno amenazante, o si, por el contrario, se encuentra relacionada con deficiencias en las estructuras físicas, como materiales, procesos constructivos y cumplimiento de normas.

Las variables que se tienen en cuenta para calcular la vulnerabilidad en este documento son las similares a las consideradas dentro del inventario en Sierra Morena; por tal razón se consideró viable su aplicación. Para el caso de estudio, las viviendas son clasificadas según su sistema estructural; se logró identificar en la caracterización de las viviendas censadas que predominan el bahareque y la mampostería en términos de tipo constructivo. Se aplicó la clasificación de dos categorías: materiales no convencionales o provisionales, y mampostería no reforzada simple. Para la evaluación del índice de daño se recurrió al método heurístico que permite combinar lo cualitativo con lo cuantitativo.

A continuación, se presentan las variables que se definieron para calcular la vulnerabilidad estructural.

### *Condición o estado de la edificación*

En la revisión visual de la edificación en el momento de realizar el inventario se tuvo en cuenta el estado de cuatro elementos de las edificaciones: cimentación, entrepisos, cubierta y muros. Se empleó una escala de bueno, regular o malo como la condición inicial, siendo la calificación que se denominará como el primer factor. Para este caso, *bueno* está asociado a daños mínimos; *regular*, a daños que tienen un riesgo inminente, y para la categoría de *malo*, condiciones que pueden afectar drásticamente otros componentes o toda la estructura de la vivienda y comprometer la seguridad de las personas (véase el Cuadro 1).

Para los elementos que no pueden ser evaluados, se les calificó como N/A (no aplica) y un valor de ponderación de 1.1. Debido a que las viviendas del barrio Sierra Morena corresponden a un proceso de asentamientos en laderas, se identificó que éstas no tienen cimentaciones, es decir, las viviendas se encuentran superpuestas y la cimentación

**Cuadro 1**  
Criterios de evaluación del primer factor

| <i>Condición inicial</i> | <i>Primer factor (F1)</i> |
|--------------------------|---------------------------|
| Buena                    | 1                         |
| Regular                  | 1.05                      |
| Mala                     | 1.10                      |

*Fuente:* García Ubaque et al., 2017.

corresponde a un proceso de excavación y acondicionamiento del terreno muy superficial. Por lo tanto, para todas las viviendas se consideró el valor de ponderación 1.1 en cimentación.

### *Cálculo del daño estructural*

Para este ítem el autor propone calificar el daño presente en los elementos estructurales evaluados, utilizando igualmente una calificación cualitativa asociada a un criterio y ponderación por parte del observador (véase el Cuadro 2).

### *Registro fotográfico*

Se llevó un registro fotográfico del estado de las viviendas. Para el caso de Sierra Morena, en el año 2018 se efectuó dicho registro y la

**Cuadro 2**  
Criterios para estimar la magnitud del daño

| <i>Daño</i> | <i>Magnitud del daño (D)</i> |
|-------------|------------------------------|
| No existe   | 1                            |
| Leve        | 2                            |
| Moderado    | 3                            |
| Fuerte      | 4                            |
| Severo      | 5                            |

*Fuente:* García Ubaque et al., 2017.

inspección visual (elaboración propia). Para los datos de 2008 y 2014 se realizó una revisión documental de los calificativos de la vivienda y de los elementos estructurales que en su momento fueron tomados por el observador que realizó el inventario, así como de las fotografías ya existentes para rectificar la evaluación presentada.

### *Cálculo del índice de daño*

El índice de daño (ID) se obtuvo a partir de los ponderados de las calificaciones de los daños afectados por el factor de mayor acción de la condición de cada elemento. Se definió el F1 de acuerdo con la evaluación de la condición de cada elemento estructural, es decir, el estado de bueno, regular o malo para cimentaciones, entresijos, cubiertas y muros. Se calcula un segundo factor F2 teniendo en cuenta que Fc2 refiere cimentación, Fe2 entresijos, Fcu2 cubierta y Fm2 muros; todos éstos con relación a la magnitud del daño (D).

$$F2 = F1 * D \quad [1]$$

Se calcula un tercer factor, F3, de acuerdo con la cantidad de pisos que tiene la vivienda: si el número de pisos es mayor que 1 se aplica:

$$F3 = (0.6 * Fe2) + (0.4 * Fcu) \quad [2]$$

Dado que en la metodología aplicada por García Ubaque et al. (2017) no se especifican las constantes de 0.6 y 0.4, se considera que hacen referencia al 100% del peso de la estructura; discriminando 60% del peso de entresijos como el elemento de mayor carga (si es superior a un nivel) y 40% de la cubierta como lo más liviano, ambos multiplicados por el factor de afectación respectivo. Pero teniendo en cuenta la consideración de que el entresijo tiene mayor masa y podría generar más daño a la estructura, ese factor podría ser de 0.7 o 0.75.

Se modifica la Ecuación [2]:

$$F3 = (0.7 * Fe2) + (0.3 * Fcu) \quad [2]$$

Si el número de pisos es 1, la ecuación sería:

$$F = (F_{cu2}) \quad [3]$$

Se calcula el índice de daño ID que presenta la vivienda mediante la siguiente ecuación:

$$ID = (0.1 * F_{c2}) + (0.5 * F_{m2}) + (0.4 * F_3) \quad [4]$$

Las anteriores constantes tampoco se definen en la metodología, igualmente se considera 0.1 0.5 y 0.4 como el 100% del peso de la estructura y para este caso se especifica 10% del peso en cimentación, 50% muros y 40% para entrepisos y cubiertas. Para el caso de las viviendas de Sierra Morena, el coeficiente que multiplica el factor  $F_{c2}$  debería ser mayor debido a que la cimentación es la base de una buena estructura. Y, por el contrario, el factor  $F_{m2}$  debería ser menor, ya que el sistema estructural no es de mampostería confinada, reforzada o simple.

Para efecto de las observaciones recibidas por expertos, se consideraron las siguientes modificaciones:

$$ID = (0.2 * F_{c2}) + (0.3 * F_{m2}) + (0.5 * F_3) \quad [4]$$

### *Rango del índice de daño*

Como último paso se identifica en qué rango se encuentra el ID para obtener un valor cualitativo de vulnerabilidad (véase el Cuadro 3).

**Cuadro 3**  
Rango del índice de daño (ID)

| <i>Rango del ID</i> | <i>Vulnerabilidad</i> |
|---------------------|-----------------------|
| ID<1                | Muy baja              |
| 1>ID<2              | Baja                  |
| 2>ID<3              | Media                 |
| 3>ID<4              | Alta                  |
| 4>ID>5              | Muy alta              |

*Fuente:* García Ubaque et al., 2017.

## Resultados

### *Tipos de riesgos, prácticas y hechos de deslizamientos*

En la Fotografía 1 y en la 2 se puede evidenciar la falta de obras civiles de infraestructura, ya sean peatonales, vías, andenes, senderos y obras correctivas para el control de la erosión, como pantallas, zanjias colectoras y canales, en dos periodos de tiempos diferentes. Igualmente, también se pueden apreciar procesos erosivos (deslizamientos) activos como antiguos y el predominio del bahareque como tipo constructivo (véase las Fotografías 1 y 2).

### **Fotografía 1** Barrio Sierra Morena

---



---

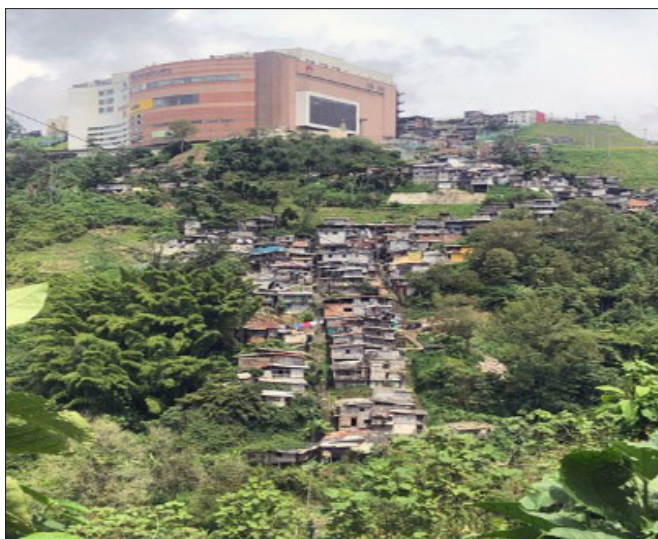
*Fuente:* Fotografía de las autoras.



## Fotografía 2

Barrio Sierra Morena, vista desde el barrio Villa Julia, junio de 2019

---



---

*Fuente:* Fotografía de las autoras.

### *Los riesgos identificados desde el análisis de bases de datos*

El Cuadro 4 es el producto de filtrar la información de las órdenes de evacuación efectuadas en la ciudad y específicamente en el barrio Sierra Morena por parte del Cuerpo Oficial de Bomberos, donde se describen los tipos de riesgos latentes en el sector y se relacionan la cantidad de reportes para cada ítem respectivamente por cada año. Los riesgos identificados fueron los siguientes: agrietamiento del terreno, vertimiento de alcantarillado en las laderas, árboles de gran altura, colapso estructural de viviendas, demolición de construcción, destrucción de vivienda por deslizamiento de tierra, escape de gas licuado del petróleo o gas propano, incendio estructural, inestabilidad de talud, inundación o filtración de agua, obstrucción de zanjas colectoras, viviendas a orilla del río, vivienda afectada por vendaval, y vivienda con deterioro estructural.

**Cuadro 4**

Proceso de filtrado a la base de datos de evacuación efectuadas por el Cuerpo Oficial de Bomberos de Manizales, 2003-2019

| <i>Riesgos identificados por visitas técnicas</i> | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | <i>Total general</i> |
|---------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------|
| Agrietamiento de terreno                          | 1    | 1    |      |      | 2    |      |      |      |      |      |      | 1    |      |      |      | 5                    |
| Alcantarillado                                    |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1                    |
| Árbol de gran altura                              |      |      | 2    |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 3                    |
| Colapso estructural de viv.                       |      | 1    | 4    |      | 1    | 3    | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      | 10                   |
| Demolición de construcción                        |      | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6                    |
| Destrucción viv. por deslizamiento tierra         | 5    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 5                    |
| Escape de gas lp                                  | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1                    |
| Incendio estructural                              |      |      |      | 5    |      | 8    |      |      |      |      | 7    |      |      |      |      | 20                   |
| Inestabilidad de talud                            | 20   | 1    | 18   | 2    | 11   | 11   |      |      |      |      |      | 1    | 3    | 6    | 14   | 87                   |
| Inundación o filtración de agua                   |      |      |      |      |      | 2    | 1    |      |      |      |      |      | 2    |      | 1    | 6                    |
| No se evidencia riesgo                            | 3    |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 4                    |
| Obstrucción de zanjas colectoras                  |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1                    |
| Vív. a orilla de río                              |      |      |      |      | 1    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 1                    |
| Vív. afectada por vendaval                        |      |      | 6    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 6                    |
| Vív. con deterioro estructural                    | 2    | 4    | 14   | 4    | 6    | 2    | 2    |      |      |      |      | 4    | 7    | 2    | 1    | 48                   |
| (en blanco)                                       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |                      |
| Total general                                     | 32   | 13   | 44   | 14   | 21   | 27   | 4    |      |      |      | 7    | 6    | 12   | 8    | 16   | 204                  |

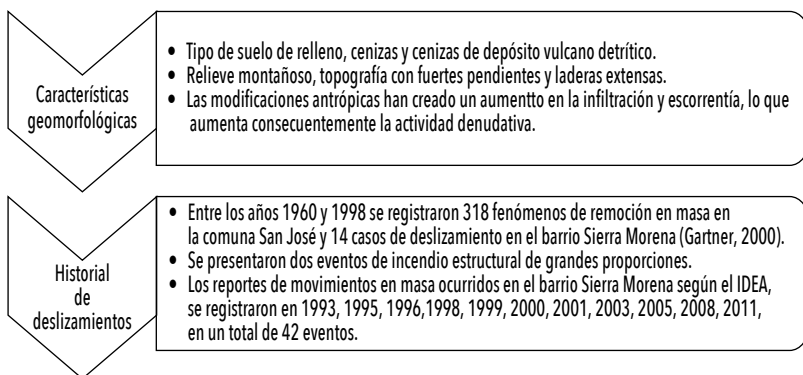
Fuente: Elaboración propia.

## Consideración de factores condicionantes de inestabilidad prevalentes de acuerdo con el modelo geológico y geotécnico

En el Esquema 1 se muestra una síntesis de los resultados obtenidos a partir de la revisión documental de la monografía *Relaciones lluvia – deslizamientos y zonificación geotécnica de la comuna dos de la ciudad de Manizales* (Gartner, 2000). Se sintetizan las características geomorfológicas, así como el historial de deslizamiento (véase el Esquema 1).

### Esquema 1

Resultados obtenidos a partir de la revisión documental de la monografía *Relaciones lluvias – deslizamientos y zonificación geotécnica en la comuna dos de la ciudad de Manizales* (Gartner, 2000)



*Fuente:* Elaboración propia a partir de revisión documental de periódicos locales y de la base de datos del Instituto de Estudios Ambientales (IDEA) de la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.

### ***Caracterización de las tipologías constructivas de las viviendas***

Las viviendas con deterioro estructural o en situaciones de amenaza por deslizamiento representan condiciones de riesgo durante y después de ser habitadas. En primer lugar, estructuralmente son un riesgo potencial para las personas que allí habitan por la probabilidad de ocurrencia de desplome y la afectación de vidas humanas. En segundo lugar, cuando ya no pueden ser habitadas y son abandonadas, se convierten en factor de riesgo por la afectación que pueden generar a otras viviendas.

Para el análisis de las viviendas en Sierra Morena, se identificó un alto número de ellas no habitadas específicamente por la exposición ante un riesgo estructural, ya que éste condiciona la vivienda a no poder ser habitada por representar una situación de vulnerabilidad, amenaza y peligro para sus habitantes.

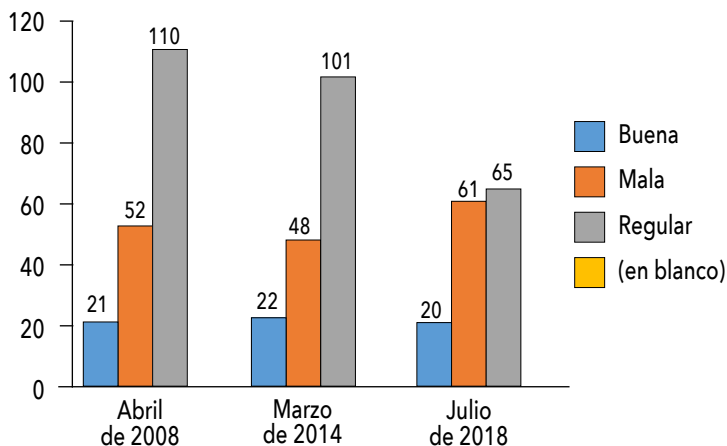
El riesgo de colapso estructural y el deterioro de los materiales con los cuales fue construida la vivienda muchas veces está relacionado con riesgos externos como deslizamientos de tierra, inestabilidad de los terrenos, agrietamientos, inundaciones, etc. Es así como se discriminó el análisis en las últimas dos temporalidades, 2014 y 2018, identificando 25 viviendas no habitadas por riesgo estructural, siendo el dato más alto en 2018 con 19 viviendas; y adicionalmente, 16 viviendas no habitadas por riesgo mixto estructural y de deslizamiento, también los más altos para 2018 con 14 viviendas. Se reportó una vivienda con riesgo de inundación por estar cercana a la ribera del río Olivares, identificada en 2018. En total se encontraron 46 viviendas no aptas para ser habitadas por sus condiciones de riesgo en las dos temporalidades.

En cuanto a los estados de la vivienda, debido a que en su gran mayoría fueron construidas con materiales no convencionales o con mampostería no reforzada, éstas fueron clasificadas en buenas, regulares o malas por inspección visual externa y teniendo en cuenta la evaluación particular de elementos estructurales, como cimentaciones, entrepisos, muros y cubiertas (véase la Gráfica 1).

Esta evaluación va directamente relacionada con el tipo de material empleado en su construcción y el grado de exposición a las incle-

## Gráfica 1

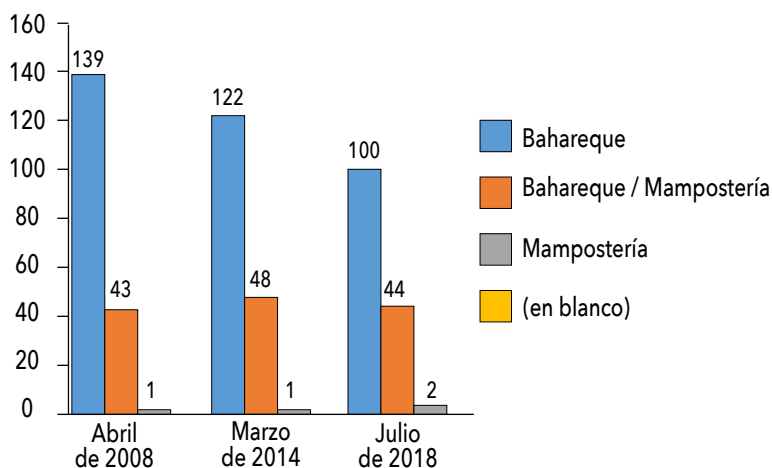
### Estado de la vivienda



*Fuente:* Elaboración propia.

mencias del clima como factor detonante al deterioro. Claramente cabe resaltar que desde el proceso de asentamiento del barrio, hace aproximadamente cuarenta años, éste se ha realizado con métodos constructivos en bahareque y esterilla que en algunas viviendas prevalece en el tiempo, y con el auge de las construcciones en mampostería de los últimos años, las familias van mejorando las condiciones de su vivienda según su capacidad económica, quedando finalmente viviendas combinadas como producto de cambiar materiales deteriorados por materiales más resistentes y de mejor calidad, y viviendas que son construidas totalmente en mampostería pero sin un sistema porticado (columnas y vigas) y sin un proceso de cimentación (véase la Gráfica 2).

La tendencia de estas edificaciones se enfoca en viviendas de uno o dos pisos, y teniendo en cuenta lo mencionado en tipologías constructivas, la estructura no puede soportar el peso de un tercer o cuarto nivel más, por las cargas que éstos representan. Se evidenciaron viviendas de tres niveles que en su primer piso por lo general tienen estructura de mampostería no reforzada, como otras netamente en

**Gráfica 2****Tipo constructivo de las viviendas**

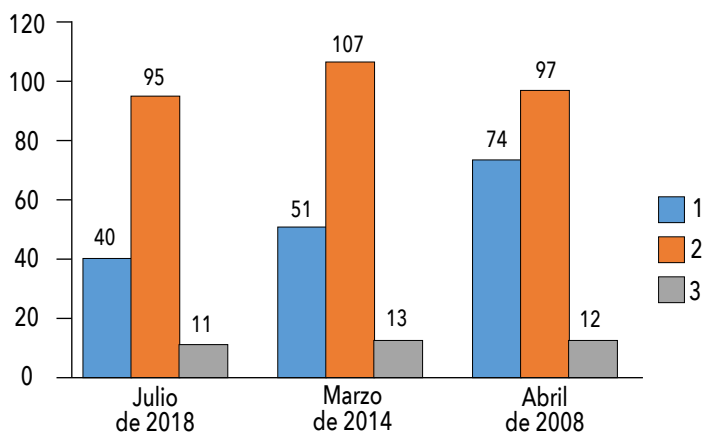
*Fuente:* Elaboración propia.

bahareque. En el análisis realizado en las diferentes temporalidades, se pudo evidenciar que, en 2008, el 40% de las viviendas eran de un nivel, el 53% de dos niveles, y apenas 7% de tres niveles. Para 2014 se evidenció un crecimiento de la población que, como consecuencia, generó la construcción de nuevos asentamientos de un nivel, y también la necesidad de ampliar las viviendas ya existentes, acondicionarlas y cambiar su sistema constructivo. Desde este año también se da el proceso de demolición de viviendas, factor que influye en la cantidad de viviendas de un solo nivel. Para 2018 las estadísticas son muy cercanas al censo anterior, pero también son aún más notorios los procesos de demolición de viviendas, bien sea por deterioro estructural o por afectaciones ambientales (véase la Gráfica 3).

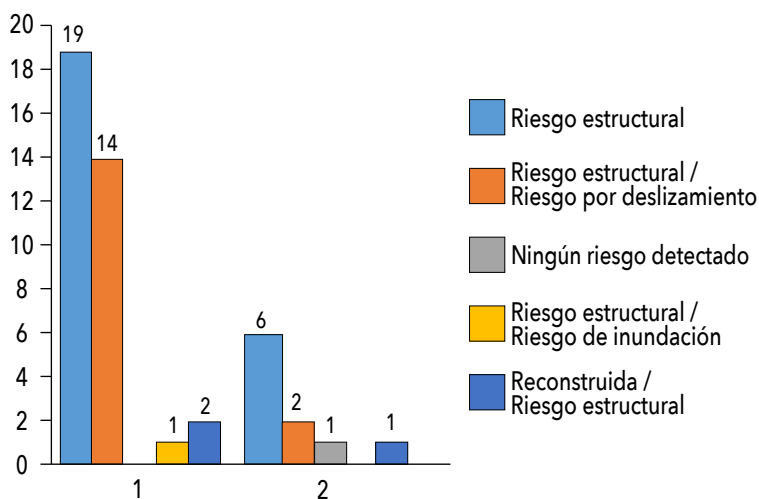
El análisis conjunto, considerando el estado de la vivienda, materiales empleados y niveles construidos, nos da una característica cualitativa donde el estado particular de los elementos de la vivienda, de acuerdo con sus materiales, puede representar estructuralmente un grado de afectación tal que podrían definir la vulnerabilidad física de las viviendas como alta y muy alta (véase la Gráfica 4).

**Gráfica 3**

Número de viviendas para cada nivel constructivo

*Fuente:* Elaboración propia.**Gráfica 4**

Tipo de riesgo que presentan las viviendas NH

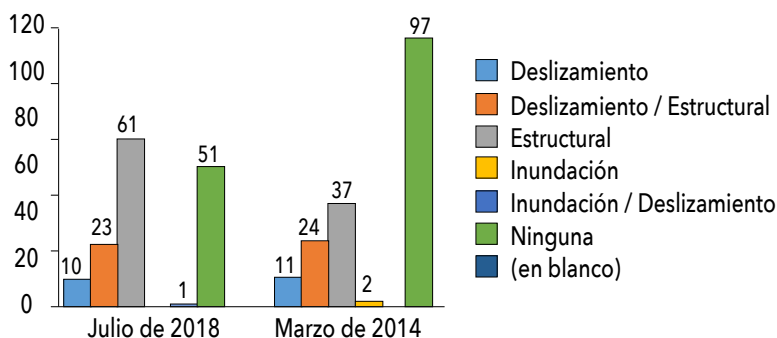
*Fuente:* Elaboración propia.

## *Órdenes de evacuación y amenazas presentes en la zona de estudio*

Las condiciones físicas de las viviendas, como se mencionó anteriormente, y el medio ambiental del entorno donde se encuentran ubicadas propicia una situación de riesgo que puede representar una amenaza latente para las viviendas y sus habitantes. En el inventario de 2014 se censaron 161 viviendas en las que los habitantes, en su gran mayoría (94%), manifestaron que no habían sido evacuados de sus viviendas con anterioridad; sólo se identificaron 10 órdenes de evacuación que, según el tipo de afectación, para su momento se recomendaron con carácter preventivo, de las cuales fueron ocho por deslizamiento, una por incendio y una más por infiltración de agua. Para el caso de 2018, las viviendas se afectaron con diferentes episodios amenazantes, aumentando las estadísticas: se identificaron 28 evacuaciones preventivas y seis evacuaciones definitivas, donde las principales causas fueron por deslizamiento, con 33 casos, y una más por deterioro estructural (véase la Gráfica 5).

Para el análisis de la amenaza presente sólo se tuvieron en cuenta dos temporalidades, 2014 y 2018. En el momento de realizar la inspección visual de la vivienda, según las condiciones de la misma

**Gráfica 5**  
Amenaza presente en la vivienda



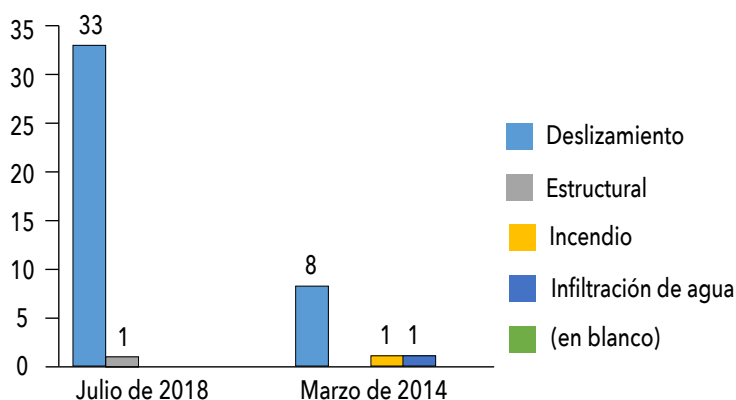
Fuente: Elaboración propia.



y del entorno, se identificaron tres factores de amenaza principales: deslizamiento, deterioro estructural e inundación. En algunas viviendas se pudo evidenciar hasta dos factores combinados. Para 2018 los registros más altos de amenaza fueron por deterioro estructural, con 42% en relación a 57% en 2014 (considerando que en ese año se evaluaron 25 viviendas más); seguido de deslizamiento y estructural, con 16%; y, por último, 7% para deslizamiento con un caso adicional de inundación. En 2014 las estadísticas se mantienen relativamente constantes para la amenaza por deslizamiento y estructural, con 14%; para deslizamiento, 6%; y dos casos para inundación. Gran porcentaje de las viviendas no reflejaron alguna amenaza latente o sus habitantes así lo manifestaron, siendo 97 viviendas sin registro de amenaza de 171 evaluadas en 2014, y en 2018 los datos representaron 51 viviendas de 146 evaluadas (véase la Gráfica 6).

Tras la ocurrencia de situaciones de desastres naturales como deslizamientos o afectaciones a las viviendas por factores antrópicos, como incendio, colapso estructural, entre otros, algunas de las familias damnificadas se vieron en la obligación de construir nuevas viviendas en el sector, o bien, reconstruir sus viviendas ya que eran

**Gráfica 6**  
Causa orden de evacuación



Fuente: Elaboración propia.

los propietarios o poseedores de los lotes y no tenían las condiciones económicas para cambiar de residencia. Para 2014 se evidenciaron dos reasentamientos, uno por incendio y otro por inundación. En 2018 se registraron seis reasentamientos, cinco a causa de deslizamiento y uno más por incendio.

### ***Contexto socioantropológico y económico***

Desde el punto de vista socioeconómico, la población de la zona investigada disminuyó en los últimos diez años considerablemente. Inicialmente se registraron 866 personas, seguidamente 779 con una disminución del 12% de la población, y finalmente en 2018 se registran 516 personas, siendo 34% menos que el censo anterior y 58% en relación al inventario inicial. Los procesos de reubicación urbana, las afectaciones a las viviendas por el cambio climático y el deterioro estructural que representa una situación de riesgo para la vida de sus habitantes, han sido factores detonantes para que las familias migren hacia otros lugares de la ciudad y cada año se evidencie menor población en el sector.

Los horarios de permanencia en la vivienda relacionados con las actividades de las personas que allí habitan, se han considerado objeto de análisis para determinar cuándo se da con mayor frecuencia la presencia de las personas en las viviendas. Los resultados se muestran en el Cuadro 5.

Podría concluirse que la mayoría de los habitantes, por las jornadas laborales y estudiantiles, se encuentran en la noche y tarde noche. Para el caso de amas de casa, infantes menores de cinco años y población de adultos mayores, los datos más comunes encontrados refieren a una permanencia de todo el tiempo (aproximadamente 100 habitantes).

Si bien es difícil especificar para cada categoría de permanencia el tipo de población, según la experiencia en el momento de realizar el censo se identificó que los horarios de permanencia relacionados a tarde y noche comúnmente son asociados a los menores de edad: cerca de 150 infantes que en su mayoría estudian en la mañana en jornada única o se encuentran en jardín de niños. Los adultos mayores,

### **Cuadro 5**

Tipo de ocupación o actividad laboral que realizan los habitantes de Sierra Morena. Inventario 2018

| <i>Ocupación</i>     | <i>Núm. habs.</i> |
|----------------------|-------------------|
| Ama de casa          | 75                |
| Dato no suministrado | 34                |
| Desempleado          | 20                |
| Discapacitado        | 10                |
| Estudia              | 159               |
| Infante              | 14                |
| No estudia           | 2                 |
| No trabaja           | 8                 |
| Pensionado           | 2                 |
| Trabaja              | 171               |
| Trabaja / estudia    | 2                 |
| Total general        | 497               |

*Fuente:* Elaboración propia.

aproximadamente 50 personas, por lo general permanecen en la vivienda todo el tiempo, y de las 300 personas adultas y jóvenes censadas, a lo menos 100 personas entre amas de casa, desempleados y jóvenes que no estudian, se encuentran todo el tiempo en la vivienda. En resumen, se hablaría que, de las 500 personas censadas, aproximadamente, cerca de 150, más o menos el 30% de la población, permanecen en las viviendas la mayor parte del tiempo.

### ***Clasificación de la vulnerabilidad***

Una vez identificada y analizada la amenaza por medio del mapa de amenaza por deslizamiento del POT 2017, los tipos de riesgos en el barrio Sierra Morena y la fragilidad de los elementos expuestos que está relacionada a las tipologías constructivas de las edificaciones y

las condiciones de exposición, se establece el nivel de daño de cada edificación. Con base en estos niveles se definen las categorías de vulnerabilidad física que permiten la construcción de un mapa para la zonificación de la vulnerabilidad en alta, media o baja. En el Cuadro 6 se presentan los criterios finales de clasificación para la vulnerabilidad.

Luego de calcular el índice de daño para cada una de las viviendas mediante la metodología de García Ubaque et al. (2017), se obtuvieron los valores de vulnerabilidad física como se muestran especificados en la Gráfica 7.

Para los inventarios de 2008 y 2014 se presenta un rango predominante en los dos periodos de tiempo de vulnerabilidad media y alta, pero, como ya se había mencionado, los factores de riesgo, los hechos ocurridos que generaron demoliciones y viviendas evacuadas que no podían volver a ser habitadas, representaron la calificación de viviendas no evaluadas en 2014, las cuales eran viviendas que existían y fueron evaluadas en el año 2008.

## Cuadro 6

### Clasificación de la vulnerabilidad física según evaluación de las viviendas de Sierra Morena

---

#### *Vulnerabilidad física en edificaciones*

---

*Muy alta.* Colapso total o parcial de la edificación, destrucción de elementos, deterioro extremo de los materiales. Viviendas no aptas para ser habitadas. Viviendas en situación de ruina. Viviendas con orden de evacuación definitiva.

*Alta.* Grietas, pérdida de la constitución física de los elementos, daños graves en muros y entrepisos, desplazamientos de las estructuras. Viviendas con orden de evacuación preventiva.

*Media.* Daños considerables en elementos estructurales, grietas pequeñas, elementos que podrían tener unos años más de vida útil, pero que sin embargo se encuentran deteriorados. No tienen órdenes de evacuación.

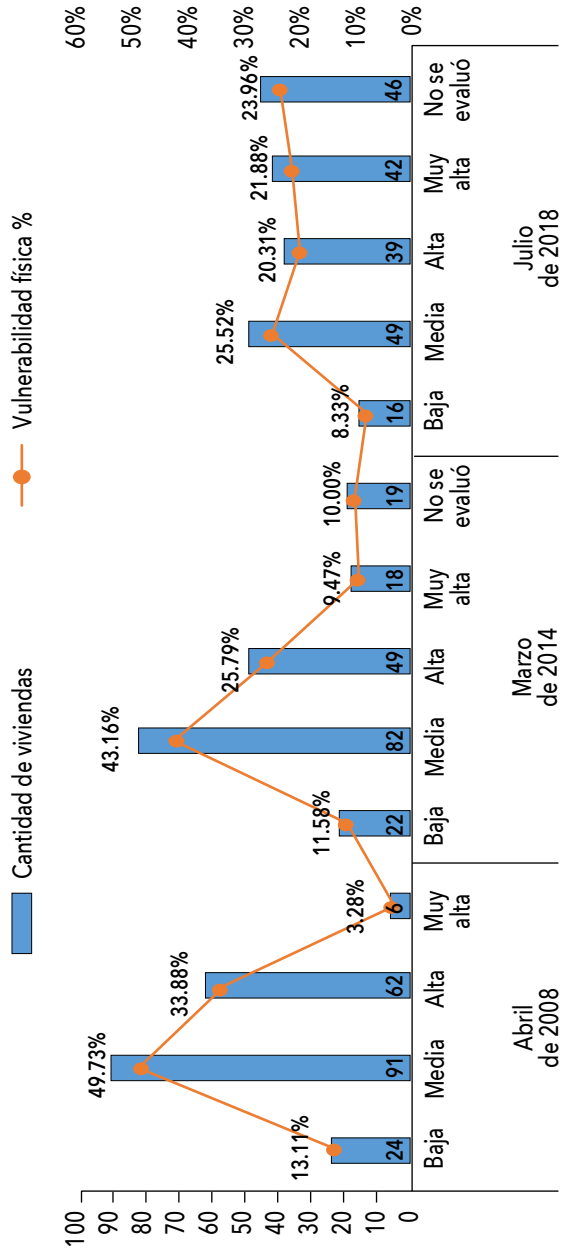
*Baja.* Esta categoría es común para viviendas en mampostería o combinadas que presentan daños mínimos considerados normales por el tiempo de construcción y exposición. No tienen orden de evacuación.

---

*Fuente:* Elaboración propia.

## Gráfica 7

Progresión del índice de daño en las viviendas evaluadas en 2008, 2014 y 2018



Fuente: Elaboración propia.

Las condiciones climáticas cambiantes también dieron como resultado un incremento de vulnerabilidad de alta a muy alta y de media a alta por el deterioro en los materiales constructivos. En 2018 bajan las categorías de baja y media, y por el contrario se incrementa la vulnerabilidad en alta y muy alta, representando el 42% de las viviendas, y 24% no fueron evaluadas porque se encontraron demolidas. Realmente se considera que, en cuatro años, tiempo entre un inventario y otro, las condiciones de las viviendas cambiaron drásticamente, siendo más vulnerables y poniendo aún más en riesgo a la población habitante. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que las viviendas del barrio Sierra Morena en su gran mayoría tienen un periodo de construcción mayor a veinte o treinta años, lo cual hace aún más evidente el deterioro en los materiales constructivos que pueden datar de esa misma época.

En el Cuadro 7 se muestra una caracterización más detallada que relaciona la tipología constructiva de las viviendas con el grado de vulnerabilidad presente en los tres periodos de tiempo.

En los tres grupos analizados, bahareque, bahareque/mampostería y mampostería, se observó un incremento constante del índice de daño en los tres periodos de tiempo analizados. Se identificaron viviendas con registros calificados con vulnerabilidad media, alta y muy alta para la categoría de sólo bahareque. En las viviendas construidas en bahareque y mampostería se presenta una calificación mayor para vulnerabilidad media, algunas viviendas por sus condiciones aceptables se encuentran en baja, y otro tanto de menores proporciones tiene vulnerabilidad alta.

La combinación de unidades de mampostería y bahareque para los muros, y la aplicación de cemento u hormigón en entrepisos y cubiertas livianas en madera con tejas de zinc, pueden garantizar condiciones de seguridad y estabilidad a la estructura mucho mejores en comparación con las estructuras de bahareque, las cuales en la mayoría de los casos se encuentran deterioradas. Aunque en el caso de presentarse situaciones de riesgo por deslizamiento o por incendio, las características estructurales también son determinantes en el grado de afectación. Dentro del inventario sólo se pudo evidenciar una vivienda completamente en mampostería, con sistema porticado, donde el estado de sus elementos se consideró como bueno y por lo tanto

## Cuadro 7

Vulnerabilidad física de las viviendas de Sierra Morena discriminadas según tipo constructivo en cada periodo de tiempo analizado

|                         | Abril 2008 |    |    | Total abril 2008 |    |     | Julio 2018 |    |    | Total julio 2018 |    |     | Marzo 2014 |    |    | Total marzo 2014 |     |     | Total general |
|-------------------------|------------|----|----|------------------|----|-----|------------|----|----|------------------|----|-----|------------|----|----|------------------|-----|-----|---------------|
|                         | A          | B  | MA | M                | MA |     | A          | B  | M  | MA               | ne |     | A          | B  | M  | MA               | ne  |     |               |
| Tipo constructivo       |            |    |    |                  |    |     |            |    |    |                  |    |     |            |    |    |                  |     |     |               |
| Bahareque               | 57         | 7  | 5  | 70               | 5  |     | 32         | 2  | 30 | 36               |    | 100 | 39         | 8  | 59 | 15               | 121 |     | 360           |
| Bahareque / mampostería | 4          | 17 | 1  | 21               | 1  |     | 7          | 13 | 18 | 6                |    | 44  | 10         | 13 | 23 | 2                | 48  |     | 135           |
| Mampostería (en blanco) | 1          |    |    |                  |    |     |            | 1  | 1  |                  |    | 2   |            | 1  |    |                  | 1   |     | 4             |
|                         |            |    |    |                  |    |     |            |    |    |                  | 46 | 46  |            |    |    | 1                | 19  | 20  | 66            |
| Total general           | 62         | 24 | 6  | 91               | 6  | 183 | 39         | 16 | 49 | 42               | 46 | 192 | 49         | 22 | 82 | 18               | 19  | 190 | 565           |

ne: No se evaluó.

Fuente: Elaboración propia.

presentó una vulnerabilidad baja. De acuerdo a lo anteriormente mencionado, ya que se considera que la vulnerabilidad es función de la fragilidad de la estructura (denominada susceptibilidad o resistencia) y de la intensidad del evento amenazante, se construye el mapa de vulnerabilidad donde se definen cualitativamente los daños esperados para los elementos expuestos.

### ***Análisis de los mapas de vulnerabilidad física***

Al revisar el comportamiento físico de los materiales constructivos en diferentes periodos de tiempo, se identificó un patrón similar al comparar la vulnerabilidad física con las características de posicionamiento de las viviendas sobre la ladera. Es decir, en la parte alta de la ladera donde se encuentran viviendas cercanas a la avenida Colón en dirección descendente a la parte media, las viviendas presentaron vulnerabilidad baja y media, siendo éstas las ubicadas en pendientes no muy pronunciadas, con sistemas constructivos combinados y obras civiles circundantes. Para el siguiente periodo de análisis en esta zona, cambian las condiciones a vulnerabilidades medias y altas producto del deterioro de las edificaciones, y en 2018 los procesos de demolición y abandono de vivienda cambian drásticamente las condiciones del entorno.

En la zona media de la ladera, donde predominan viviendas sobre pendientes más pronunciadas, construidas en su mayoría en bahareque, con precarias obras civiles, se aprecia inicialmente una vulnerabilidad entre media y baja, que cambia con el tiempo a media y alta. Un siguiente tramo desde la parte media de la ladera hacia la Quebrada Olivares, desde el primer inventario hasta el último, ha presentado viviendas con vulnerabilidad alta y muy alta, debido a su deterioro inminente en los materiales por movimientos del terreno al considerarse de mayor pendiente, y a su vez viéndose afectados por las avenidas torrenciales y los descoles de aguas servidas. Un último tramo, al costado derecho, observando la ladera desde la avenida hacia la Quebrada Olivares, justamente detrás de la iglesia, se registra una vulnerabilidad media y alta en los primeros inventarios, y para el año 2018 se encuentran viviendas demolidas y no habitadas que no



son evaluadas ya que fueron afectadas en varias oportunidades por eventos de deslizamiento.

Según lo anteriormente especificado, el cruce de los mapas de amenaza por deslizamiento del POT 2017 con el mapa de elaboración propia sobre vulnerabilidad física de las viviendas en 2018, refleja que donde se presenta mayor vulnerabilidad física alta y muy alta, de igual forma se combina con una amenaza de riesgo por deslizamiento alta o muy alta. En la parte media de la ladera donde se conglomeran vulnerabilidades medias también se correlaciona con una amenaza media por deslizamiento, y en la parte alta de la ladera para ambos factores se tienen categorías bajas. Lo anterior podría resumirse como un potencial de alto riesgo debido a una relación estrecha entre las condiciones topográficas y geomorfológicas del sector, con un deterioro estructural considerable de las viviendas, representando dos condiciones simultáneas, puesto que si ocurriese un deslizamiento en las zonas descritas, ocasionaría grandes impactos no sólo estructurales por el estado de las viviendas, sino también daños económicos y sociales por la afectación de vidas humanas (véase el Mapa 2).

En el Cuadro 8 se evidencian múltiples situaciones encontradas en el barrio Sierra Morena en cuanto a las tipologías constructivas y al estado de las viviendas en diferentes periodos de tiempo que corroboran el nivel de vulnerabilidad evaluado.

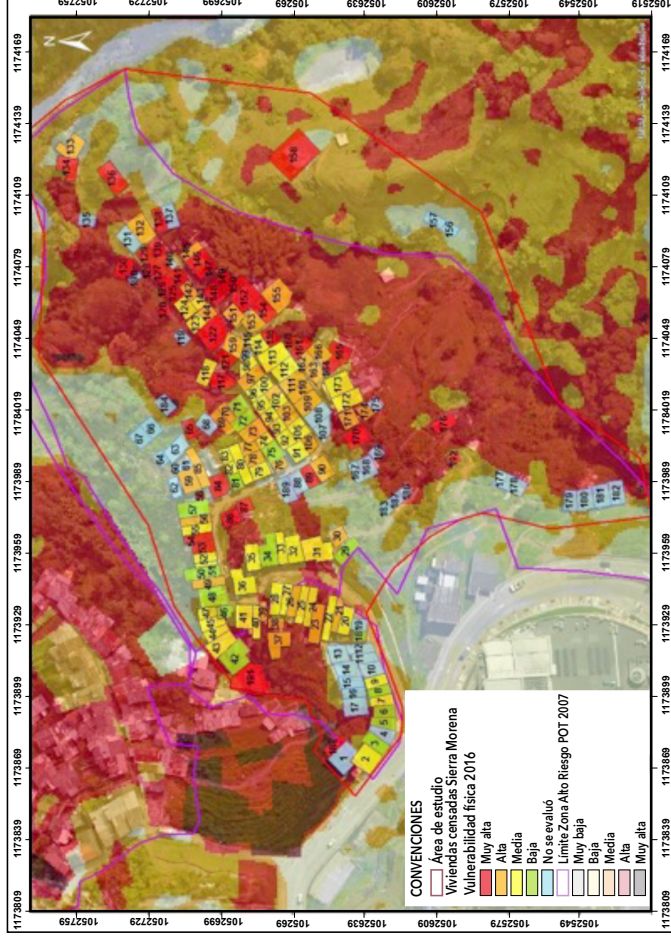
## Conclusiones y recomendaciones

El historial de deslizamientos se consideró fundamental para la zonificación de la amenaza, ya que constituye la principal cobertura de la información con fines de validación de los resultados y le da valor al mapa de amenaza por deslizamiento del POT 2017, puesto que esta zona aún no cuenta con un estudio de detalle.

El proceso de urbanización en la ladera de Sierra Morena se llevó a cabo de forma desordenada desde sus inicios hasta la construcción de las últimas viviendas, con prácticas deficientes de construcción sin la apreciación de técnicas seguras o aceptables y sin normatividad, constituyendo un barrio de asentamientos humanos espontáneos, comúnmente denominado invasión en una ladera de alta pendiente.

## Mapa 2

### Vulnerabilidad física de las viviendas, 2018



*Fuente:* Elaboración propia con base en Corporación Autónoma Regional de Caldas (Corporcaldas), imagen lidar 2014; Secretaría de Planeación Municipal, *shapefile*, límite comuna San José, límite ZAR 2007.

## Cuadro 8

Línea de tiempo del estado de las viviendas del barrio  
Sierra Morena, 2008, 2014 y 2018

### *Inventario 2008*



*Vulnerabilidad:* alta.

*Fotografía:* Inventario ZAR\_  
Guardianas de la Ladera, abril de 2008.



*Vulnerabilidad:* muy alta.

*Fotografía:* Inventario ZAR\_  
Guardianas de la Ladera, abril de 2008.

### *Inventario 2014*



*Vulnerabilidad:* alta.

*Fotografía:* Inventario ZAR\_  
Guardianas de la Ladera,  
marzo de 2014.



*Vulnerabilidad:* no se evaluó.

*Fotografía:* Inventario ZAR\_  
Guardianas de la Ladera,  
marzo de 2014.

(continúa)

## Cuadro 8 (concluye)

### *Inventario 2018*



*Vulnerabilidad:* no se evaluó.  
*Fotografía:* Inventario ZAR\_  
Guardianas



*Vulnerabilidad:* muy alta.  
*Fotografía:* Inventario ZAR\_  
Guardianas de la Ladera, julio de 2018.

### *Observaciones*

#### *Registro 182 del inventario*

En el año 2008 y 2014 se identifica vivienda con deterioro estructural en muros, cubiertas y entre pisos, ubicada en una alta pendiente (parte posterior a la iglesia) y con amenaza por deslizamiento. Se califica con vulnerabilidad física alta. En el inventario de 2018 se encuentra no habitada producto de la afectación por deslizamiento en la ola invernal de 2017, y sus habitantes no regresan a habitar la vivienda. Se evidencia pérdida de gran porcentaje de los materiales construidos por vandalismo.

#### *Registro 160 del inventario*

En el inventario de 2008 se identifica vivienda con vulnerabilidad alta, deterioro estructural general en todos los elementos y se evidencia desplazamiento de la estructura por inestabilidad en el terreno. Posteriormente, en 2014, se encuentra demolida producto de los eventos de deslizamiento de 2011, no se evalúa vulnerabilidad, y después, en 2018, se encuentra nuevamente construida pero no habitada al presentar de nuevo condiciones estructurales de deterioro severas.

*Fuente:* Elaboración propia.

Predominan las viviendas de uno o dos niveles, de diferentes dimensiones correlacionadas unas con otras y sin una integridad uniforme. Han sido edificadas con bahareque, madera y esterilla en elementos como muros y entrepisos; latas de zinc y tejas de fibrocemento para cubiertas, las cuales presentan soportes con materiales inadecuados o deteriorados y, en algunos pocos casos, se hace uso de la mampostería simple o no reforzada para efecto de muros claramente sin un sistema porticado. Se evidencian viviendas en voladizo, sostenidas por pilones y sin cimentaciones, únicamente superpuestas en el terreno.

La principal causa de las malas prácticas de construcción puede atribuirse a la carencia del conocimiento técnico y la baja capacidad económica para la adquisición de materiales de buena calidad por parte de sus habitantes, quienes construyen desde el imaginario y la supervivencia para la adquisición de una vivienda. En este proceso, no se tienen en cuenta los factores físicos del terreno, como las altas pendientes, la inestabilidad de los terrenos debido a los antecedentes de formación geológica y la incapacidad geotécnica de los suelos para soportar el peso de las viviendas. Además, los habitantes desconocen que las cargas de los elementos que componen una estructura deben tener una distribución uniforme para que sea estable, además de que no se pueden apilar pisos y elementos unos sobre otros sin ningún tipo de amarre.

A pesar de que en la comuna en las últimas décadas se han instalado nuevas redes de acueducto y colectores de alcantarillado, para el barrio Sierra Morena, por su pronunciada pendiente, aún no se cuenta con un sistema interconectado; por tal razón, la carencia de servicios de calidad genera dinámicas inadecuadas de disposición de aguas servidas, lluvias y de escorrentía, basura y escombros; adicionalmente, las ruinas de las viviendas demolidas propician procesos de inestabilidad y suelos más sensibles, haciendo que las viviendas posicionadas sobre estas laderas sean más propensas a las afectaciones por deslizamientos.

Las obras de estabilización circundantes a la zona de estudio, construidas aproximadamente desde la década del ochenta, han contribuido a una disminución de los procesos denudativos al reducir los niveles freáticos de los suelos y propiciar un adecuado descole de las aguas pluviales. Sin embargo, el cambio climático ha ocasionado

fuertes lluvias en periodos de tiempo muy cortos, donde los terrenos son sobresaturados hasta producirse fallas, y en algunos de los casos también han generado el deterioro de estas obras. Adicionalmente del mal uso que se les da por parte de los habitantes del sector, no se ha garantizado su sostenibilidad en la zona.

La afectación de las viviendas por procesos denudativos, incendios e inundaciones, de medianas o considerables proporciones, puede ocasionar que los valores bajos o medios de vulnerabilidad suban drásticamente al verse intervenidos los elementos estructurales expuestos. Se identificó un alto número de viviendas no habitadas específicamente por la exposición ante un riesgo estructural, ya que éste condiciona la vivienda por representar una situación de vulnerabilidad, amenaza y peligro para sus habitantes.

En términos de salubridad, las condiciones internas de las viviendas (ventilación, iluminación, humedades y servicios públicos deficientes) y su interacción con elementos externos (focos de malos olores, aguas estancadas, procesos de meteorización de los suelos), también reflejan factores de riesgo para la comunidad por la creación de vectores de enfermedades.

La vulnerabilidad de la mayoría de las viviendas de Sierra Morena se presenta como alta, por lo que la susceptibilidad o probabilidad de daño de las estructuras ante un evento amenazante también es mayor. Por consiguiente, de acuerdo con el resultado obtenido al analizar los horarios de permanencia de las personas en las viviendas, se puede concluir que, al presentarse un desastre de cualquier índole en horas de la tarde, la noche o un fin de semana, la probabilidad de afectar vidas humanas desde niños hasta adultos de la tercera edad —con relación a su horario de permanencia— es aún mayor, a que si por el contrario, se presentan eventos entre semana en horas de la mañana, cuando la población que permanece es mucho menor, reduciéndose a amas de casa, pensionados, adultos mayores, desempleados, etcétera.

La conjugación del mapa de amenaza por deslizamiento, donde se categoriza la zonificación de amenaza alta y muy alta, se correlaciona directamente con el mapa de vulnerabilidad física elaborado; los habitantes no sólo tienen presente la situación de riesgo estructural sino también la posible ocurrencia de un proceso denudativo

que podría afectar de forma severa la edificación, generando grandes pérdidas.

En cuanto a la reubicación urbana por afectaciones de desastres naturales, es notoria la precariedad de la administración municipal para atender oportunamente las situaciones posdesastre, puesto que se dan de forma tardía los procesos de reubicación y las personas afectadas permanecen en situación de riesgo por largos periodos de tiempo.

Las condiciones de riesgo identificadas en la caracterización de los elementos expuestos y propiamente en la zona de estudio no son constantes en el tiempo, por lo tanto, se requieren actualizaciones periódicas con el fin de tener vigente la información recolectada, ya que suceden cambios por la incidencia de factores naturales o urbanísticos.

Se recomienda la implementación de medidas de corrección a estructuras de estabilización de taludes ya existentes que presenten daños para reducir posibles factores de riesgo por infiltración de aguas no canalizadas. Todo esto con el fin de garantizar su funcionalidad en cuanto a la mitigación del riesgo por deslizamiento.

Teniendo en cuenta que la vulnerabilidad física de las personas y de las viviendas va directamente correlacionada con factores característicos de la amenaza como el tipo, la distribución, la intensidad del evento y la capacidad de respuesta y resiliencia de los habitantes, se hace un llamado a priorizar los procesos de estudios detallados de uso del suelo por parte de la administración municipal para determinar las alternativas de no intervención, acción directa o reasentamiento de las viviendas, puesto que, dentro del Plan de Ordenamiento de 2007, en el sector de Sierra Morena se consideraba todo el barrio para proceso de reubicación con aproximadamente 174 viviendas, y de mejoramiento del entorno hasta el final de la vía principal, sin olvidar la reubicación de aproximadamente 785 habitantes, según el inventario inicial.

Se considera de vital importancia la implementación del inventario de deslizamientos de la ciudad y específicamente de las zonas de alto riesgo dentro de un sistema de información geográfica para el buen manejo y procesamiento de la información, con el fin de mejorar la calidad y precisión de los datos y la actualización continua interinstitucional para la integración de múltiples variables como clima, hidrología, uso del suelo, en vísperas de la toma de buenas decisiones.



Las inspecciones de control urbano, como las de la Secretaría de Planeación Municipal y de otras dependencias, como la Unidad de Gestión del Riesgo, la Secretaría de Medio Ambiente y la Secretaría de Obras Públicas, deberían implementar estrategias encaminadas al control de los asentamientos humanos, haciendo recorridos permanentes para identificar de forma temprana los movimientos de tierra y las construcciones sin licencia que a diario se incrementan dentro de las dinámicas de la ciudad. Serían acciones en función de la prevención, la vigilancia y el control para minimizar los riesgos potenciales que estas dos actividades representan.

El análisis de los riesgos existentes, la caracterización de los elementos expuestos y la identificación de la vulnerabilidad física de las viviendas en una zona de amenaza alta por deslizamiento, como se realizó en esta investigación, debería ejecutarse en todas las zonas de alto riesgo de la ciudad, ya que hasta el momento no se ha aplicado, y se considera como un aporte significativo hacia el camino de una gestión correctiva del riesgo, con el objetivo de conocer y dar manejo a los factores que generan los diferentes tipos de riesgos y reducirlos en lo posible para evitar que se conviertan en un desastre a futuro, o estar preparados para responder a las circunstancias de un desastre en caso de que se presentara. Según lo anterior, si no se tienen las estrategias de prevención adecuadas, en caso de ocurrir un desastre la sociedad se verá obligada a redefinir las prioridades para la asignación de recursos, y consecuentemente afectará el plan de desarrollo al considerar que la ciudad no garantiza las condiciones de sostenibilidad.

## Bibliografía

- Banco Mundial. (2014). *Guía metodológica. Asentamientos para el inventario de zonas de alto riesgo*. Banco Mundial: Bogotá, Colombia. <https://drive.google.com/file/d/1qvK6NAua89fwnB59zF7fNOZvTIS-XeJN/view>.
- Bocco, G. (2019). Vulnerabilidad, adaptación y resiliencia sociales frente al riesgo ambiental. Teorías subyacentes. *Investigaciones Geográficas*, 100, 1-16. <http://www.investigacionesgeograficas.unam.mx/index.php/rig/article/view/60024>



- Cardona, O. D. (2001). *La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo: una crítica y una revisión necesaria para la gestión*. Ponencia presentada en Work-Conference on Vulnerability and Disaster, Theory and Practice. Wageningen, Holanda. [http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr\\_may-08-2003.pdf](http://www.desenredando.org/public/articulos/2003/rmhcvr/rmhcvr_may-08-2003.pdf)
- Centro de Información Estadística de Manizales. (2019). *Archivo Ar-Gis*. <http://cie-sigalcmzl.opendata.arcgis.com/>
- Chardon, A. C. (2002). *Un enfoque geográfico de la vulnerabilidad en zonas urbanas expuestas a amenazas naturales. El ejemplo andino de Manizales, Colombia*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2011). Sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo. En DNP, *Plan Nacional de 2010-2014. Prosperidad para todos*. Bogotá, Colombia. <https://www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/PND-2010-2014>
- García Ubaque, C. A., Valbuena Porras, S. G. y Granados Soler, M. A. (2017). Metodología para el monitoreo estructural y patológico de viviendas afectadas por deslizamientos. *Tecnura*, 21(52), 79-87. <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/12024/12741>
- Gartner, J. D. (2000). *Relaciones lluvias – deslizamientos y zonificación geotécnica en la comuna dos de la ciudad de Manizales* (Tesis de especialización, Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia). <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7037>
- ONU-Hábitat. (2012). *Estado de las ciudades de América latina y el Caribe 2012. Rumbo a una nueva transición urbana*. Brasil: CEPAL, Banco de Desarrollo de América Latina. <https://unhabitat.org/sites/default/files/download-manager-files/Estado%20de%20las%20Ciudades%20de%20Am%C3%A9rica.pdf>
- ONU-Hábitat. (2018). *Vivienda: inviable para la mayoría*. Ciudad de México. <https://onuhabitat.org.mx/index.php/vivienda-invia-ble-para-la-mayoria>
- OSSO. (2013). *Impacto de los desastres en América Latina y el Caribe, 1990-2011. Tendencias y estadísticas para 16 países*. Bo-

- gotá, Colombia: UNISDR / Corporación OSSO. [https://www.unisdr.org/files/35334\\_impactodelosdesastresenlasamericas1.pdf?DesInventar](https://www.unisdr.org/files/35334_impactodelosdesastresenlasamericas1.pdf?DesInventar)
- POT. (Plan de Ordenamiento Territorial). (2007). *Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Manizales, 2015-2027*. Colombia: Alcaldía de Manizales. <https://www.manizales.gov.co/RecursosAlcaldia/201507281633551561.pdf>
- Sandoval-Díaz, J. (2020). Vulnerabilidad-resiliencia ante el proceso de riesgo-desastre: un análisis desde la ecología política. *Revista Latinoamericana Polis*, 19(56), 138-154. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/polis/v19n56/0718-6568-polis-19-56-214.pdf>
- Suárez, D. C. (2011). La adaptación al cambio climático, más que nuevos retos, oportunidades para mejorar la gestión integral del riesgo y la gestión ambiental. *Boletín Ambiental*, 97, 1-11. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/54240/boletin97.pdf?sequence=>

## Acerca de las autoras

**Carolina González Orozco** es maestra en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible por la Universidad de Manizales, e ingeniera civil por la Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales. Sus líneas de investigación en geotecnia giran en torno a las relaciones entre lluvia y movimientos en masa; actualmente trabaja sobre el inventario de movimientos en masa recientes en Manizales y sus alrededores, y sobre el análisis estadístico de lluvias con fines geotécnicos. Es coordinadora del proyecto “Inventario de viviendas en zonas de alto riesgo por deslizamiento para el municipio de Manizales”, adscrito al Programa Guardianas de la Ladera, en la Fundación Fesco. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2452-8937>

**Gloria Yaneth Flórez Yepes** es doctora en Desarrollo Sostenible y maestra en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, ambos por la Universidad de Manizales; es Administradora Ambiental y de Recursos Naturales por la Universidad Santo Tomás. Sus líneas de investigación se vinculan con el desarrollo sostenible, la conservación de ecosistemas

y el manejo integrado del medio ambiente. Es investigadora asociada de Minciencias Colombia y docente investigadora del Centro de Investigación de Medio Ambiente y Desarrollo de la Universidad de Manizales. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4185-0178>

Entre sus publicaciones se encuentran:

Flórez Yepes, G. Y. y Betancur-Pérez, J. F. (2019). State of conservation index for high Andean wetlands. *Journal for Nature Conservation*, 49, 45-53. <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201900213439>

Flórez Yepes, G. Y., Betancur Pérez, J. F., Monterroso-Tobar, M. y Londoño Bonilla, J. M. (2018). Temporary wetland evolution in the upper Chinchiná river basin and its relationship with ecosystem dynamics. *Revista DYNA*, 85(207), 351-359. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/496/49658894044/html/index.html>

Recepción: 12 de noviembre de 2019.

Aceptación: 25 de febrero de 2021.