

Investigaciones en Gestión del Riesgo de Desastres para Colombia

Enfoque Comunitario, Territorial y Animal

2025

Comisión Nacional Asesora para la Investigación en
Gestión del Riesgo de Desastres

Editores



UNGRD
Unidad Nacional para la Gestión
del Riesgo de Desastres

Gustavo Petro Urrego | Presidente de la República

Carlos Alberto Carrillo Arenas | Director General Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)

Rafael Enrique Cruz Rodríguez | Subdirector General

Michael Oyuela Vargas | Secretario General

Ana Milena Prada Uribe | Subdirectora para el Conocimiento del Riesgo

Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres (CNAIGRD)
| Editores

- **Ana Milena Prada Uribe**, Subdirectora para el Conocimiento del Riesgo, UNGRD
- **Alfonso Mariano Ramos Cañon**, Universidad Nacional de Colombia, Pontificia Universidad Javeriana, Representante Universidades Privadas ASCUN
- **Carlos Arturo Garcia Ocampo**, Universidad del Quindío, representante Universidades Públicas ASCUN
- **Juan Leonardo Moreno Rincón**, Dirección General Marítima (DIMAR)
- **Julio César León**, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
- **Leonor Aydé Rodríguez Rojas**, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)
- **Nathalia Contreras**, Servicio Geológico Colombiano (SGC)
- **Paula Judith Rojas Higuera**, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias)
- **Omar Joaquín Agudelo**, Centro de Estudios en Medicina de Urgencias (CEMU), Universidad Nacional de Colombia
- **William Oswaldo Gaviria Gutierrez**, Universidad de Manizales, Red de universitarios de América Latina y el Caribe para la gestión y la reducción de riesgos de emergencias y desastres (REDULAC/RRD Cap. Colombia)
- **Wilsón Ramírez**, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
- **Zoraida Piedrahita Calle**, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente)

Coordinación editorial | Mauricio Romero Torres

Portada. Macro pixel art con Gemini IA. Diseño Mauricio Romero.

Proceso de arbitraje | Revisión por pares doble ciega para cada capítulo

Proceso editorial | [Guía básica de procesos editoriales, 2018, Editorial UNAL](#); [APA 5a ed](#); [SSF-CSE Manual 9a ed](#).

ISBN obra digital: 978-958-5509-45-0

Versión digital: <https://scr-ungrd.github.io/investigaciones-grd-2025>

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17642668>

Copyright: © Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, Diciembre de 2025. Bogotá, Colombia

Todos los derechos reservados. Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como Atribución. NoComercial-SinDerivadas 2.5 Colombia Distribución gratuita – versión digital



Citación sugerida:

Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres (CNAIGRD). 2025. *Investigaciones en Gestión del Riesgo de Desastres para Colombia. Enfoque Comunitario, Territorial y Animal*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Bogotá, Colombia. <https://doi.org/10.5281/zenodo.17642668>

Investigaciones en Gestión del Riesgo de Desastres para Colombia. Enfoque Comunitario, Territorial y Animal. Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres. Bogotá: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2025.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17642668> ISBN obra digital: 978-958-5509-45-0

1. Apropiación Social del Conocimiento—eventos hidrometeorológicos extremos 2. Enfoque etnodiferencial—Justicia 3. Cartografía participativa —comunidades locales 4. Resiliencia comunitaria—riesgo tecnológico 5. Riesgo volcánico—animales de producción |

Presentación

Bienvenidos al tercer libro sobre Investigaciones en Gestión del Riesgo de Desastres para Colombia. Este libro reúne trabajos recientes que exploran el riesgo de desastres desde una perspectiva integral reconociendo la interconexión entre comunidades, paisaje y animales y múltiples enfoques incorporando las realidades culturales, territoriales y ecológicas de nuestro país.

Por primera vez este libro se diseña como un recurso abierto y accesible para todos. La versión digital está disponible libremente con el fin de fomentar la difusión del conocimiento, la colaboración y la replicabilidad de la ciencia.

A lo largo del libro, los lectores encontrarán no solo análisis teóricos, sino diversos temas que reflejan nuestro compromiso con una gestión del riesgo de desastres que abarque metodologías participativas (como la cartografía), estudios multitemporales de resiliencia, y estudios de caso centrados en animales de producción frente a amenazas volcánicas. Cada capítulo se editó para aportar tanto al conocimiento académico, como para la acción comunitaria y gubernamental.

Agradecemos por difundir el libro para que crezca como un espacio de reflexión y acción para la gestión del riesgo de desastres en Colombia.

Ana Milena Prada Uribe, Subdirectora para el Conocimiento del Riesgo de Desastres

Prólogo

Colombia es un país con grandes contrastes. Ocupa el segundo lugar en biodiversidad, además de ser pluricultural y multiétnico evidente en sus numerosas etnias, lenguas y tradiciones, así como también por el origen de su población. Según cifras del DANE, el 10.6% de la población colombiana es afrodescendiente, el 3.4% indígena, el 0.01% gitana y el 85 % mestiza. Así mismo, Colombia también presenta contrastes en su topografía y fuentes hídricas; desde sistemas montañosos como la cordillera de los Andes, hasta extensas llanuras orientales, costas y valles interandinos.

Todo lo anterior se traduce en una gran riqueza biológica, cultural y paisajística, que hacen de Colombia un lugar atractivo para los actores que generan conocimiento científico y técnico, quienes valoran esta riqueza y sus complejas interacciones que también se reflejan en la ocurrencia de desastres. La particular ubicación geográfica del país le expone a amenazas hidroclimáticas y geológicas. Por ubicarse en el denominado “Cinturón de Fuego del Pacífico”, se expone a sismos y erupciones volcánicas; mientras que su fortaleza hídrica, que se manifiesta en sus dos océanos y la red hidrográfica que recorre todo el territorio, hacen que ocurran inundaciones, movimientos en masa y huracanes.

Este año 2025, recordamos que hace 40 años ocurrió la mayor catástrofe de la historia de Colombia, la tragedia de Armero, donde se perdieron miles de vidas humanas y la destrucción de todo el municipio. Este hecho motivó al país a reconocer las amenazas volcánicas y a mejorar la gestión de riesgos de desastres, cambiando la visión de Colombia sobre los riesgos. Desde entonces, se han tomado importantes decisiones en política pública como la creación del Sistema Nacional para la Prevención y Respuesta a Desastres, (hoy Sistema Nacional para la Gestión de Riesgos de Desastres, SNGRD), se fortalecieron los sistemas de monitoreo de volcanes, se involucraron las acciones de prevención en los planes de Ordenamiento Territorial, y se reforzaron los sistemas de alerta temprana que permiten difundir a la población información sobre peligros y amenazas a las que se exponen.

Teniendo en cuenta que “la gestión del riesgo no es un acto aislado, sino una construcción colectiva que define el futuro de nuestras comunidades”, el presente libro contiene investigaciones que destacan el rol de las comunidades en la gestión del riesgo de desastres fortaleciendo el enfoque integral, participativo y coordinado.

Las comunidades son quienes conocen con precisión su territorio sea rural o ciudadano; por lo tanto, pueden participar en la identificación de las amenazas a las que se exponen. También pueden identificar rutas de evacuación, capacitarse y realizar simulacros, tomar medidas de prevención, participar en la planificación y el desarrollo de planes que permitan reducir su exposición a amenazas y sus vulnerabilidades. Muchas intervenciones por años han trabajado en programas de formación y socialización a las comunidades, para hacerlas más resilientes y formar redes de apoyo que les permita estar preparadas para aportar en la gestión del riesgo de desastres, así como también conocer los equipos de monitoreo e identificar las alertas que estos suministran. Por lo que son las comunidades las que están llamadas a protegerse, participar en la gestión de riesgos de desastres, organizarse, prepararse y actuar en las diferentes actividades preventivas que se realicen.

Desde el Instituto Geográfico Agustín Codazzi invitamos a todos los actores del SNGRD a visitar y emplear los recursos del portal [Colombia en Mapas](#) como insumo para la gestión del riesgo de desastres. Creemos que las comunidades informadas hacen la diferencia para lograr un mejor conocimiento del riesgo, una reducción de sus vulnerabilidades y una respuesta efectiva ante los desastres. Invitamos a todos a consultar el presente libro y continuar divulgando este nuevo conocimiento con un enfoque centrado en las comunidades y en los animales.

Leonor Aydé Rodríguez Rojas, Instituto Geográfico Agustín Codazzi

Carlos Arturo García, Representante Universidades Públicas ASCUN

Tabla de Contenidos

1. Entre el Conocimiento y la Acción: Estrategias para la Gestión del Riesgo de Desastres y la Adaptación climática en el Valle de Aburrá	1
1. Introducción	1
1.1. Contexto del territorio, climatológico e hidrográfico	3
1.2. Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	1
1.3. Fortalecimiento ciudadano para la resiliencia en el territorio metropolitano	7
2. Estrategias Siata	8
2.1. Semilleros de ciudadanos científicos(SCC)	2
2.2. Sistemas de Alerta Temprana Comunitarios	1
3. Materiales y Métodos	12
3.1. Descripción del contexto de las comunidades	12
3.2. Categorías de análisis	13
4. Resultados	8
5. Conclusiones	22

2. Enfoque Etnodiferencial y Riesgo de Desastre en Colombia: Líneas de Fuga para una Digna Vida	27
1. Introducción	28
2. Metodología	30
3. Resultados	30
3.1. Participación comunitaria en la Gestión del Riesgo de Desastres	30
3.2. Conocimiento del riesgo y enfoque etnodiferencial	30
3.3. Reducción del riesgo y enfoque etnodiferencial	30
3.4. Manejo de desastres y enfoque etnodiferencial	30
4. Discusión y Conclusiones	36

3. Gestión del Riesgo de Desastres Comunitario a través de Cartografía Participativa y Tecnologías Abiertas en San Antonio del Prado, Colombia ... 44

1. Introducción	45
2. ¿A Qué Nos Referimos con Mapeo Abierto y Monitoreo Participativo Comunitario?	47
2.1. Objetivo del mapeo y monitoreo comunitario	47
2.2. Gobernanza abierta e inclusiva	50
3. Caso de Estudio: San Antonio, Tecnologías Abiertas y Drones	51
3.1. Metodología	45
3.2. Análisis y resultados	55
4. Conclusiones	59

4. Evaluación Multitemporal de la Resiliencia Comunitaria ante Eventos Tecnológicos en la Comuna 10 del Municipio de Dosquebradas 69

1. Introducción	70
2. Metodología	69
2.1. Municipio de Dosquebradas y contexto de la Comuna 10	69
2.2. Herramienta ARC-D para evaluación de resiliencia comunitaria	73
2.3. Componentes evaluativos del ARC-D	75
3. Recolección y Procesamiento de Datos de Percepción del Riesgo Comunitario	76
3.1. Reconocimiento de la Comuna 10 y sus líderes	76
3.2. Aplicación de la herramienta ARC-D en el grupo focal	69
3.3. Análisis de datos	77
3.4. Desarrollo de la aplicación de la herramienta ARC-D en el grupo focal	76
3.5. Caracterización del riesgo tecnológico y condiciones de la Comuna 10	80
3.6. Condiciones de resiliencias comunitaria ante desastres por riesgo tecnológico	80
4. Resultados	69
4.1. Evaluación de los componentes de resiliencia comunitaria ante desastres	76
4.2. Evaluación de resiliencia comunitaria - Año 2011	73
4.3. Evaluación de resiliencia comunitaria ante desastres Año 2011 en la Comuna 10	73
5. Discusión	69
6. Conclusiones	89

5. Gestión del Riesgo Volcánico con Animales de Producción	93
1. Introducción	93
2. Conocimiento del Riesgo Volcánico en Animales de Producción	94
2.1. Actividad volcánica	94
2.2. Enfoque conceptual de los medios de vida/subsistencia en entornos agropecuarios	95
2.3. Impacto sobre el sector de la producción animal	97
2.4. Cómo afecta la ceniza a los animales de producción	97
2.5. Efectos de la ceniza sobre los animales	95
3. Medidas de Gestión del Riesgo de Desastres	101
3.1. La importancia de contar con un sistema de gestión del riesgo de desastres	101
3.2. Efecto sobre las pasturas	103
3.3. Efectos en la silvicultura	105
3.4. Efectos en los cultivos herbáceos	106
4. Reducción del Riesgo Volcánico en Animales de Producción	106
4.1. Preparación humana frente a la preparación animal	106
5. Manejo de Desastres en Animales de Producción	107
6. Conclusiones	114
<hr/>	
<i>Índice Temático</i>	<i>120</i>

1. Entre el Conocimiento y la Acción: Estrategias para la Gestión del Riesgo de Desastres y la Adaptación climática en el Valle de Aburrá

Yazmín Cardona ¹, Adriana Carolina Herrera-López ¹, María Alejandra Parra-Góez ¹, Olga Ramírez ¹, Julián Sepúlveda ¹, Esneider Zapata ¹

¹Sistema de Alerta Temprana de Medellín y el Valle de Aburrá (SIATA), Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Cra. 48A # 10 Sur-123, Medellín, Colombia;

Resumen

El Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá (SIATA) es un proyecto estratégico para la gestión del riesgo de desastres de la autoridad ambiental Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Nace como un proyecto científico, social y educativo que ha crecido de manera exponencial a lo largo del tiempo. El SIATA fortalece el territorio como uno de los sistemas de alerta temprana más robustos del país, convirtiéndose en referente nacional por el conocimiento técnico, social y educativo que genera. En este capítulo analizamos el papel del proyecto SIATA frente a la apropiación social del conocimiento y el fortalecimiento ciudadano antes y después de la participación de dos comunidades en un proceso educativo y de acompañamiento. Aplicamos un enfoque cualitativo utilizando como método el estudio de caso. Recopilamos datos con diarios de campo y entrevistas semiestructuradas, que se analizaron en un sistema de categorías enmarcado en la hipótesis de la complejidad. Encontramos que los procesos educativos desarrollados desde el componente de apropiación social del conocimiento favorecieron el desarrollo de capacidades de la ciudadanía para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático. Destacamos que el conocimiento popular en convergencia con el conocimiento científico se convierte en elemento clave para construir saberes adaptados a las necesidades y realidades del territorio.

Palabras clave: resiliencia, Apropiación Social del Conocimiento, SIATA, fortalecimiento ciudadano, eventos hidrometeorológicos extremos.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17650160>

1. INTRODUCCIÓN

Los habitantes de Colombia enfrentan una creciente exposición a amenazas derivadas de la crisis climática, lo que hace imperativa la preparación y capacitación ciudadana para enfrentar y mitigar sus potenciales impactos adversos. Para que la gestión del riesgo de desastres (GRD) y la adaptación al cambio climático

(ACC) contribuyan de manera efectiva a la construcción de sociedades resilientes, es necesario articular el conocimiento científico con la apropiación social del conocimiento (ASC). Esta integración permite que la ciudadanía comprenda su territorio, identifique las amenazas que lo afectan y tome decisiones informadas y contextualizadas. En este contexto, el Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá (SIATA) se consolida como un proyecto estratégico liderado por la autoridad ambiental del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA). El SIATA articula ciencia, tecnología e innovación mediante el monitoreo continuo de variables ambientales, el desarrollo de investigación aplicada, y el fortalecimiento de procesos de ASC.

Este estudio de naturaleza cualitativa tiene como objetivo analizar el desarrollo de capacidades de dos comunidades del Valle de Aburrá antes y después de su participación en estrategias de ASC lideradas por el proyecto SIATA, tales como los Sistemas de Alerta Temprana Comunitaria y Semilleros de Ciudadanos Científicos.

Caja 1. Ciencia y desarrollo local al servicio de la ciudadanía

Durante más de 10 años, la experiencia del proyecto SIATA en el Valle de Aburrá ha permitido a la ciudadanía contar con una herramienta de monitoreo en tiempo real para comprender los fenómenos amenazantes a través de la investigación de las variables ambientales y del desarrollo de tecnologías adaptadas al territorio. SIATA brinda a la ciudadanía y los actores clave en la gestión del riesgo de desastres la capacidad de tomar decisiones oportunas ante la posible materialización de un evento. A su vez, la ASC es fundamental en el proyecto al fomentar la democratización de la ciencia y el empoderamiento ciudadano.



Figura 1: Radar Hidrometeorológico del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

1.1 Contexto del territorio, climatológico e hidrográfico

El Valle de Aburrá es una subregión de Antioquia ubicada en los Andes colombianos. Se caracteriza por ser un terreno montañoso con la presencia del río Aburrá-Medellín que recorre el territorio de sur a norte. Sus condiciones lo convierten en un lugar complejo con riesgos asociados a las condiciones hidrometeorológicas y geofísicas del territorio. Antioquia tiene un área de 63,612 km² y el Valle de Aburrá de 1,152 km². A partir de los datos del Censo Nacional del DANE de 2018 [1], las proyecciones del Departamento Nacional de Planeación de 2023 [2] indican que siete de cada diez personas que viven en Antioquia residen en el Valle de Aburrá, donde se concentra una población de aproximadamente 4.2 millones de personas. Este valle estrecho está cubierto por 812 km² de suelo rural, lo que equivale al 70%, y 340 km² de suelo urbano, correspondiente al 30% restante. El 95.4% de la población que habita este territorio vive en suelo urbano [2], lo que hace que las condiciones de vulnerabilidad de sus habitantes sean mayores dada la densidad poblacional.

Comprender la ocurrencia de eventos extremos (ver Caja 2) como amenazas para la población en el contexto de las ciencias atmosféricas es un reto por dos conjuntos de factores. Primero, por las características y localización del Valle de Aburrá como su compleja topografía, el crecimiento demográfico, y la acelerada expansión urbana no planificada. Segundo, los Andes colombianos imponen un conjunto de condiciones dinámicas originadas por la influencia en la meteorología y climatología del océano Pacífico, del océano Atlántico, del norte del país y de cuencas como el Orinoco y el Amazonas.

Estudiar la variabilidad climática y la ocurrencia de eventos extremos en regiones tropicales es de especial interés ante las incertidumbres relacionadas con los procesos físicos que caracterizan el territorio. En este sentido, el componente de monitoreo en tiempo real de SIATA emplea información histórica, modelación físico-matemática y herramientas de análisis de datos aportando al conocimiento de amenazas para la gestión del riesgo de desastres y la meteorología en la región metropolitana.

En el contexto climático de la región andina colombiana, donde se ubica el Valle de Aburrá, se presenta un régimen de precipitación bimodal con mayor acumulado medio de lluvia en marzo-abril-mayo (MAM) y otro en septiembre-octubre-noviembre (SON). También existe una fuerte influencia del fenómeno El Niño-Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés), que en su fase cálida o El Niño disminuye el régimen de precipitaciones y en su fase fría o La Niña lo aumenta.

El Valle de Aburrá cambia rápidamente de temporadas lluviosas a secas, lo que genera la necesidad de un monitoreo holístico de los eventos extremos de precipitación en sus colas probabilísticas según características asociadas a la intensidad, acumulado, duración, y la existencia de rachas de sequía. No obstante, el estudio de eventos de precipitación extremos requiere un análisis que va más allá de comprender las temporadas secas o lluviosas. En la Figura 2 se presenta el número de ocurrencias estandarizadas por cantidad de estaciones de eventos de precipitación extremos a lo largo de la historia de la red pluviométrica del AMVA desde 2012.

Caja 2: ¿Qué es un evento de precipitación extremo?

Evento meteorológico extremo: Se refiere a un evento que es inusual en un lugar y época del año determinados. Las definiciones de “inusual” pueden variar, pero normalmente se considera un evento meteorológico extremo aquel cuya ocurrencia es tan rara como, o más rara que, el percentil 10 o 90 de una función de densidad de probabilidad estimada a partir de observaciones. Por definición, las características de lo que se denomina meteorología extrema varían de un lugar a otro en un sentido absoluto [3].

La presencia de temporadas lluviosas intensificadas por La Niña influye en la magnitud de la precipitación acumulada. Por esto, el monitoreo en tiempo real debe enfocarse en la precipitación y en la frecuencia de eventos extremos como principal factor detonante de inundaciones, avenidas torrenciales, movimientos en masa, vientos extremos, y descargas eléctricas. En contraste, en la temporada seca se producen altas temperaturas en superficie y radiación incidente, lo cual trae consigo problemas a la salud humana, incendios forestales y problemas de abastecimiento de agua, especialmente en áreas vulnerables del Valle de Aburrá.

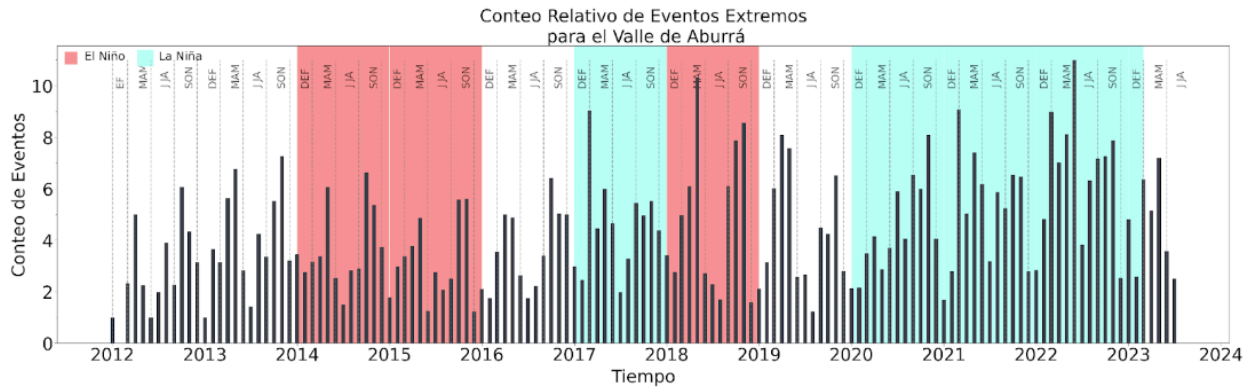


Figura 2: Ocurrencia de eventos extremos en la región estandarizada por el número de estaciones para el histórico de medición de la red pluviométrica de SIATA. El sombreado en color azul indica los períodos de La Niña, y sombreado en color rojo los períodos de El Niño. Sin sombreado, indica los años neutrales o normales. Es notable observar que en el Valle de Aburrá se presentan eventos extremos de precipitación sin importar la época del año o la fase del fenómeno ENSO (Niña o Niño), donde se observa su alta variabilidad espaciotemporal a lo largo del territorio.

Lo anterior considera dos fenómenos moduladores con influencia directa: el ciclo anual y el ENSO. Sin embargo, pueden existir otros procesos en diferentes escalas espacio-temporales que también generan impactos directos e indirectos en la dinámica atmosférica de la región. Además de la incertidumbre asociada a la variabilidad climática natural, se desconocen los efectos del cambio climático sobre el Valle de Aburrá y su región vecina. Estudios regionales sugieren una intensificación tanto en su magnitud como en la frecuencia de los eventos extremos de precipitación como efecto directo del cambio climático [4]. Según los datos históricos de SIATA se observa un aumento en las rachas de días secos consecutivos. Es decir, que existe un recrudescimiento de condiciones extremas tanto de precipitaciones intensas como de sequías.

Además de las características meteorológicas y climatológicas de la región, el comportamiento de las cuencas hidrográficas del Valle de Aburrá lo determinan principalmente propiedades físicas como la pendiente y el uso del suelo. El río Aburrá-Medellín es el principal afluente de la región y se ubica en la cordillera central de los Andes con altitudes que varían desde los 1,200 a 3,100 msnm. En su recorrido recibe aportes de cerca de 240 quebradas que componen la red hídrica de los nueve municipios y el Distrito Especial que conforman el Valle de Aburrá.

Las afectaciones asociadas a inundaciones, avenidas torrenciales, y movimientos en masa se asocian principalmente a cuencas de topografía compleja y con altos índices de ocupación urbana, a pesar de la alta heterogeneidad de las propiedades físicas de las cuencas. Los asentamientos no planificados se ubican en las cercanías de los cauces y en las llanuras de inundación de las quebradas, tanto en las zonas altas de las cuencas como en las cercanías al río Aburrá-Medellín, en donde los cambios abruptos de pendiente generan inundaciones frecuentes en las zonas más planas (Figura 3).

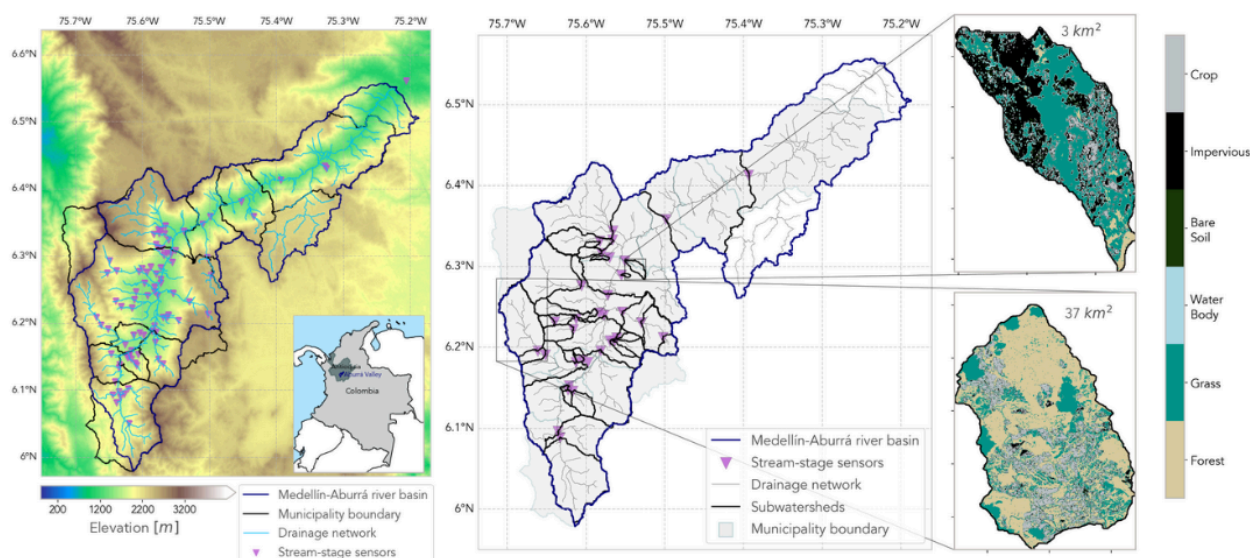


Figura 3: Monitoreo hidrometeorológico en la red de drenaje del Valle de Aburrá (izquierda), cuencas hidrográficas con diversidad de áreas, pendientes y coberturas que son objeto de estudio en la región (derecha).

La urbanización excesiva de las cuencas altera el ciclo hidrológico en aspectos como el aumento de la escorrentía superficial, ya que se pierde el papel de retención desarrollado por el suelo y la vegetación generada por las superficies impermeables. Lo anterior puede incrementar la escorrentía ocasionando inundaciones más peligrosas, erosión severa en la red de drenaje, disminución de la recarga de acuíferos y degradación de los ecosistemas acuáticos. Estas superficies impermeables también pueden transportar contaminantes depositados en áreas urbanas, muchos de estos provenientes de la atmósfera y precipitados en eventos de lluvia. Por su parte, las pendientes elevadas generan aumentos en la velocidad del flujo y, en consecuencia, mayor probabilidad de avenidas torrenciales, debido a la capacidad de arrastre que adquiere el agua en los cauces y calles cuando se presentan eventos de lluvia extremos.

Este conjunto de características particulares hace que la gestión del riesgo de desastres asociados a la ocurrencia de eventos de lluvia en la región sea un desafío debido al aumento en caudales y volumen de escorrentía, disminución del tiempo de respuesta en las cuencas (comportamiento súbito) y mayor susceptibilidad a la disminución de caudales en épocas de sequía.

Para el proyecto SIATA, el desafío es adaptar la ciencia y la tecnología a un territorio con características físicas complejas, potenciando capacidades en sus habitantes para que sean protagonistas de la gestión del riesgo de desastres. Lo anterior, se da a través de la consolidación de procesos sociales, educativos y divulgativos que se transforman en herramientas igual de valiosas al monitoreo y la modelación para crear comunidades resilientes y críticas frente al riesgo.

1.2 Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático

El proyecto SIATA cuenta con un componente de Apropiación Social del Conocimiento (ASC) que tiene cuatro líneas de acción: comunicación de la ciencia, gestión social, formación educativa y gestión del conocimiento. Este componente de ASC tiene el objetivo de llevar el conocimiento científico local a todas las comunidades del territorio, de democratizar la ciencia, y de poner al servicio de las personas los procesos investigativos, de monitoreo y modelación del proyecto.

Es importante comprender la conceptualización de la ASC y entender su origen en el ámbito de la comunicación pública de la ciencia (CPC). La ASC se concibe como un proceso social y cultural complejo que va

más allá de la divulgación y el marketing científico [5]. Se refiere a las diversas formas de participación de diferentes actores sociales en el diálogo, la cocreación y la coproducción de ciencia, tecnología e innovación (CTeI). Estos actores involucrados en los procesos de ASC incluyen a la ciudadanía organizada según las acciones que pueden llevar a cabo desde sus roles, y que les permiten establecer relaciones en función de los conocimientos que cada uno posee.

Desde la política nacional en Colombia, la ASC se desarrolla de diversas maneras dependiendo de cómo las personas y grupos sociales se integran, comparten conocimientos, aprenden y aplican lo aprendido, lo cual determina las capacidades para mejorar la calidad de vida y transformar la realidad mediante soluciones innovadoras [6].

Para el proyecto SIATA, conocer las diferentes definiciones de ASC ha permitido validar las metodologías implementadas. Para Marín [7], la ASC se concibe como un proceso en el que los conocimientos científicos y tecnológicos se ponen a disposición de la sociedad en un lenguaje común. Posteriormente, los conocimientos se hacen suyos (o propios) y se convierten en herramientas útiles y necesarias para su beneficio. Para SIATA es importante articular los conocimientos de las comunidades y los conocimientos científicos generados a través de la investigación y el desarrollo tecnológico para fortalecer las capacidades de los habitantes [8].

Para el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación [9], la ASC busca fomentar el uso, la inclusión y el diálogo de saberes en CTeI para democratizar la ciencia y construir una sociedad del conocimiento. En las últimas dos décadas en Colombia, la política científica ha implementado medidas para facilitar un intercambio de conocimientos más eficaz con las comunidades y que esto sea logrado mediante la introducción del concepto de ASC [10].

El proyecto SIATA evalúa la respuesta de la ciudadanía ante la ocurrencia de un evento de precipitación extrema, cuando conoce y comprende la información brindada a través de los procesos de ASC y las herramientas tecnológicas como el geoportal SIATA y la App SIATA, tomando decisiones oportunas para salvaguardar la vida, lo cual implica la definición de problemas, la recopilación de datos, la generación de alternativas y la selección de una ruta de acción [11]. No obstante, existen diversos factores que afectan dichas decisiones, estas son acertadas o no para resolver problemas y generar soluciones [11,12] dadas las complejidades de cada evento.

1.3 Fortalecimiento ciudadano para la resiliencia en el territorio metropolitano

En el contexto de la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático, el proyecto SIATA busca empoderar a los habitantes del territorio metropolitano para que participen activamente en el conocimiento, la prevención y la respuesta ante situaciones de riesgo. En esta visión, la resiliencia es clave. Según la UNDRR [13], es la capacidad de una comunidad expuesta a amenazas para resistir, adaptarse, transformarse y recuperarse eficazmente. El desarrollo de la resiliencia impulsa la toma de medidas anticipadas frente a eventos disruptivos [14].

Evaluar la comunicación, la preparación y la participación ciudadana permite identificar el papel del SIATA en procesos de ASC con públicos como comunidades vulnerables vinculadas a Sistemas de Alerta Temprana Comunitaria (SATC) y comunidades educativas. Según Rogayan et al. [15], incorporar la gestión del riesgo de desastres en programas educativos beneficia no solo a estudiantes, sino también a la comunidad al enfrentar amenazas. A su vez, las prácticas comunitarias enriquecen la labor académica. Difundir información es fundamental para generar conciencia y reducir los riesgos [15]. Así, una sociedad informada disminuye su vulnerabilidad y la probabilidad de desastres.

La comunicación es necesaria no solo para transmitir información, sino para construir proyectos colectivos, facilitar el acceso al conocimiento y desarrollar capacidades para la toma de decisiones. Es esencial en

los procesos de sensibilización y formación para reducir riesgos [16]. En SIATA, se desarrollan productos educomunicativos y procesos formativos que garantizan la comprensión ciudadana.

Dos aspectos esenciales en la comunicación del riesgo son la educación para la percepción del riesgo y la promoción de acciones para reducir vulnerabilidades [17]. Preparar a la población implica desarrollar capacidades para identificar amenazas, causas y consecuencias. Por ello, el trabajo con cada comunidad debe ser contextualizado [18].

En un entorno de creciente complejidad y frecuencia de desastres, la participación ciudadana es esencial para fortalecer la resiliencia. Esta va más allá de la recepción de alertas, implicando la cocreación y sostenibilidad de programas adaptados a las capacidades locales. Fortalecer habilidades se vuelve crucial en la reducción de la vulnerabilidad. López-García et al. [18] señalan que muchos SAT en Colombia enfrentan dificultades por la baja participación comunitaria, lo cual contraviene principios de la Ley 1523 de 2012 [19]. Para obtener resultados eficaces, es fundamental contar con SAT participativos [18], ya que las comunidades son quienes mejor conocen su entorno.

2. ESTRATEGIAS SIATA

En el proyecto SIATA, con enfoques pedagógicos y didácticos se desarrollan estrategias de ASC en cuatro líneas: comunicación de la ciencia, gestión social, formación de públicos, y gestión del conocimiento, que favorecen la enseñanza y el aprendizaje científico a partir del contexto local. A continuación, se describen dos de las estrategias, teniendo en cuenta los objetivos de la actual investigación.

2.1 Semilleros de ciudadanos científicos(SCC)

Es una estrategia para niños, niñas y jóvenes que promueve la investigación escolar sobre temáticas ambientales, la lectura del contexto y la experimentación científica, para que se conviertan en ciudadanos que buscan soluciones y toman acciones frente a las problemáticas ambientales locales como las de gestión del riesgo de desastres.

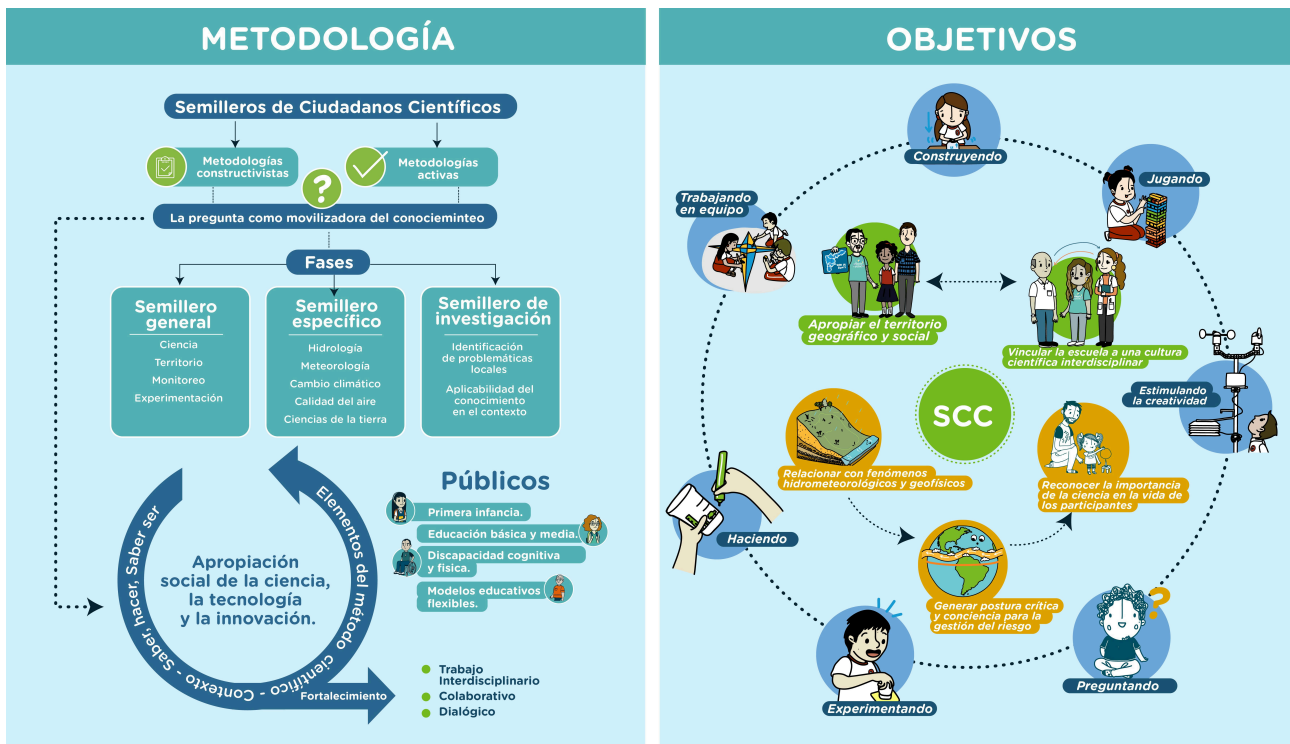


Figura 4: El panel izquierdo explica la metodología de la estrategia de Semilleros de Ciudadanos Científicos. El panel derecho corresponde a los objetivos de los Semilleros de Ciudadanos Científicos (SCC).

Después de concluir el proceso de formación, se realiza un acompañamiento para orientar la investigación y la forma de trabajo de los estudiantes y profesores en el semillero. Esta estrategia se desarrolla a partir de tres etapas: semillero general, semillero específico y semillero de investigación. Cada una promueve la participación activa de los estudiantes y profesores, el trabajo en equipo y la aplicación práctica de los conceptos aprendidos, contribuyendo así al desarrollo de habilidades clave en el ámbito de la GRD en el territorio metropolitano. En la Figura 4 se presenta un resumen de la metodología y los objetivos de los semilleros de ciudadanos científicos.

Caja 3: Así como semilleros de ciudadanos científicos, existen otras estrategias que se abordan desde la línea educativa del proyecto, estas son:

Red de Educadores Científicos (REC). Es una estrategia que busca articular el conocimiento científico local para la GRD en diferentes contextos del Valle de Aburrá, a partir de actores sociales interesados por la educación. Esta se encuentra conformada por educadores del contexto educativo formal e informal; participan profesores de educación básica, profesores universitarios, organismos de socorro y otros ciudadanos que ejercen prácticas educativas en diferentes contextos. Con esta comunidad se genera una interacción continua y un diálogo de saberes con el fin de fortalecer y mejorar los procesos de enseñanza y aprendizaje basados en la ciencia local.

SIATA para la Escuela. Es una estrategia de divulgación y apropiación social de la ciencia y la tecnología, con la que se busca ofrecer a la ciudadanía material educativo que le permita comprender fenómenos hidrometeorológicos, geofísicos y de calidad del aire, asociados a la GRD en el territorio metropolitano. Para ello, se desarrollan herramientas en formatos donde se encuentran experiencias, juegos, cuentos, piezas gráficas, experimentos y videos cortos desde un enfoque de ciencia local.



Figura 5: Formación de la Red de Educadores Científicos.

2.2 Sistemas de Alerta Temprana Comunitarios

Los Sistemas de Alerta Temprana Comunitarios (SATC), se definen como estrategias territoriales que reconocen al ciudadano como protagonista de la gestión del riesgo de desastres y permiten la participación activa de la comunidad [20]. Estos sistemas integran el conocimiento local con tecnología avanzada para ofrecer alertas precisas y oportunas a los residentes de las zonas catalogadas de alto riesgo por inundación y/o avenida torrencial.



Figura 6: Formación de comunidades del Sistema de Alerta Temprana Comunitaria.

Además, promueven la educación y la comprensión de los riesgos, empoderando a las comunidades para que estén preparadas y tomen medidas preventivas. Para este proceso, se aborda una metodología constructivista, basada en el contexto y el aprendizaje experiencial mediante un trabajo transdisciplinario, que permite generar procesos dialógicos, donde el conocimiento científico y comunitario se articulan para que los ciudadanos actúen como gestores del riesgo de desastres en su territorio. La estrategia comprende cuatro fases (Figura 6), en las que se desarrollan diversas actividades con el fin de dejar capacidades instaladas en las comunidades para responder de manera asertiva ante la posible ocurrencia de una emergencia.

Caja 4. Estrategia social y cifras del proyecto.

La estrategia social del proyecto comprende además de los SATC, otros públicos con quienes se realiza el proceso formativo en temas científicos y de articulación en aspectos relacionados con la GRD. Estos son:

- **Organismos de Socorro.** Incluye Defensa Civil, Bomberos y Cruz Roja.
- **Unidad Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres (UMGRD).** Son los funcionarios que hacen parte de los Consejos Municipales para la Gestión del Riesgo de Desastres.
- **Conexiones Territoriales.** Es una estrategia de divulgación para abordar los temas de GRD y monitoreo ambiental, dirigido a las comunidades y organizaciones que no cuentan con un SATC.

Cifras

- Desde el año 2015 hasta abril de 2024 se han creado 38 SATC con una participación directa aproximada de 400 personas (en su mayoría líderes comunitarios).
- Desde el año 2017 hasta abril de 2024 se han llevado a cabo 322 Semilleros de Ciudadanos Científicos con la participación de 6.851 niños, niñas y adolescentes.
- Desde el año 2021 hasta abril de 2024 han participado 299 docentes en la Red de educadores Científicos.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Para establecer cómo influyen las estrategias educativas en la gestión del riesgo de desastres en la apropiación social del conocimiento de los sistemas de alerta temprana comunitarios y las comunidades educativas, se analizaron dos casos: una comunidad SATC y una comunidad educativa del territorio metropolitano. El enfoque del estudio es de naturaleza cualitativa siguiendo a Patton [21], Hernández et al. [22] y Galeano [23], con un método de estudio de caso [24,25].

Los instrumentos utilizados para la recopilación de información fueron los diarios de campo registrados antes de iniciar el proceso, y la entrevista semiestructurada con una líder comunitaria y una profesora que residen y trabajan en las comunidades seleccionadas para la presente investigación. A través de estos instrumentos, se logró obtener una comprensión profunda de las experiencias y una identificación acerca de la percepción del conocimiento de las comunidades. Las perspectivas y conocimientos de estas personas son fundamentales para entender cómo la ciudadanía enfrenta y se adapta a los fenómenos ambientales, así como para identificar posibles estrategias de mitigación y preparación ante eventos hidrometeorológicos extremos. Esta investigación se desarrolló entre enero y abril de 2024; sin embargo, no solo se basa en los datos recopilados durante este periodo, sino también en años anteriores; específicamente desde el año 2017 hasta el 2024 para la comunidad SATC y los años 2023 y 2024 para la comunidad educativa. Este enfoque integral asegura una comprensión de la dinámica y su evolución.

3.1 Descripción del contexto de las comunidades

Para este capítulo, se analizaron dos casos: una comunidad SATC y una comunidad educativa del territorio metropolitano, que se codifican como Comunidad 1 (comunidad SATC) y Comunidad 2 (comunidad educativa). Frente a la primera, esta es una población que participa en procesos sociales y que está en riesgo por inundación o avenida torrencial, mientras que la comunidad 2 participa de los procesos educativos del SIATA y hace parte de una institución educativa. Ambas se ubican al norte del Valle de Aburrá y se encuentran expuestas a amenazas ambientales.

La Comunidad 1 se ubica en un sector de estrato socioeconómico tres, la mayoría de sus habitantes son personas entre los 18 y 25 años, con un grado de escolaridad de educación superior, se caracteriza por ser un barrio planificado que colinda con el río Aburrá-Medellín, además, cuenta con una veeduría ciudadana en respuesta a la inundación que afectó a la comunidad el 25 de noviembre del 2018. La solicitud para la creación de un SATC surge por parte del AMVA luego de este evento de emergencia que afectó a sus habitantes.

Con esta comunidad se realizó todo el proceso formativo mediante talleres de reconocimiento y socialización del proyecto SIATA, entre los cuales destacan actividades como imaginarios de la quebrada y su mapa, protocolo de emergencia, monitoreo, apropiación digital, simulación, simulacro, evaluación y cierre. El proceso formativo se llevó a cabo en la sede de la Junta de Acción Comunal (JAC) del barrio, los talleres se realizaron cada semana atendiendo la demanda de los habitantes, lo que resultó en un total de ocho sesiones.

Caja 5: Objetivos de encuentros de SATC

Reconocimiento y socialización SIATA: Dar a conocer que es un Sistema de Alerta Temprana Comunitaria SATC, funciones e importancia y generalidades del proyecto SIATA.

Imaginarios de la quebrada y mapa: Reconocer el significado que tiene la quebrada o río para la comunidad a partir de un ejercicio de memoria colectiva.

Monitoreo: Reconocer las variables meteorológicas como factores determinantes en la gestión del riesgo de desastres.

Protocolo de emergencia: Conocer los elementos necesarios para la construcción de un protocolo de respuesta frente a riesgo de inundación o avenida torrencial.

Apropiación digital: Brindar herramientas para la apropiación del uso de la aplicación y el geoportal.

Simulación: Realizar un ejercicio de simulación en el que se desarrolle un juego de roles en un ambiente controlado, denominado “ejercicio de escritorio” el cual se basa en una situación hipotética para el análisis de la estrategia de respuesta y protocolos específicos.

Simulacro: Realizar un ejercicio práctico que represente una situación de emergencia lo más cercana a la realidad, basados en el análisis del riesgo de la comunidad con el fin de poner a prueba la estrategia comunitaria de respuesta y sus protocolos.

Evaluación y cierre: Evaluar los conocimientos adquiridos durante el proceso de formación mediante una actividad lúdico-pedagógica.

La Comunidad 2 es una institución educativa urbana de carácter público, orientada a la formación de estudiantes desde el nivel preescolar hasta la educación media, además, cuenta con el ciclo complementario para la formación de profesores. Tiene aproximadamente 1.485 estudiantes con estratos socioeconómicos entre uno y tres, algunos de zona rural y municipios aledaños. En el año 2021, los estudiantes, profesores y directivos docentes, tuvieron que ser evacuados debido a un movimiento en masa que se presentó en la doble calzada de la vía principal que comunica a los municipios del norte del Valle de Aburrá, afectando el acceso al centro educativo, razón por la cual esta fue cerrada temporalmente.

Para continuar con el ciclo escolar, la Secretaría de Educación del municipio transfirió a la comunidad a otras sedes educativas para que pudiesen continuar con la presencialidad. Actualmente, la comunidad ha retornado al centro educativo después de efectuar obras de infraestructura que favorecieron el acceso. El proyecto SIATA tuvo la posibilidad de desarrollar un proceso educativo con el apoyo de una docente que acompañó los encuentros de SCC.

3.2 Categorías de análisis

Se definieron tres dimensiones con diferentes grados de complejidad, basadas y adaptadas a partir de los trabajos de Vázquez-Bernal [26], Vázquez-Bernal et al. [27–30] y Wamba [31], que sirvieron para determinar el nivel de desarrollo alcanzado. Dichas dimensiones se identifican como Técnica, la cual, puede limitar el desarrollo del conocimiento debido a obstáculos que influyen en la comprensión del riesgo; Práctica, que promueve una reflexión orientada a la resolución de problemas, ampliando la comprensión; y Crítica, que extiende el impacto de la educación más allá, permitiendo que el conocimiento se desarrolle y aplique al contexto social, siendo transformador, otorgándole un carácter emancipador. Estas dos últimas dimensiones permiten una retroalimentación dialógica. En la Tabla 1 se presenta el sistema de categorías.

Tabla 1: Sistema de categorías. Los códigos se componen de una letra inicial que indica cada dimensión (T para técnica, P para práctica y C para crítica), seguida de un par de letras que representan la categoría o subcategoría correspondiente.

Categoría	Subcategoría	Descriptor	Códigos
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático Comprensión de conceptos y fenómenos Hay desconocimiento de conceptos y fenómenos científicos y sociales que se asocian a la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático. TCC			
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Comprensión de conceptos y fenómenos	Se conocen algunos conceptos y fenómenos científicos y sociales asociados a la GRD y la adaptación al CC y los relacionan con conocimientos populares.	PCC
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Comprensión de conceptos y fenómenos	Comprenden con propiedad los conceptos y fenómenos científicos y sociales asociados a la GRD y la adaptación al CC, se hace uso del lenguaje técnico para referirse a estos. Además, comparten este conocimiento.	CCC
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Aplicación del conocimiento a las necesidades del contexto	La falta de conocimiento (en torno a los conceptos y fenómenos) impide aplicarlo a las necesidades y realidades de su contexto. Sumado a ello, la falta de reconocimiento del territorio dificulta aplicar saberes.	TAC
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Aplicación del conocimiento a las necesidades del contexto	La comprensión de los conceptos y fenómenos favorece su aplicación a las necesidades y realidades de su contexto.	PAC
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Aplicación del conocimiento a las necesidades del contexto	La comprensión y transformación del conocimiento, favorece su aplicación a las necesidades y realidades de su contexto. Esto a su vez, le permite al ciudadano replicarlo en su territorio, teniendo en cuenta que lo reconoce y comprende.	CAC
Fortalecimiento ciudadano	Comunicación, preparación y respuesta	Se presentan diferentes obstáculos que impiden una respuesta positiva con respecto al proceso. Percepción del riesgo seguro, otras prioridades. Desconocimiento del territorio	TCR
Fortalecimiento ciudadano	Comunicación, preparación y respuesta	Se identifica el proceso comunicativo y la preparación. Sin embargo, PCR aún existen respuestas diversas de la comunidad, como falta de interés en la formación o en las acciones que deben llevar a cabo.	PCR
Fortalecimiento ciudadano	Comunicación, preparación y respuesta	Se evidencia una comunicación eficaz, continua y clara, además de la preparación de la comunidad ante la respuesta; lo que permite desarrollar acciones enfocadas a la GRD, evidenciando logros significativos en la implementación y socialización de protocolos.	CCR
Fortalecimiento ciudadano	Participación ciudadana	No hay participación ciudadana en los procesos de GRD.	TPC
Fortalecimiento ciudadano	Participación ciudadana	La participación ciudadana en la GRD es intermitente; algunas personas muestran interés, pero la asistencia es irregular.	PPC
Fortalecimiento ciudadano	Participación ciudadana	Existe una participación ciudadana activa y sostenida en la GRD. Las comunidades no solo asisten, sino que también lideran iniciativas y promueven la gestión del riesgo en su entorno.	CPC

En la Tabla 2 se presentan los códigos y su significado. Finalmente, los datos registrados se analizan y codifican con el programa MAXQDA.

Tabla 2: Códigos de análisis.

Categoría	Subcategoría	Códi- gos	Significado
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Comprensión de conceptos y fenómenos	TCC	Técnico Comprensión de conceptos
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Comprensión de conceptos y fenómenos	PCC	Práctico Comprensión de conceptos
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Comprensión de conceptos y fenómenos	CCC	Crítico Comprensión de conceptos
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Aplicación del conocimiento a las necesidades del contexto	TAC	Técnico Aplicación del conocimiento
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Aplicación del conocimiento a las necesidades del contexto	PAC	Práctico Aplicación del conocimiento
Apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático	Aplicación del conocimiento a las necesidades del contexto	CAC	Crítico Aplicación del conocimiento
Fortalecimiento ciudadano	Comunicación, preparación y respuesta	TCR	Técnico comunicación y respuesta
Fortalecimiento ciudadano	Comunicación, preparación y respuesta	PCR	Práctico comunicación y respuesta
Fortalecimiento ciudadano	Comunicación, preparación y respuesta	CCR	Crítico comunicación y respuesta
Fortalecimiento ciudadano	Participación Ciudadana	TPC	Técnico participación ciudadana
Fortalecimiento ciudadano	Participación Ciudadana	PPR	Práctico participación ciudadana
Fortalecimiento ciudadano	Participación Ciudadana	CPR	Crítico participación ciudadana

4. RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del estudio, donde se describen los hallazgos antes y después del proceso formativo del proyecto SIATA. En la Tabla 3, Tabla 4, Tabla 5, Tabla 6 se muestra la información a partir del diario de campo de acuerdo con el sistema de categorías.

Tabla 3: Categoría 1. Apropiación social del conocimiento para la GRD y la adaptación al cambio climático. Subcategoría 1.1: Comprensión de conceptos y fenómenos.

Comunidad 1 (Diario campo)	Comunidad 2 (Diario de campo)
<p>La Comunidad 1 se situó entre las dimensiones Técnica y Práctica, según los registros del diario de campo, la comunidad no contaba con conocimientos sobre la GRD y la adaptación al cambio climático. Se señala: “La comunidad se encontraba desprovista de preparación debido a la falta de experiencia previa en enfrentar situaciones de riesgo como la inundación que los afectó de manera específica”. Adicionalmente: “Los temas relacionados con la gestión de riesgos no se habían abordado de manera anticipada ni preventiva en el pasado”. En este sentido, la comunidad se vio obligada a prepararse debido al evento de emergencia: “La comunidad se enfrentó a la necesidad de partir desde cero en la preparación y concientización sobre cómo enfrentar y mitigar estos riesgos”.</p> <p>De acuerdo con los registros, la comunidad mostró interés por aprender sobre la GRD y tener la capacidad de responder de manera adecuada ante las emergencias, especialmente las relacionadas con la inundación del río Aburrá-Medellín: “Eran participativos, formulaban numerosas preguntas y compartían conocimientos entre todos los miembros del grupo”.</p>	<p>La comunidad 2 se ubicó entre la dimensión Técnica y Práctica. De acuerdo con los registros del diario, había falta de conocimiento por parte de la comunidad para responder al evento: “...la comunidad educativa no estaba preparada para enfrentar de manera segura y eficaz algún riesgo”, “nunca se contempló”.</p> <p>Después de lo ocurrido y con el apoyo de la profesora, los estudiantes empezaron a reconocer algunos términos y conceptos relacionados con la GRD, esto parece que fue posible debido a que la docente ya venía formándose con SIATA y desarrolló estrategias educativas en las que articulaba los temas al currículo.</p> <p>Según la información del diario, la comunidad educativa tenía un proceso de gestión de riesgos exigido por ley; sin embargo, no estaban preparados para enfrentar un movimiento en masa, dejando claro que si bien las entidades cumplen algunos requisitos, esto no implica que las comunidades estén preparadas para una emergencia, lo que hace necesario que los procesos se fortalezcan.</p>

Tabla 4: Subcategoría 1.2. Aplicación del conocimiento a las necesidades del contexto.

Comunidad 1 (Diario campo)	Comunidad 2 (Diario de campo)
<p>La Comunidad 1 enfrentaba limitaciones para aplicar conocimientos a sus necesidades debido a su escaso entendimiento sobre la GRD y la baja percepción del riesgo en su entorno (dimensión Técnica). Según los registros del diario de campo: “No tenían conocimiento sobre el riesgo más inminente que enfrentaban en su territorio: el río Aburrá”. Esta falta de saberes dificultaba su aplicación a situaciones cotidianas. Aunque la mayoría de la comunidad tenía un nivel educativo entre medio y alto, no contaban con suficientes conocimientos sobre la GRD ni la amenaza local, pero sí aplicaban otros saberes a sus realidades (dimensión Práctica). Según la información: “Esta comunidad se destacaba por su activismo y propuestas diversas. Tenían un conocimiento general del Valle de Aburrá, incluyendo la distribución administrativa y geopolítica del área metropolitana”.</p>	<p>La comunidad 2 se ubicó en la dimensión Técnica. De acuerdo con los registros, después del evento la comunidad no tenía las herramientas para enfrentar la situación y la emergencia generó diversas dificultades, de acuerdo con los datos: “Este fenómeno natural provocó la reubicación de los estudiantes a otros colegios del municipio y de manera indirecta la comunidad educativa entendió qué pasó y por qué sucedió”, “Aunque tenían algún programa medianamente establecido para darle cumplimiento a la gestión de riesgos de desastres en su institución, habían dejado de lado el movimiento en masa”, esto sugiere que no estaban preparados y debían buscar estrategias para ello.</p>

Tabla 5: Categoría 2: Fortalecimiento ciudadano. Subcategoría 2.1. Comunicación, preparación y respuesta.

Comunidad 1 (Diario campo)	Comunidad 2 (Diario de campo)
<p>La comunidad 1 evidencia una baja preparación a los temas asociados a la GRD (dimensión Técnica y Práctica), debido a que no conocían el riesgo en su territorio, de acuerdo con los registros: “la comunidad no generaba procesos de respuesta previo al evento porque no conocían el riesgo asociado a su territorio”. Un aspecto interesante identificado en el diario tuvo que ver con el hecho de que la comunidad no tenía acceso al río Aburrá-Medellín, pues el barrio estaba aislado de este a través de un muro, al no tener una visual directa, se invisibilizaba la amenaza. “La comunidad argumentó que la poca visibilidad hacia el río resultó en una sorpresa para muchos cuando ocurrió la emergencia, ya que desconocían el riesgo que se ocultaba tras los muros”.</p>	<p>En esta categoría la comunidad 2 se ubicó entre la dimensión Técnica y Práctica. De acuerdo con los datos del diario de campo, antes de la participación del SIATA y la ocurrencia del evento no existía una estrategia efectiva frente a la GRD: “Antes de la llegada del SIATA y de su contingencia por el movimiento en masa en la institución no se generaban procesos de comunicación relacionados a la gestión del riesgo de desastres”.</p>
	<p>La preparación después del evento parece haber sido medianamente eficiente, pues algunas entidades empezaron a capacitar a la comunidad educativa en temas relacionados con la GRD.</p>
	<p>La presencia del proyecto SIATA coincide con la llegada de la profesora a la institución educativa. En los primeros encuentros se pudo identificar que hacía falta desarrollar estrategias con los estudiantes en las que no solo pudiesen conocer el fenómeno, sino pensar en apuestas para empoderar a la comunidad educativa en torno a la amenaza por movimientos en masa.</p>

Tabla 6: Subcategoría 2.2. Participación Ciudadana.

Comunidad 1 (Diario campo)	Comunidad 2 (Diario de campo)
<p>La participación ciudadana en este sector era alta incluso antes de la presencia del proyecto SIATA; según los registros: “es una comunidad activa en temas políticos, sociales y ambientales”. Sin embargo, debido a su baja percepción del riesgo, no se centraban en generar procesos de conocimiento y prevención para esta amenaza. Tras la emergencia, se observó un proceso fortalecido orientado a reducir el riesgo, donde la gobernanza jugó un papel clave, estableciendo espacios entre la comunidad y la administración. A pesar de esto, la mayoría de la comunidad consideraba que las medidas de adaptación debían ser a través de obras estructurales: “Al principio, cuando se invitó a cada habitante del barrio, la respuesta fue negativa porque no estaban interesados en participar en capacitaciones, sino que esperaban respuestas estructurales como el levantamiento del muro”, “cuando el SIATA llegó para ofrecer capacitaciones, la respuesta de los habitantes fue negativa, argumentando que no necesitaban capacitación, sino acciones concretas”.</p>	<p>Para esta subcategoría la comunidad 2 se ubicó en la dimensión Técnica. De acuerdo con el registro del diario de campo: “La comunidad educativa no tenía ningún tipo de injerencia o manera de involucrarse en las decisiones comunitarias”. Se señala, además, falta de interés en temas de GRD, que podría estar asociada a la ubicación de la institución, pese a estar catalogada como un centro educativo urbano, se encuentra alejado de la cabecera municipal. La información del diario de campo también informa que no se realizaban procesos relacionados con la educación para la GRD: “No existían procesos relacionados a la apropiación social de la ciencia ni la adaptación al Cambio climático antes del SIATA”.</p>

Una vez implementadas las estrategias de ASC y después de un periodo de acompañamiento en ambas comunidades, se realizó una entrevista a las líderes que acompañan esta apuesta. En la Tabla 7, Tabla 4, Tabla 9, y Tabla 10 se presentan los resultados.

Tabla 7: Categoría 1: Apropiación social del conocimiento para la GRD y la adaptación al cambio climático.

Comunidad 1 (Entrevista)	Comunidad 2 (Entrevista)
<p>Se observó un cambio significativo en la comunidad 1 (dimensión Práctica y Crítica). La líder comunitaria destacó que la comunidad ahora maneja herramientas como sensores de nivel y cámaras y tiene conocimientos técnicos sobre la GRD; sabe qué hacer ante una inundación. Un aspecto importante que mencionó fue el uso de herramientas tanto tecnológicas como naturales para comprender el comportamiento del río: "Uno se apoya mucho de las herramientas que tiene; los sensores de nivel, la cámara, pero también el conocimiento natural, el olor del río, el color, que uno de pronto de manera más rápida puede detectar, que uno dice, bueno, está lloviendo aguas arriba, entonces el olor del río está diciendo que está viniendo una creciente, creo que ese es el conocimiento más importante, que no tengo que estar siempre pegada a la tecnología, si no que esas características que aprendimos de cómo se va comportando el medio ambiente, ya uno sabe que se tiene que prevenir".</p>	<p>La comunidad 2 se ubicó en la dimensión Práctica. Luego de la emergencia, cambió la sensibilidad frente al tema de la GRD y se reconoció la importancia de ir más allá del cumplimiento de una serie de actividades propuestas en el proyecto de gestión del riesgo escolar. A partir del proceso de ASC con el proyecto SIATA, se pudo evidenciar mayor compromiso con relación al tema, de tal manera que fueran efectivos y contaran con la participación de todas las personas involucradas.</p>
<p>La metodología del proyecto, que combina el conocimiento científico con el saber popular, también fue valorada, ya que permite que todos los miembros de la comunidad, sin importar su edad o nivel educativo, puedan participar: "lo bueno es que ustedes (SIATA) tienen un programa diseñado o una forma de capacitar que desde un niño, hasta el adulto más adulto lo puede entender".</p>	<p>La profesora resalta la importancia de que tanto profesores como estudiantes comprendan los conceptos y los fenómenos físicos asociados a la amenaza, además, expresa la necesidad de familiarizarse con asuntos científicos que parecen muy alejados para los estudiantes, pero que finalmente, hacen parte de su día a día: "De repente uno pensaba que estos temas eran para meteorólogos o especialistas. Cuando los llevaron a la institución, les dieron capacitación, uno dice que es fácil de aprender. Y cuando es fácil de aprender, es fácil de manejar y aplicar, entonces creo que es muy positivo".</p>
<p>Es importante señalar que, aunque la comunidad tiene una alta rotación de habitantes, las personas que permanecen son capaces de transmitir los conocimientos adquiridos. La líder expresó: "...se ha logrado hacer el empalme y contarles el proceso dado que las personas tienen que estar enteradas sobre los fenómenos que suceden ahí en el sector".</p>	<p>Con el conocimiento adquirido empezaron a reconocer y a identificar fenómenos naturales, lo cual hizo que cambiara la percepción del riesgo, esto se refleja también en lo expresado por la docente: "estamos convencidos de que el fenómeno del cambio climático está haciendo estragos allá arriba en las montañas también", "ser consciente de si el suelo se ha movido, si la placa se ha hundido, si el árbol se ha torcido", "Creo que el semillero de investigación ha demostrado esa capacidad de respuesta cuando se dedica a controlar y monitorear esas grietas que hay en la entrada de la institución".</p>

Tabla 8: Subcategoría 1.2. Aplicación del conocimiento a las necesidades del contexto.

Comunidad 1 (Entrevista)	Comunidad 2 (Entrevista)
<p>Después del proceso formativo, la comunidad permanece actualizada sobre temas de GRD y conecta los conceptos adquiridos con su saber empírico, lo que les permite tomar decisiones acertadas ante eventos hidrometeorológicos extremos en el valle (dimensión Crítica). Los espacios de construcción colectiva fortalecieron las capacidades de la comunidad y de la líder. La líder destacó: "...el tema de explicarles a las personas que es lo que se debe de hacer, porqué lo estamos haciendo, porqué se hace la solicitud de que se encienda la alarma para que todos estén pendientes".</p>	<p>La comunidad 2 se ubicó en la dimensión Crítica. La docente resalta el proceso educativo del proyecto SIATA y cómo este le proporcionó a ella y a sus estudiantes herramientas de trabajo para la GRD, así como reconocer la importancia del territorio: "Lo mejor es que se basa en las necesidades y el contexto, en este caso, la institución educativa", "Si uno conoce el territorio puede reconocer las maneras como estos se pueden provocar" (se refiere a los movimientos en masa). Asimismo, la docente pudo generar estrategias para que la comunidad educativa entendiera la importancia de los procesos de educación en la GRD: "Creo que las estrategias de monitoreo y adaptación son las que más te ayudan en este sistema de gestión de riesgos", "... tenerlos claros (se refiere al comportamiento de los movimientos en masa), que aunque no lo podemos evitar si hay unas estrategias para que, por ejemplo, nos demos cuenta antes de que suceda".</p>
<p>El conocimiento adquirido también se convirtió en una herramienta valiosa para enfrentar emergencias por otras amenazas, sin importar el contexto. Esto refleja la capacidad instalada tanto a nivel colectivo como individual. La líder compartió una experiencia en la que aplicó lo aprendido: "...donde uno llega, uno ya está más pendiente de lo que puede suceder, de lo que no, hacer un reconocimiento del territorio y eso, el conocimiento es fundamental, no solamente para los eventos de inundación, me ha tocado también incendios forestales... entonces una ya sabe que es lo que tiene que hacer, como es el procedimiento del deber hacer en ese momento y no es como actuar desde el temor".</p>	

Tabla 9: Categoría 2: Fortalecimiento ciudadano. Subcategoría 2.1. Comunicación, preparación y respuesta.

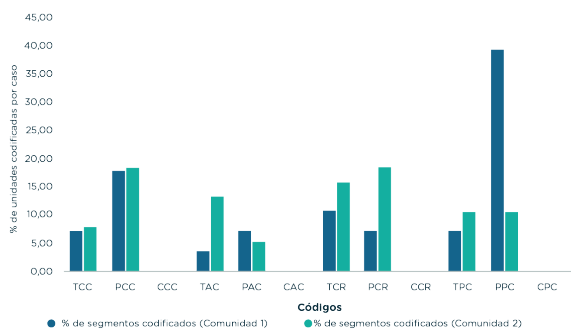
Comunidad 1 (Entrevista)	Comunidad 2 (Entrevista)
<p>Tras el proceso formativo, la comunidad 1 mostró un cambio significativo (dimensión Crítica). La líder destacó la importancia de los talleres para fomentar la organización comunitaria y valoró la profesionalidad del equipo del proyecto.</p>	<p>La comunidad 2 se posicionó en la dimensión Crítica, debido a su manejo de herramientas para la GRD. La docente señala: "...los experimentos, las experiencias, la información que el sitio web maneja y las herramientas, son muy importantes porque puedes ir al sitio web y encontrar ayuda". Este enfoque facilitó la comprensión y aplicación de estrategias de adaptación y monitoreo, como afirmó la docente: "creo que las estrategias de mitigación, detección temprana, es decir, monitoreo y adaptación son las que más te ayudan en este sistema de gestión de riesgos".</p>
<p>La comunidad utiliza la Junta de Acción Comunal y grupos de WhatsApp para divulgar tanto los talleres como las eventualidades, informando a los nuevos integrantes del proceso: "A través de la junta de acción comunal, seguimos incentivando, a través de los grupos de difusión de WhatsApp... siempre estamos ahí y siempre llegan personas nuevas".</p>	<p>Además, se implementaron estrategias de comunicación y preparación, lo que permitió a los estudiantes participar en el monitoreo ambiental, promoviendo la apropiación social del conocimiento: "cada alumno trae la foto y dice, mira, medí, y eso se ve". El semillero de investigación permitió que los estudiantes comprendieran los fenómenos ambientales y las estrategias de adaptación, lo que mejoró su capacidad de respuesta ante eventos de riesgo, como se refleja en las palabras de la docente: "...la capacidad de respuesta se muestra en los alumnos".</p>
<p>Tras el proceso formativo, la comunidad empezó a reconocer los riesgos, a utilizar los instrumentos instalados para monitorear precipitaciones y tomar acciones oportunas: "sí, ya cualquier persona de verdad se empodera, no es solamente el líder como tal, sino cualquier persona de la comunidad".</p>	<p>Estas acciones sugieren que el proyecto ha favorecido el papel de los estudiantes como gestores del riesgo, capaces de replicar la información aprendida y compartirla con la comunidad.</p>
<p>Finalmente, la comunidad activó de manera efectiva la cadena de llamadas y la alarma sonora. La líder comentó: "cuando se activa la alarma, anteriormente las personas se molestaban, se incomodaban, ya hoy en día es la consciencia de que saben de que vamos a tener una emergencia". También resaltó: "ya cuando se invita a la gente a una reunión, ya no dicen: ay no, no queremos ir, no, ya van, ya saben que es una capacitación, que es algo nuevo, que se les va a formar"</p>	

Tabla 10: Subcategoría 2.2. Participación Ciudadana.

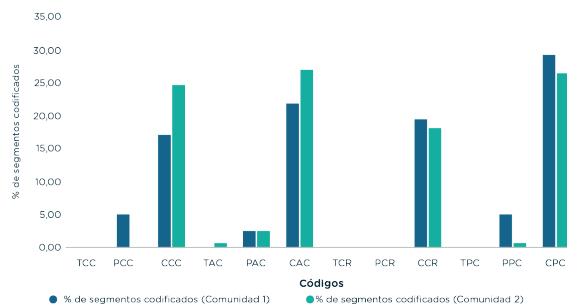
Comunidad 1 (Entrevista)	Comunidad 2 (Entrevista)
<p>Según la líder comunitaria, la participación ciudadana en la comunidad 1 se ha fortalecido tras el proceso formativo con el proyecto SIATA, posicionándose en la dimensión crítica. La comunidad, aunque ya activa en temas de participación ciudadana, ahora se involucra más en la gestión del riesgo de desastres. La líder destacó: "...cuando ya recibimos la capacitación, es como el querer contar a la comunidad, el empoderarnos, el liderar, el estar pendientes". Además, mencionó que la comunidad ha buscado apoyo y soluciones trabajando con la administración municipal: "...nos hemos sentado incluso a trabajar con la administración municipal, con entes gubernamentales para hacer solicitudes de que estén pendientes de nosotros".</p>	<p>La comunidad 2 se posicionó en la dimensión crítica después de su participación en los talleres, al parecer, estos promovieron la participación activa en la GRD. Según la docente: "...hay una primera capacidad de respuesta, de adquirir conocimientos, para luego socializar con la comunidad." Estos talleres motivaron a los estudiantes a involucrarse y continuar capacitándose: "...ya tenían un entendimiento inicial sobre algunos conceptos relacionados al proyecto." Además, impulsaron la participación de nuevos miembros de la comunidad educativa: "...los niños nuevos quieren ser parte del semillero."</p>
<p>La comunidad también ha demostrado capacidad para tomar decisiones ante emergencias, anticipándose con las alertas para evacuar en caso de inundación. La líder expresó que ahora los miembros de la comunidad no solo dependen del líder de la cadena de llamadas, sino que también toman la vocería: "...ya no solo esperan que sea el líder de la cadena de llamadas, sino, que la persona toma la vocería para decir: ey nos vamos a inundar...". Además, realizan monitoreos y actividades de mantenimiento en el barrio.</p>	<p>La docente destacó su compromiso con el proceso participativo: "...cada que hay un espacio del SIATA estoy atenta a participar."</p> <p>Este interés en la participación refleja el éxito de las estrategias educativas implementadas y la importancia de seguir fomentando el aprendizaje colectivo en GRD: "Es bueno que algunos estudiantes quieran continuar."</p>
	<p>La docente también subrayó su compromiso y el de la institución en la GRD: "He dedicado tiempo, mi tiempo particular, a capacitarme con el SIATA", "Creo que es tanto el interés por aprender y abrir las puertas a ese proyecto, que la responsabilidad se señala en todos lados". Lo anterior sugiere la idea de que la responsabilidad sobre la GRD y la adaptación al cambio climático debe ser asumida de forma colectiva.</p>

En la Figura 7 se observa que antes del proceso de formación ambas comunidades se ubicaron entre las dimensiones Técnica y Práctica en temas de conocimiento, aplicación de conocimiento, comunicación, preparación y respuesta, y participación ciudadana. Esto sugeriría la necesidad de favorecer espacios de fortalecimiento en torno a la GRD. Después del proceso de formación, en ambos casos se evidencian cambios importantes que posicionan a las comunidades en la dimensión crítica, lo que permite inferir la influencia de los procesos de formación del proyecto SIATA.

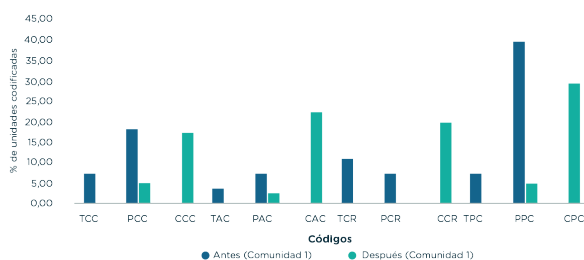
Porcentaje de segmentos codificados antes del proceso de formación a partir del diario de campo



Porcentaje de segmentos codificados después del proceso de formación a partir de la entrevista



Comparación de los segmentos codificados antes y después del proceso de formación para la comunidad 1



Comparación de los segmentos codificados antes y después del proceso de formación para la comunidad 2

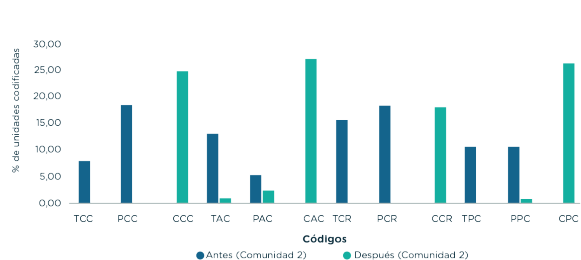


Figura 7: En la parte superior se presenta el porcentaje de los segmentos codificados para los diarios de campo (panel superior izquierdo) y las entrevistas (panel superior derecho), donde se contrasta el porcentaje de codificaciones entre las comunidades estudiadas. Asimismo, se muestra en la parte inferior la comparación de las unidades codificadas antes y después del proceso de formación, tanto para la comunidad 1 (panel inferior izquierdo) como para la comunidad 2 (panel inferior derecho).

5. CONCLUSIONES

La experiencia del proyecto SIATA destaca la apropiación social del conocimiento para la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático como herramienta para fortalecer la resiliencia de los habitantes del Valle de Aburrá. Este enfoque involucra a la comunidad en la comprensión activa de su entorno y en la adopción de herramientas prácticas para abordar sus desafíos ambientales. Las metodologías aplicadas en las estrategias de ASC fueron efectivas para integrar conocimientos científicos y populares, garantizando la inclusión de múltiples actores de la comunidad, independientemente de su nivel educativo o edad. Asimismo, permitió el empoderamiento de la comunidad y que los participantes directos e indirectos se convirtieran en agentes activos en la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático.

La comprensión de conceptos y fenómenos en gestión del riesgo de desastres y cambio climático fortalece la resiliencia comunitaria. Inicialmente, las comunidades mostraban un bajo nivel de conocimiento, lo que afectó su preparación ante eventos extremos. Con la llegada de SIATA, esta dinámica cambió: la ciudadanía empezó a integrar herramientas del proyecto, mejorando su comprensión del territorio y su capacidad de respuesta.

Para la aplicación del conocimiento a las necesidades del contexto, es claro que la falta de saberes frente a un tema puede generar dificultades para aplicar soluciones adecuadas a situaciones cotidianas, especialmente en contextos donde la gestión del riesgo de desastres y la adaptación al cambio climático son vitales. Participar en los procesos de ASC del proyecto SIATA ha favorecido la capacidad instalada de las comunidades, esto

sugiere una mejora en la comprensión de los riesgos ambientales y la adopción de medidas preventivas y adaptativas.

La comunicación, la preparación y la respuesta ante riesgos son elementos fundamentales para construir comunidades resilientes. Las comunidades no solo reciben capacitaciones, sino que también se apropian del conocimiento adquirido y lo replican, fortaleciendo así su capacidad para enfrentar desafíos ambientales — este rol activo en la difusión del conocimiento es clave. Además, la articulación con entidades externas se presenta como un factor importante que permite acceder a recursos y saberes adicionales y establecer redes de apoyo que potencian la respuesta comunitaria.

En el contexto de la gobernanza en la gestión del riesgo de desastres, la participación ciudadana ha sido fundamental. Las comunidades mostraron interés en formarse, reflejando su compromiso con los riesgos ambientales y climáticos. Su participación en las actividades educativas no solo fortaleció sus conocimientos, sino que también permitió adaptarlos a sus realidades locales. Aunque ya tenían una actitud participativa, el acompañamiento del proyecto potenció sus capacidades, aumentó la percepción del riesgo y promovió nuevos espacios de preparación comunitaria.

Puntos Clave

1. Los procesos de ASC no son solo metodologías y actividades pensadas desde las instituciones. Estas deben ser validadas y puestas a prueba a través de la investigación social, para buscar siempre cómo mejorar y tener herramientas cada vez más valiosas para crear nuevas metodologías.
2. Los procesos de ASC deben partir o generar siempre interés en los participantes, estas acciones no pueden realizarse sin que las comunidades deseen participar, ya sea porque se dan cuenta de la importancia de estos temas o porque su percepción del riesgo cambia ante una emergencia.
3. La comprensión del territorio es clave para la ASC y el fortalecimiento ciudadano. Es crucial diseñar estrategias de acuerdo con las particularidades y necesidades de cada entorno para lograr una apropiación efectiva.

Recomendaciones para tomar decisiones

1. Este trabajo es una de las primeras investigaciones que abordan procesos educativos y sociales que desarrolla el proyecto SIATA. Se requieren estudios con otras comunidades que hacen parte de los procesos de ASC e investigar ámbitos que extiendan los resultados del proyecto en la resiliencia de los habitantes de la región metropolitana.
2. Ambas comunidades se analizaron a partir de las declaraciones de personas que fueron claves en los procesos de formación del proyecto. Valdría la pena ampliar el estudio incluyendo otros instrumentos de recopilación de datos que permitan triangular la información.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Área Metropolitana del Valle de Aburrá por el apoyo institucional y financiero al proyecto SIATA. Expresamos nuestro agradecimiento especial a las comunidades que participaron en este estudio por su disposición, tiempo y valiosos aportes. Este trabajo no hubiera sido posible sin el compromiso de los líderes comunitarios y docentes que facilitan los procesos de apropiación social del conocimiento en el territorio metropolitano.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no declaran conflicto de intereses.

USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Durante la preparación de este capítulo, los autores utilizaron ChatGPT versión 3.5 (<https://chatgpt.com/>) para mejorar la redacción y corrección del estilo científico. Los revisores expresan que no utilizaron herramientas de IA en el proceso de evaluación del manuscrito.

IDENTIFICACIÓN DE AUTORES

- Yazmín Cardona: <https://orcid.org/0000-0002-9864-0254>
- Adriana Carolina Herrera-López: <https://orcid.org/0000-0002-3898-862X>
- María Alejandra Parra-Góez: <https://orcid.org/0009-0008-4449-1370>
- Olga Ramírez: <https://orcid.org/0000-0001-6627-7422>
- Julián Sepúlveda: <https://orcid.org/0000-0001-9802-5027>
- Esneider Zapata: <https://orcid.org/0000-0003-3040-1158>

DECLARACIÓN DE AUTORÍA CRediT

Conceptualización: Y. Cardona, A.C. Herrera-López, O. Ramírez. **Metodología:** Y. Cardona, M.A. Parra-Góez. **Investigación:** Y. Cardona, A.C. Herrera-López, M.A. Parra-Góez. **Recursos:** J. Sepúlveda, E. Zapata. **Curación de datos:** Y. Cardona, M.A. Parra-Góez. **Redacción - borrador original:** Y. Cardona, A.C. Herrera-López, M.A. Parra-Góez. **Redacción - revisión y edición:** Y. Cardona, A.C. Herrera-López, O. Ramírez, J. Sepúlveda, E. Zapata. **Visualización:** M.A. Parra-Góez. **Supervisión:** O. Ramírez, J. Sepúlveda, E. Zapata. **Administración del proyecto:** J. Sepúlveda, E. Zapata. **Adquisición de fondos:** J. Sepúlveda, E. Zapata.

BIBLIOGRAFÍA

1. DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística) (2019). Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018, Valle de Aburrá. <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/190822-CNPV-presentacion-Antioquia-Valle-de-Aburra.pdf>
2. DNP (Departamento Nacional de Planeación) (2023). Fichar DER subregiones. Juntos por el territorio. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/Portal%20Territorial/NuevosMandatos/VALLEDEABURRA.pdf>
3. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2012). Glossary of terms. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation: A Special Report of Working Groups I and II*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139177245.014>

4. Uran Zea, J., & Hoyos, C. D. (2015). *Cambios en los valores extremos de variables climáticas en Colombia asociados a cambio climático*.
5. Daza-Caicedo, S., Barbosa-Gómez, L., Arboleda-Castrillón, T., & Lozano Borda, M. (2020). Stories in the history of science communication. *Communicating Science: A Global Perspective*. ANU Press.
6. Minciencias (2020). *Apropiación Social del Conocimiento Ciencia, Tecnología e Innovación de los ciudadanos para los ciudadanos*. Documento de Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación N.º 2005.
7. Marín Agudelo, S. A. (2012). Apropiación social del conocimiento: Una nueva dimensión de los archivos. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 35(1), 55-62 <https://doi.org/10.17533/udea.rib.13337>
8. Franco-Avellaneda, M. (2016). Transferencia e intercambio: cuando el río suena... Reflexiones para pensar el rumbo de la política de apropiación del conocimiento en Colombia. *TRILOGÍA. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 8(15), 69-79 <https://revistas.itm.edu.co/index.php/trilogia/article/view/1185>
9. Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (2021). Política pública de apropiación social del conocimiento en el marco de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/politica_publica_de_apropiacion_social_del_conocimiento.pdf
10. Ramos-García, C., Rodríguez Roa, A. A., Rojas Gutiérrez, M., Falla Morales, S., & Rocha Tamayo, A. M. (2024). Apropiación social de conocimiento para la gestión del riesgo de desastres: Aprendizajes de una experiencia con comunidades de Cundinamarca, Colombia. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 8(1), 234-253 <https://doi.org/10.55467/reder.v8i1.153>
11. Hellriegel, D., Slocum, J., & Woodman, R. (1999). *Comportamiento organizacional*. International Thomson Editores.
12. Bell, R. L., & Lederman, N. G. (2003). Understanding of the nature of science and decision-making on science and technology-based issues. *Science Education*, 87(3), 352-377 <https://doi.org/10.1002/sce.10063>
13. UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) (2017). Preserving heritage boosts disaster resilience. <http://www.unisdr.org/archive/53456>
14. Garnett, J. (2021). Academic libraries – changing the approach: resilience building against disruptive events and the contribution to disaster risk reduction frameworks. *New Review of Academic Librarianship*, 27(1), 113-129 <https://doi.org/10.1080/13614533.2019.1703767>
15. Rogayan, D. V., & Dollete, L. F. (2020). Disaster awareness and preparedness of Barrio Community in Zambales, Philippines: Creating a baseline for curricular integration and extension program. *Review of International Geographical Education (RIGEO)*, 10(2), 92-114 <https://doi.org/10.33403/rigeo.634564>
16. Vega Cuza, I. (2021). *Sistemas de alerta temprana comunitarios inclusivos: Guía de recomendaciones para su diseño e implementación*.
17. Lugones Muro, M., & Badía Valdés, A. T. (2019). La comunicación para el fortalecimiento de los sistemas de alerta temprana. *Alcance*, 8(21), 24-29 <https://revistas.uh.cu/alcance/article/view/5382>
18. López-García, J. D., Carvajal-Escobar, Y., & Enciso-Arango, A. M. (2017). Sistemas de alerta temprana con enfoque participativo: un desafío para la gestión del riesgo en Colombia. *Revista Luna Azul*, 44, 231-246 <https://doi.org/10.17151/luaz.2017.44.14>
19. Congreso de la República de Colombia (2012). Ley 1523 de 2012: Por la cual se adopta la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones.
20. Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) (2019). Sistema de Alerta Temprana Comunitario (SATC). <https://www.metropol.gov.co/ambiental/siata/Paginas/SATC.aspx>

21. Patton, M. Q. (1980). *Qualitative evaluation methods*. Sage Publications.
22. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Education.
23. Galeano, M. U. (2004). *Diseño de proyectos en investigación cualitativa*. Fondo Editorial Universidad de Eafit.
24. Saldaña Contreras, Y., Gaona Tamez, L. L., & Jacobo Martínez, D. G. (2015). El estudio de caso como método de investigación y su contribución al campo de la empresa familiar. *Revista Inceptum*, 10(18), 51-73 <https://doi.org/10.33110/inceptum.v10i18.211>
25. Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de caso*. Morata.
26. Vázquez-Bernal, B. (2005). *La interacción entre la reflexión y la práctica en el desarrollo profesional de profesores de Ciencias Experimentales de Enseñanza Secundaria: estudio de casos*.
27. Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R., & Mellado, V. (2007). El desarrollo profesional del profesorado de ciencias como integración, reflexión y práctica: La hipótesis de la complejidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(3), 372-393
28. Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R., & Mellado, V. (2007). La reflexión en profesoras de ciencias experimentales de enseñanza secundaria. Estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 73-90
29. Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R., & Mellado, V. (2010). Los obstáculos para el desarrollo profesional de una profesora de enseñanza secundaria en ciencias experimentales. Estudio de casos. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(3), 417-432
30. Vázquez-Bernal, B., Mellado, V., Jiménez-Pérez, R., & Taboada, M. C. (2012). The process of change in a science teacher's professional development: A case study based on the types of problems in the classroom. *Science Education*, 96(2), 337-363 <https://doi.org/10.1002/sce.20473>
31. Wamba, A. M. (2001). *Modelos didácticos personales y obstáculos para el desarrollo profesional: estudio de caso con profesores de Ciencias Experimentales en Educación Secundaria*.

2. Enfoque Etnodiferencial y Riesgo de Desastre en Colombia: Líneas de Fuga para una Digna Vida

William Oswaldo Gaviria-Gutiérrez¹, Lina Andrea Zambrano-Hernández¹

¹Observatorio Psicosocial para la Gestión del Riesgo de Desastres, Facultad de Ciencias Sociales y Humanas, Programa de Psicología, Universidad de Manizales. Cra 9a 19-03, Manizales, Colombia;

Resumen

En Colombia, la gestión del riesgo de desastres ha reflejado la subalternización histórica de las voces comunitarias al percibir la diferencia cultural como un obstáculo en lugar de una potencialidad. Este reflejo es posible en tanto se ha sostenido un orden social que privilegia la homogenización por encima de las realidades situadas. Para reconfigurar esta práctica relacional, es prioritario reconocer la riqueza inherente a las comunidades. Dada la constante exposición del país a fenómenos naturales, un enfoque que trascienda la recopilación de datos es fundamental. Este estudio abordó las posibilidades de articulación del enfoque etnodiferencial en la Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) en Colombia. Para ello, se desarrolló una investigación de corte cualitativo que incluyó la realización de seis grupos focales y catorce entrevistas a profundidad con representantes comunitarios e institucionales. Estos instrumentos permitieron explorar la diversidad de perspectivas sobre el desastre y facilitaron el surgimiento de conocimientos arraigados en el diálogo y la interacción, visibilizando las voces históricamente silenciadas. El principal hallazgo implica reconocer que dismantelar la noción de subalternidad y adoptar una visión diversa no solo conduce a una reducción del sufrimiento, sino que también promueve la justicia, la dignidad y el reconocimiento de todas las voces. En conclusión, la investigación demostró que el enfoque etnodiferencial puede redefinir la GRD al centrarse en el diálogo y el respeto por la diversidad como elementos esenciales para transformar la relación entre las comunidades y las instituciones. Esta perspectiva tensiona los límites tradicionales de la gestión del riesgo, abriendo el camino hacia un proceso auténticamente humano. Se confirma que cada cultura y experiencia comunitaria aporta un valor único al panorama general, lo que permite una comprensión integral y una respuesta eficaz a los desastres.

Palabras clave: subalternización, gestión del riesgo de desastres, etnodiferencial, diversidad, justicia.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17673252>

1. INTRODUCCIÓN

El desastre es una ruptura de la cotidianidad. En un territorio específico, las interacciones socioambientales que se han venido configurando se fracturan, lo que genera un profundo sufrimiento para el cuerpo subjetivo, político y territorial. Evitar este dolor representa un acto de justicia con la digna vida, en tanto aquel padecimiento es evitable. Así, en clave de promoción de la digna vida y evitación de sufrimientos emerge la gestión del riesgo de desastres (GRD), concebida como un proceso social orientado a la transformación de las relaciones entre los seres humanos y la naturaleza [1].

Ahora bien, aun cuando su horizonte es loable, la GRD se ha visto inmersa en una tensión discursiva desde hace varios años. Por un lado, encontramos el enfoque que comprende el desastre desde una perspectiva fiscalista, que privilegia el estudio de las amenazas por encima de cualquier otro factor [2]. Por otro lado, existen los planteamientos construccionistas, que interpretan el riesgo y el desastre como fenómenos emergentes de la compleja red de interacciones humanas [3], [4].

Esta tensión no es menor, en tanto el ángulo de colocación-acción que soportan determinará los procesos que han de llevarse a cabo. Al elegir una visión fiscalista, se podría desatender el diálogo sobre el desarrollo social, aunque se logren avances significativos en la comprensión de los procesos naturales subyacentes. En contraste, optar por un enfoque construccionista puede llevar a una menor atención a los procesos físicos, pero proporciona un marco más rico para entender cuestiones de desigualdad social, exclusión, segregación, vulnerabilidad y desarrollo de capacidades.

Esta divergencia en los enfoques resalta la complejidad inherente al riesgo y al desastre, que son fenómenos multifacéticos y no lineales. Indistintamente del enfoque que se elija, no puede perderse de vista el horizonte de digna vida tanto para los seres humanos como para aquellos que no. La GRD implica un marco de enunciación ético-político en defensa de la vida. Este contexto invita al reconocimiento de sus múltiples tramas y a la necesidad de diálogos interdisciplinarios para abordar el problema de manera integral [5], [6].

Sin embargo, el desarrollo de un diálogo significativo es posible solo cuando todos los participantes tienen igual relevancia en el discurso. Lamentablemente, esta igualdad no siempre se logra, como lo señaló Spivak al afirmar: “el subalterno no es un sujeto que ocupa una posición discursiva desde la que puede hablar o responder [...] es el espacio en blanco entre las palabras; el hecho de que se le silencie no significa que no exista” [7].

La noción de subalterno subraya el reconocimiento de grupos sociales que históricamente han sido silenciados e ignorados, pero que, como lo ha demostrado la investigación, son los más afectados por los desastres. Mujeres, comunidades diversas sexual y funcionalmente, afrodescendientes, indígenas, personas con bajos ingresos económicos y quienes tienen un acceso limitado a servicios públicos [8] constituyen estos intersticios discursivos, ausentes en la polifonía de la GRD.

A partir de esta premisa, la GRD no puede considerarse un proceso social si se soporta en exclusiones, segregaciones o silenciamientos, lo cual ha sido naturalizado en las expresiones cotidianas: “el trabajo con comunidades es difícil, es que las comunidades son problemáticas, es necesario desarrollar conocimiento para las comunidades.” De plano, este tipo de configuraciones discursivas parte de la negación epistémica de otro que se expresa de forma diferente a la habitual, convoca un silenciamiento y una verticalización del poder, en tanto el acercamiento comunitario parte de la desconfianza y desdén. Por esta razón, referirse a un enfoque etnodiferencial en la GRD es un llamado de atención ante la práctica persistente de silenciar voces.

Caja 1. Avances en Colombia hacia una GRD participativa, inclusiva y diversa

En Colombia, se ha intentado avanzar hacia una GRD participativa, inclusiva y diversa. Dos instrumentos jurídico-políticos de relevancia lo demuestran. El primero es la Ley 1523 de 2012, mediante la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres [9]. En su artículo 3ro, se definen los principios generales de la GRD. Entre estos principios, destacan dos que son relevantes para nuestro análisis.

Principio participativo. Es deber de las autoridades y entidades del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, reconocer, facilitar y promover la organización y participación de comunidades étnicas, asociaciones cívicas, comunitarias, vecinales, benéficas, de voluntariado y de utilidad común. Es deber de todas las personas hacer parte del proceso de gestión del riesgo en su comunidad.

Principio de diversidad cultural. En reconocimiento de los derechos económicos, sociales y culturales de las personas, los procesos de la gestión del riesgo deben ser respetuosos de las particularidades culturales de cada comunidad y aprovechar al máximo los recursos culturales de la misma.

Con base en estos principios, solo existe un camino viable para la GRD: uno que centre su acción en las realidades y voces de las comunidades. De acuerdo con Montero [10], “lo comunitario incluye el rol activo de la comunidad, su participación. Y no sólo como invitada, o como espectadora aceptada o receptora de beneficios, sino como agente activo con voz, voto y veto” (p. 31).

Desde esta perspectiva, el enfoque etnodiferencial en la GRD requiere el conocimiento y reconocimiento de la diversidad, no como una forma de clasificar comportamientos, sino como una apuesta por lo común, por el encuentro con el otro en contextos de incertidumbre y la aceptación de su humanidad [11], [12].

El segundo instrumento jurídico-político relevante es el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres “Una estrategia de Desarrollo” 2015-2025 [13]. En este plan, se establece como objetivo estratégico fortalecer la gobernanza, la educación y la comunicación social en la gestión del riesgo, con un enfoque diferencial, de género y de diversidad cultural. Al respecto, se señala:

El trabajo con comunidades será respetuoso del enfoque diferencial, considerando los valores culturales, religiosos y sociales, y no debe existir discriminación de ningún tipo en las acciones que el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo (SNGRD) impulse en el territorio nacional, especialmente en relación con edad, sexo, condición social, etnias y grupos minoritarios, población indígena y comunidades afrodescendientes, y personas en situación de discapacidad (pág. 31).

En este marco, el reconocimiento de las realidades y voces comunitarias, así como su participación dialógica, conlleva al fortalecimiento de la gobernanza, la educación y la comunicación social. El objetivo es favorecer la expresión de comunidades vivas y activas, capaces de gestionar su propio entorno, en consonancia con Rodríguez y Montenegro [14]:

La toma de decisiones es la manera en que la comunidad puede vivirse, la forma en que estamos con los otros u otras. He aquí, en el tratamiento de la diferencia y de la posibilidad del encuentro, donde reside el componente político y ético de lo que entendemos por comunidad (pág. 16).

Por lo tanto, la incorporación del enfoque etnodiferencial en la GRD convoca a explorar sus posibilidades de articulación —propósito de esta investigación—. Esta incorporación precisa ser vista como ejercicio ontológico dado que busca superar la subalternidad que históricamente ha caracterizado a muchas comunidades, permitiendo un reconocimiento de estas como agentes activos en la construcción de su propio mundo y como praxis transformadora en cuanto se orienta hacia la reducción de riesgos y desastres mediante el diálogo entre saberes, acciones y poderes.

2. METODOLOGÍA

La investigación adelantada fue de tipo cualitativa, estructurada mediante fases polifónicas. Esta noción hace referencia a estadios de diálogo que reúnen diversas voces, permitiendo que emerja un discurso generativo [15], [16] en clave de las categorías etnodiferencial y GRD, seguidas por la pregunta amplia: ¿Cuáles son las posibilidades de articulación del enfoque etnodiferencial a la GRD en Colombia? Estas fases se complementaron con un proceso de acuerdos narrativos [17], mediante el cual se armonizan los tonos discursivos y operativos en colaboración con las instancias responsables del proyecto. En consecuencia, las fases polifónicas se desarrollaron de la siguiente manera:

Fase polifónica I. Esta fase implicó la revisión de documentos sobre el enfoque etnodiferencial en la GRD en Latinoamérica, con énfasis en Colombia. Se exploraron Google Académico, Redalyc, Scielo, Ebsco, CEPAL, Dialnet, Tesis Doctorales en Red y UNESCO, utilizando palabras clave como “etnodiferencial”, “diversidad”, “desastres”, “riesgos”, “recuperación”, “rehabilitación” y “reconstrucción”, en el rango temporal 2016–2021. De 213 textos iniciales, se eliminaron duplicados y no relevantes, quedando 80; la saturación categorial redujo la unidad de trabajo a 50. Este proceso aseguró una base sólida para analizar el componente étnico en la GRD. La metodología de selección aplicada refleja un enfoque transparente, alineado con los estándares de revisión, facilitando futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en contextos étnicos diversos.

Fase polifónica II. En esta fase se desarrollaron narrativas generativas, donde las voces de miembros de comunidades e instituciones, sus experiencias cotidianas y sus formas de vida contribuyeron a la construcción de líneas de fuga para la incorporación del enfoque diferencial en la gestión del riesgo de desastres. Este proceso incluyó: 6 grupos focales en modalidad virtual (3 con instituciones y 3 con comunidades) y 14 entrevistas individuales en modalidad virtual (6 con representantes institucionales y 8 con representantes comunitarios).

La selección de participantes se basó en un muestreo a conveniencia [18] asegurando que fueran actores clave en el proceso. Se contó con la participación de representantes de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, Caldas, Tolima, Cauca, Bogotá D.C., Risaralda y La Guajira, así como miembros de la Mesa Nacional de Fortalecimiento Comunitario de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres - Presidencia de la República de Colombia.

Fase polifónica III. Consistió en el análisis y triangulación de la información obtenida en la Fase I y la Fase II, para esto se estructuró una matriz de doble entrada o matriz de consistencia cualitativa, siguiendo los planteamientos de Giesecke [19], en tanto esta herramienta permite organizar, relacionar y entender los datos obtenidos. Esto se complementó aplicando el criterio de saturación categorial, consistente en la no obtención de más información nueva luego de realizado el análisis [20].

3. RESULTADOS

Los resultados han de presentarse en virtud de cuatro acápite: (1) Participación comunitaria en la GRD, (2) Conocimiento del riesgo y enfoque etnodiferencial, (3) Reducción del riesgo y enfoque etnodiferencial, (4) Manejo de desastres y enfoque etnodiferencial.

3.1 Participación comunitaria en la Gestión del Riesgo de Desastres

La participación comunitaria en la GRD en Colombia se ha identificado como un elemento esencial para lograr una estrategia inclusiva y eficaz. Las voces recogidas en esta investigación destacaron los siguientes aspectos clave para entender esta participación:

Cosmovisión y cosmogonía. En Colombia, las comunidades negras, afrocolombianas, raizales, palenqueñas, gitana o Rrom e indígenas tienen distintas formas de comprender el mundo y su relación con el entorno. Estas cosmovisiones incluyen sistemas de deidades, prácticas socio-naturales y explicaciones sobre la interacción humana con la naturaleza. Además, las expresiones socioculturales derivadas de la colonización y el relacionamiento intercultural han dado lugar a culturas campesinas y urbanas. Es relevante que las instancias de coordinación territorial comprendan y valoren estas diversas concepciones del mundo. Al mismo tiempo, es necesario articular los conocimientos técnico-científicos en gestión del riesgo de desastres con estos saberes comunitarios. De esta manera, la gestión del riesgo puede alinearse con estas visiones, asegurando que las estrategias para la reducción del riesgo y la respuesta a emergencias sean culturalmente pertinentes.

Organización comunitaria. Las comunidades en Colombia presentan estructuras organizativas diversas, que pueden ser jerárquicas o horizontales, con procesos de toma de decisiones adaptados a sus contextos. Estas estructuras también definen sus relaciones con otros actores territoriales y su incidencia en la toma de decisiones conjunta. Conocer estas formas de organización es vital para que las instancias de coordinación territorial desarrollen métodos efectivos de acercamiento comunitario. La colaboración con Cabildos, Resguardos, Consejos Comunitarios, Juntas de Acción Comunal, Asociaciones Campesinas y Kumpanias (Kumpaño en plural) puede facilitar el avance de procesos de gestión del riesgo de desastres. Además, estos enfoques deben estar en línea con el marco jurídico, político y organizativo que ampara a estas comunidades.

Toma de decisiones conjunta. El riesgo y el desastre son conceptos construidos socialmente, derivados de la historia de relaciones e interacciones dentro de un territorio. De esta manera, la reducción del riesgo y del desastre es también un proceso social y relacional. Aquí, las instancias de coordinación territorial enfrentan tensiones, porque la toma de decisiones sobre un territorio específico debe incluir la voz de las comunidades, su participación activa, y la posibilidad de vetar acciones concretas, todo esto en consonancia con los marcos jurídico-políticos aplicables, como la consulta previa.

La participación de las comunidades en el proceso de toma de decisiones es esencial para que estas instancias se sientan informadas y vinculadas a dichos procesos. Por ello, las entidades gubernamentales tienen la responsabilidad de minimizar las barreras que puedan excluir a las comunidades de estos espacios decisorios. Asimismo, es crucial que se fomente la participación de las comunidades en el diseño e implementación de políticas públicas que reflejen la realidad del territorio.

La garantía de participación de las comunidades contribuye a la construcción de un conocimiento bidireccional, lo que puede fortalecer tanto la institucionalidad como el empoderamiento comunitario. Este proceso debe ser sensible a las cosmovisiones, cosmogonías y formas de organización particulares de cada comunidad, para asegurar una toma de decisiones que respete y refleje las realidades locales.

Articulación de las instancias de coordinación territorial y las comunidades. La articulación entre las instancias de coordinación territorial y las comunidades se encuentra en una tensión constructiva, donde la inclusión de representantes comunitarios con legitimidad y reconocimiento en sus territorios se vuelve crucial. Estos representantes, participan activamente y de manera permanente en los Consejos departamentales, distritales y municipales de Gestión del Riesgo de Desastres, y, cuando sea necesario, en instancias de coordinación para la respuesta a emergencias y desastres, dan forma a un proceso más inclusivo y representativo.

Estos consejos y espacios de coordinación actúan como foros de organización, asesoría, planeación y seguimiento, creando un entorno propicio para la participación comunitaria. A través de esta participación, se generan diálogos y decisiones que reflejan las realidades locales y permiten a las comunidades influir en los procesos relacionados con la gestión del riesgo de desastres en sus territorios. La inclusión de estas voces comunitarias asegura que las acciones y estrategias desarrolladas en estos contextos estén conectadas con las necesidades y expectativas de quienes viven en esas áreas. Esta articulación debe propender mínimamente por tres elementos (Caja 2).

Caja 2. Elementos mínimos que la articulación debe favorecer

Refuerzo de las garantías constitucionales a los grupos étnicos. Reforzar las garantías constitucionales de los miembros de los Pueblos Negros, Afrocolombianos, Palenqueros; los Pueblos Indígenas; el Pueblo Rrom y el Pueblo Raizal del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, adoptando medidas para garantizar la asistencia humanitaria, la protección y la reconstrucción de infraestructura y viviendas como consecuencia de los desastres, evitando toda discriminación y asegurando la máxima protección de su identidad y patrimonio cultural. Este enfoque plantea tensiones respecto a la forma en que se maneja el desastre y cómo se gestiona el riesgo, requiriendo una visión integral que considere las particularidades culturales de estos grupos étnicos en cada etapa del proceso.

Respeto de la consulta previa y el consentimiento previo libre e informado. Garantizar los derechos a la Consulta Previa y el Consentimiento Previo Libre e Informado de los Pueblos Negros, Afrocolombianos, Palenqueros; los Pueblos Indígenas; el Pueblo Rrom y el Pueblo Raizal del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, en todas las decisiones relacionadas con la gestión del desastre. Esto incluye las etapas de prevención, atención, reconstrucción y reubicación de viviendas o poblados, así como la determinación de modelos económicos, sociales, culturales y ambientales para su futuro. Estas necesidades generan tensiones entre los derechos de las comunidades y las estructuras institucionales, haciendo imperativa la búsqueda de altos niveles de concertación y participación. Se debe promover el fortalecimiento de espacios de interlocución, participación y representatividad, junto con el impulso de procesos organizativos internos de estos pueblos.

Protección de derechos territoriales de los grupos étnicos. Establecer medidas para proteger los derechos territoriales de los Pueblos Negros, Afrocolombianos, Palenqueros; los Pueblos Indígenas; el Pueblo Rrom y el Pueblo Raizal del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. La protección de la propiedad, tanto individual como colectiva, requiere considerar títulos formales, posesiones ancestrales y herencias familiares generacionales. Esta protección involucra tensiones que exigen equilibrar las prácticas consuetudinarias y los derechos de propiedad, en un contexto donde la legalidad y las tradiciones convergen, estableciendo un compromiso que respete la diversidad y los usos propios de estos pueblos.

Diversidad e inclusión. Las instancias de coordinación territorial se encuentran ante la necesidad de reconocer y comprender las diversas dinámicas culturales, históricas, educativas, laborales y económicas que definen a mujeres, niños, niñas, jóvenes, adultos, la comunidad LGBTIQ+, personas con discapacidad, comunidades negras, afrocolombianas, raizales, palenqueras, gitanas o Rrom, indígenas, campesinas y comunidades urbanas en sus territorios. Este reconocimiento demanda escenarios de participación que reflejen las realidades contextuales y garanticen un marco de protección y derechos. Esta tensión sugiere que se consideren líneas de fuga para hacer posible la participación efectiva de estos distintos grupos, adaptándose a sus necesidades particulares: desde diseño universal y ayudas técnicas, hasta ajustes razonables y materiales informativos adaptados. También implica la disponibilidad de entornos físicos adecuados, horarios flexibles, rutas de fácil acceso y la presencia de intérpretes. Este enfoque cuestiona las estructuras tradicionales, impulsando un replanteamiento que favorezca la inclusión auténtica y el respeto por la diversidad.

Instrumentos de consulta para fomentar la participación comunitaria: el repositorio de la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres dispone de un amplio conjunto de recursos que serán de utilidad para las instancias territoriales. Entre ellos son de relevancia: Estudio de diagnóstico de la integración de la inclusión y la protección en el plan nacional de gestión del riesgo de desastres en Colombia [21], El enfoque diferencial en la gestión del riesgo de desastres: etnia, género y discapacidad [22], Guía para la participación comunitaria en la gestión del riesgo de desastres [23], Guía comunitaria para la gestión del riesgo de desastre [24]. Dado que este instrumento está en constante actualización, se recomienda su revisión periódica. En

complemento, se invita a consultar la lista de planes de salvaguarda y planes de vida, así como la Guía para la formulación de Planes de Etnodesarrollo en Consejos Comunitarios albergados en el Ministerio del Interior de Colombia.

3.2 Conocimiento del riesgo y enfoque etnodiferencial

En el contexto del conocimiento del riesgo, los participantes en este proceso identificaron elementos fundamentales para la construcción de una vida digna: la diversidad de perspectivas, el diálogo de saberes, y el respeto por las cosmovisiones de las comunidades, todo ello en un marco de inclusión y participación significativa, así encontramos:

Identificación de escenarios de riesgo. Comprender los escenarios de riesgo implica conocer los procesos históricos que han dado forma a los territorios. Esta comprensión genera tensiones en la relación entre amenaza y vulnerabilidad, ya que estos factores pueden manifestarse de manera única para cada grupo poblacional. Desde esta perspectiva, las líneas de fuga emergen al considerar que cada comunidad tiene capacidades diferenciadas que se han desarrollado a lo largo de su historia y que están vinculadas a sus tradiciones, usos y costumbres. El reconocimiento de estas capacidades abre trayectorias para abordar las vulnerabilidades, permitiendo que las comunidades tengan un rol activo en la identificación de escenarios de riesgo.

La importancia de estas capacidades radica en que constituyen conocimientos acumulados que han permitido a estas comunidades reducir riesgos y responder a emergencias y desastres. En este contexto, priorizar el análisis de capacidades y saberes tradicionales genera oportunidades para una apropiación social del conocimiento, que articula el saber científico con otros saberes ancestrales, creando enfoques integrales para la gestión del riesgo. Estas reflexiones también revelan disyuntivas al tratar de equilibrar enfoques científicos con conocimientos tradicionales, mostrando que la gestión del riesgo requiere un entendimiento amplio y flexible de los contextos y las dinámicas de las comunidades.

Análisis y evaluación del riesgo. El análisis y la evaluación del riesgo deben abordar las tensiones y divergencias que surgen al considerar las realidades comunitarias, incluyendo historia, cultura, ancestralidad, usos y costumbres, cosmogonía y cosmovisión. Para realizar esta valoración de manera inclusiva, es necesario ajustar el lenguaje y articular los saberes técnicos, académicos e institucionales con el conocimiento comunitario. La convergencia de estos saberes puede generar líneas de fuga que permitan abordar el riesgo desde una perspectiva más amplia.

Conceptos como amenaza natural, exposición, vulnerabilidad y afrontamiento, aunque comunes en el lenguaje técnico, pueden no tener el mismo significado en el ámbito comunitario. Estas disyuntivas requieren una articulación cuidadosa entre diferentes grupos, reconociendo que el lenguaje técnico puede no capturar completamente las experiencias y percepciones de las comunidades. La necesidad de un lenguaje común plantea desafíos que exigen un acercamiento respetuoso y participativo, permitiendo la construcción de entendimientos compartidos para facilitar el proceso de evaluación del riesgo. Este proceso implica encuentros donde las distintas partes puedan trabajar para conciliar conceptos, reconociendo que la percepción de riesgo puede variar según el contexto cultural y la historia de cada comunidad.

Monitoreo y seguimiento del riesgo. Las comunidades negras, afrocolombianas, raizales, palenqueras, gitanas (o Rrom), así como las indígenas y campesinas, desde sus propias cosmovisiones, cosmogonías, organizaciones comunitarias y prácticas culturales, poseen un conocimiento íntimo de sus territorios, identificando cambios que pueden afectarles. Estas percepciones cotidianas son fundamentales para entender el riesgo y generan tensiones con las estructuras de monitoreo tradicional. Por ello, las instancias de coordinación territorial, en diálogo con las organizaciones comunitarias, necesitan crear mecanismos de seguimiento que reflejen estas prácticas ancestrales e históricas, fomentando el diálogo de saberes y el fortalecimiento

conjunto. Este enfoque implica recorridos divergentes que confluyen en un monitoreo del riesgo más sensible a las realidades comunitarias.

Comunicación del riesgo. Las instancias de coordinación territorial se enfrentan al desafío de establecer estrategias de comunicación con las comunidades que sean sistemáticas y diferenciadas, basadas en la concepción de riesgo propia de cada grupo. Esta comunicación debe ir más allá de un lenguaje técnico, reconociendo que este puede generar confusión en lugar de claridad. Las tensiones aquí se reflejan en la necesidad de integrar la lengua, los modismos y las expresiones comunitarias para facilitar el entendimiento.

Conceptos como riesgo, amenaza, vulnerabilidad y capacidad pueden tener significados muy distintos en cada comunidad, lo que sugiere la necesidad de articular diálogos que respeten las palabras y formas de cotidianidad propias. Privilegiar el uso del idioma nativo y producir materiales adaptados a criterios de accesibilidad para personas con discapacidad son líneas de fuga para asegurar una comunicación inclusiva. El uso de un lenguaje coherente y respetuoso, evitando expresiones despectivas, se vuelve clave para superar barreras culturales y promover la inclusión.

3.3 Reducción del riesgo y enfoque etnodiferencial

En la búsqueda de reducir el riesgo, quienes participaron en este proceso subrayaron elementos fundamentales que merecen reflexión filosófica.

Intervención correctiva. La reducción de la exposición, la disminución de la vulnerabilidad o el incremento de las capacidades, plantean tensiones críticas sobre la inclusión de las comunidades. No se trata solo de informar; el proceso debe ser un diálogo sostenido en el que las comunidades asuman un papel protagónico en la identificación del riesgo y la formulación de respuestas. Esta relación dialógica se nutre del reconocimiento de la estructura organizativa, cosmovisión y cosmogonía propias de cada comunidad. Para esto, las metodologías participativas como la Investigación Acción Participativa (IAP), Investigación Acción (IA), así como la diversidad de enfoques para capturar percepciones desde la heterogeneidad de los grupos poblacionales, permiten construir puentes de entendimiento. Las prácticas ancestrales y comunitarias, como la minga, los círculos de la palabra, los rituales de limpieza, y el uso de plantas medicinales, operan como vehículos para la interacción y la reducción del riesgo, introduciendo líneas de fuga que respetan las raíces culturales.

Intervención prospectiva. El desafío es evitar la creación de nuevos riesgos, una tarea que invita a la confluencia de saberes institucionales, comunitarios y académicos. Las instancias de coordinación territorial están llamadas a forjar acuerdos que reflejen las visiones ecosistémicas de las comunidades, situando la planificación estructural y no estructural en un contexto que honra las formas de organización tradicionales. Este diálogo interdisciplinario y transcultural implica una reconfiguración del proceso de planificación, asegurando que las estrategias de gestión del riesgo estén alineadas con los valores y las prácticas ancestrales de las comunidades. Así, emerge una convergencia entre modernidad y tradición que invita a reconsiderar el equilibrio entre enfoques racionales y saberes ancestrales, facilitando una reducción del riesgo que es tanto inclusiva como respetuosa de la diversidad cultural.

3.4 Manejo de desastres y enfoque etnodiferencial

Quiénes participantes en este proceso señalaron elementos clave que delinear nuevas trayectorias para la preparación y respuesta:

Preparación para la respuesta. Los primeros en responder ante una emergencia o desastre son siempre los habitantes del territorio. Desde sus formas de organización y conocimientos ancestrales, llevan a cabo acciones basadas en sus prácticas culturales y costumbres. Aquí, las tensiones emergen cuando se trata de definir procesos de coordinación, sistemas de alerta, capacitación, equipamiento, centros de reserva y albergues. Es necesario que estos elementos estén en sintonía con las prácticas y estructuras comunitarias.

La diversidad étnica, de género, edad y discapacidad debe reconocerse y reflejada en estos procesos, creando líneas de fuga que permiten la participación activa de las comunidades. La armonización de estos preparativos con el conocimiento del riesgo y las estrategias de reducción previamente desarrolladas contribuye a una respuesta más eficaz y sensible al contexto.

Articulación interinstitucional y comunitaria. El manejo de desastres exige una interacción entre diversas instituciones y sectores, pero esta articulación puede generar divergencias cuando las prácticas institucionales no se alinean con las formas de organización comunitarias. La necesidad de un lenguaje y protocolos homogéneos contrasta con la riqueza de las estructuras tradicionales de las comunidades. Aquí, el reto es equilibrar el rigor institucional con la diversidad cultural, permitiendo que las personerías jurídicas y la cosmovisión de cada comunidad sean parte integral del proceso. La voz y participación directa de las comunidades actúan como catalizadores para crear enfoques más inclusivos y respetuosos, evitando que la estandarización reemplace el entendimiento profundo de las particularidades locales. La articulación debe, por tanto, ser un espacio de diálogo que respete y acoja las diferencias.

Múltiple afectación. las emergencias y desastres construidos socialmente en los territorios coexisten con otros fenómenos sociales de igual complejidad como la violencia armada, delincuencia común y expresiones diversas de la violencia (simbólica, económica, sexual, psicológica, de género), razón por la cual es pertinente que las instancias de coordinación territorial en articulación con las comunidades y demás instituciones pertinentes, identifiquen como estos fenómenos pueden interferir en la construcción de los preparativos para la respuesta, de tal manera que definan las acciones necesarias para procurar una respuesta integral, en diferentes contextos y a diferentes tipos de amenazas, asegurando la protección de la población en toda su diversidad.

Usos y costumbres. Las instancias de coordinación territorial definirán de forma conjunta con las comunidades las estrategias de protección y conservación de las prácticas alimentarias, económicas, vestuario, lengua, festividades, danzas, hábitos religiosos, espirituales y/o ancestrales, así como todos aquellos elementos que salvaguarden la vida cotidiana los territorios y los recursos naturales de las comunidades, y estén en concordancia con sus formas de organización, cosmovisión y cosmogonía. A su vez, acompañarán, hasta donde las comunidades lo decidan, los ejercicios de transformación cultural que posibiliten conocer y reducir el riesgo, así como realizar procesos de manejo de emergencias y desastres. Estos elementos se considerarán para la formulación y actualización de la estrategia de respuesta municipal y/o departamental.

Preparación para la recuperación. La recuperación, para las comunidades negras, afrocolombianas, raizales, palenqueras, gitanas o Rrom e indígenas, está profundamente arraigada en sus cosmogonías y cosmovisiones, reflejando una conexión simbiótica con el entorno y sus tradiciones. Estas comunidades desarrollan rituales de recuperación que no solo son actos simbólicos, sino también estrategias profundamente arraigadas en su historia y su identidad colectiva. La intervención de instancias de coordinación territorial en estos contextos debe abordar tensiones que emergen entre prácticas ancestrales y enfoques modernos de gestión de desastres. Aquí, el conocimiento de los rituales y su reconocimiento son fundamentales para la cocreación de planes de recuperación que respeten tanto elementos estructurales como no estructurales. La interacción con estas prácticas culturales implica un diálogo donde las líneas de fuga permiten que la sabiduría ancestral guíe el proceso. Los preparativos para la recuperación no pueden desvincularse del conocimiento y las estrategias de reducción del riesgo ya existentes, subrayando la importancia de la continuidad y el respeto por las prácticas tradicionales.

Articulación interinstitucional y comunitaria. La recuperación posdesastre revela la complejidad inherente a la articulación de múltiples instancias a nivel comunitario, municipal, departamental, nacional e internacional. Esta diversidad de actores puede generar divergencias, particularmente cuando se trata de equilibrar decisiones operativas con el respeto a las dinámicas ancestrales, culturales y comunitarias. La participación de las comunidades en este proceso se convierte en una tensión central, que exige un enfoque

sensible a sus formas de organización, cosmovisión, cosmogonía, y su derecho a la autonomía y autodeterminación.

La recuperación se transforma en un proceso de múltiples trayectorias, donde las voces comunitarias deben ser parte integral del diseño y ejecución de estrategias. Este enfoque sugiere que la recuperación posdesastre no es solo un retorno a la normalidad, sino un espacio para redefinir y reconstruir en consonancia con las realidades comunitarias. La integración de las comunidades en la construcción y presentación de propuestas es, por tanto, más que una formalidad; es un reconocimiento del valor epistémico de sus experiencias y saberes, abriendo vías para una recuperación que sea justa y en armonía con su legado cultural.

Múltiple afectación. La recuperación posterior a un desastre puede ser un proceso de múltiples capas, coexistiendo con fenómenos de conflicto armado, delincuencia común y diversas expresiones de violencia, sin mencionar otros riesgos de desastre. Estas interacciones generan tensiones que las instancias de coordinación territorial deben abordar de manera conjunta con las comunidades y otras instituciones pertinentes. El desafío es crear análisis complejos que conduzcan a la construcción de un plan de recuperación integral, capaz de lidiar con esta multiplicidad de amenazas mientras mantiene un enfoque coherente con las realidades territoriales. Aquí, las líneas de fuga surgen de la capacidad de entrelazar estrategias para abordar la diversidad de riesgos y ofrecer respuestas flexibles y adaptativas.

Usos y costumbres. El proceso de rehabilitación, reparación o reconstrucción de áreas afectadas por emergencias o desastres debe tener en cuenta la protección y conservación de prácticas tradicionales, como las alimentarias, ecosistémicas, económicas, el vestuario, la lengua, las festividades, las danzas y los hábitos religiosos, espirituales y ancestrales. El respeto por estos elementos no solo garantiza la continuidad de la vida cotidiana de las comunidades, sino que también establece trayectorias de reconstrucción que están en armonía con sus formas de organización, cosmovisión y cosmogonía. Definir estos planes de recuperación en consonancia con los usos y costumbres implica un profundo reconocimiento de la riqueza cultural de cada territorio y genera un sentido de propiedad compartida sobre el proceso de reconstrucción.

Ejecución de la respuesta y la recuperación. La atención de emergencias y desastres, junto con la recuperación posterior, es un proceso altamente complejo y dinámico, donde las circunstancias pueden cambiar rápidamente. Estas disyuntivas requieren que las instancias de coordinación territorial garanticen que las comunidades tengan una representación activa en todos los niveles de toma de decisiones, desde el Comando Único y el Comando Unificado hasta los comités de recuperación. El reconocimiento de las diversas formas de organización comunitaria y la articulación con sus procesos de autogestión son esenciales para mantener un enfoque centrado en las necesidades y perspectivas de las comunidades. Este enfoque genera espacios donde la diversidad cultural y las prácticas tradicionales guían la toma de decisiones, permitiendo una respuesta y recuperación más inclusivas y acordes con las sensibilidades locales.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El enfoque etnodiferencial presenta una multiplicidad de alternativas que convocan caminos para otras formas de sentipensar la GRD en Colombia. Al considerar las tensiones que emergen, se permite una interacción entre los saberes ancestrales y las estructuras modernas de GRD, así como un replanteamiento de la participación comunitaria, la articulación interinstitucional y el papel de los saberes comunitarios en la construcción del conocimiento.

El discurso predominante en la GRD ha sido históricamente monolítico, estructurado desde una visión occidental y tecnocrática que, al mismo tiempo, margina las experiencias y conocimientos de las comunidades. Ante este panorama, se presenta una línea de fuga fundamental: la reconstrucción del espacio discursivo para reconocer la voz a las cosmovisiones, cosmogonías y prácticas ancestrales que han sido sistemáticamente

silenciadas. Este enfoque etnodiferencial busca descentralizar el conocimiento hegemónico y colocar en primer plano las voces de las comunidades negras, afrocolombianas, raizales, palenqueras, gitanas (o Rrom) e indígenas, redefiniendo su papel de la periferia al centro de la acción.

Tal como lo expresan Amorim et al. [25], un giro conceptual es indispensable para desafiar el planeamiento excluyente. Su propuesta de un enfoque basado en el lugar (place-based and place-making) es relevante para reconocer y valorar el conocimiento tradicional y local que ha sido invisibilizado. Los autores argumentan que los enfoques convencionales de adaptación son fragmentados y tecnocráticos, pasando por alto las vulnerabilidades superpuestas de los habitantes históricamente marginados. De este modo, la justicia climática interseccional que defienden demanda la integración del conocimiento, alejándose de los modelos impulsados por expertos. Esta idea respalda directamente la necesidad de un enfoque etnodiferencial, ya que el lugar saca a la luz las complejidades de las geografías racializadas, formadas por historias de (neo)colonialismo y racismo contemporáneo.

La necesidad de esta reestructuración del poder discursivo es reforzada por Andreucci y Zografos [26], quienes plantean el imperativo de una descolonización epistémica. El othering o alterización, entendida como una tecnología de gobierno racista y colonial, ha sido de significancia para legitimar las intervenciones climáticas y suspender la responsabilidad por sus impactos negativos. El desmantelamiento del silenciamiento epistémico, por lo tanto, no es solo un acto discursivo, sino un acto de justicia que deconstruye los discursos jerarquizadores y reafirma la capacidad del subalterno para hablar. Esta perspectiva de Andreucci y Zografos [26] confirma que la transformación debe ir más allá de la mera inclusión, y en su lugar, debe reconocer la pluriversalidad de las prácticas y conocimientos socioambientales no occidentales.

En complemento, la transformación requiere, tal como lo señalan Eriksen et al. [27], un pluralismo ontológico. La persistencia de la vulnerabilidad en las comunidades marginadas se debe a la incapacidad de las intervenciones de adaptación para comprometerse con la política, el poder y la complejidad social. Los autores critican cómo las intervenciones existentes fallan porque las dinámicas de poder inhiben la participación activa de los más marginados. Por ello, la transformación no debe recaer en que los grupos marginados cambien sus prácticas, sino en que los expertos y las organizaciones reestructuren sus propios procesos de conocimiento y aprendizaje para sintonizar con las cosmovisiones que tradicionalmente han ignorado. Esta reorientación hacia las estructuras de las organizaciones es clave para que las comunidades sean agentes activos y lideren sus propios procesos de vida digna.

La noción de subalterno en la GRD se desvanece a medida que las comunidades asumen un papel protagónico en la toma de decisiones. El enfoque etnodiferencial no solo reconoce la existencia de saberes ancestrales y locales, sino que los posiciona como elementos centrales y válidos para la construcción de soluciones contextualizadas. Este proceso, que involucra metodologías participativas como la investigación acción participativa (IAP) y prácticas ancestrales como la minga o los círculos de la palabra, permite tensionar el discurso dominante que ha perpetuado la exclusión.

Como sostienen Díaz et al. [28], las metodologías participativas (IAP) son esenciales porque exigen la inclusión de los saberes situados para generar estrategias en la gestión del riesgo. Los autores subrayan que esta vinculación, al reconocer la capacidad de agencia y voz a las comunidades, contribuye a la gobernanza del riesgo mediante la articulación de múltiples voces y prácticas sociales que han sido tradicionalmente ignoradas. La IAP, en particular, facilita el diálogo entre el conocimiento científico y el saber local, permitiendo comprensiones contextualizadas de la realidad.

La adopción de estas metodologías representa un horizonte por lograr, una ruptura onto-epistémica frente a la visión hegemónica. Sandoval y Martínez [29] argumentan que la investigación y actuación tradicional han incurrido en un epistemicidio al soslayar los saberes no categorizados como científicos, explotando y legitimando prácticas de dominación. Frente a esto, las metodologías participativas se proponen comenzar

por el conocimiento de las vidas marginalizadas. Los autores abogan por una coproducción continua de saberes sobre el riesgo, reconociendo que el conocimiento debe ser colectivo, múltiple y contradictorio.

En este sentido, las metodologías participativas son un vehículo con alto potencial transformador, como lo señalan Suazo et al. [30]. Estos enfoques fomentan el empoderamiento local y la valorización de los saberes ancestrales, superando las perspectivas externas, tecnocráticas y exclusivamente cuantitativas que han invisibilizado a grupos como los pueblos indígenas o las mujeres rurales. La persistencia de lógicas informativas o consultivas, donde las comunidades solo proveen datos, refleja un extractivismo epistémico con escaso reconocimiento de los saberes locales. Por ello, la investigación y el abordaje de la GRD deben avanzar hacia una participación significativa y transformadora que reconozca a las comunidades como actores sociales y epistémicos.

En complemento, el reconocimiento de las capacidades diferenciadas que las comunidades han desarrollado a lo largo de su historia abre un espacio para el diálogo de saberes, donde el conocimiento científico se entrelaza con las prácticas culturales [31], [32]. Esta integración no solo permite una apropiación social del conocimiento, sino que también refuerza la participación y el empoderamiento comunitario.

Esta visión se alinea con la perspectiva de Londoño et al. [33], quienes promueven el modelo de Gestión Comunitaria del Riesgo de Desastres (CBDM). Este modelo acentúa a las comunidades como los principales expertos en sus condiciones de vulnerabilidad, en contraste con los enfoques de arriba hacia abajo. El estudio subraya que las capacidades desarrolladas previamente por las comunidades, como las prácticas de solidaridad y apoyo social, pueden mejorar significativamente la resistencia ante los desastres. Esta disposición se caracteriza por la integración sinérgica de todos los recursos disponibles, incluyendo el conocimiento ancestral con sistemas modernos de alerta temprana, lo que convierte a las comunidades en sujetos activos en la creación de sus propias estrategias.

El reconocimiento de estas capacidades es vital para contrarrestar la ciudad imaginada de la planeación oficial, un punto destacado por Rivera et al. [34]. Los autores demuestran que la vida comunitaria en barrios informales se construye gracias al autoaprendizaje y la adaptación a las condiciones del territorio. Lejos de ser espontáneas, estas capacidades son el resultado de la articulación de voluntades y recursos no convencionales. La necesidad de este cambio de paradigma es respaldada por Valencia y Valencia [35], quienes señalan el fracaso de los enfoques tradicionales en Colombia. Estos enfoques privilegian el análisis técnico y la definición física de la vulnerabilidad por encima de la percepción de riesgo de los grupos sociales. Los autores argumentan que la gestión del riesgo debe alejarse de un modelo que enfatiza en exceso las directrices técnicas y desatiende la participación efectiva de la comunidad.

Con base en lo expuesto, el reconocimiento de la diversidad epistémica se presenta como una fortaleza y no un obstáculo. El uso de instrumentos de consulta y la participación activa de las comunidades solo son efectivos si el saber institucional reconoce el conocimiento comunitario en equivalencia epistémica. Esta visión no solo fomenta el entendimiento mutuo, sino que propicia un replanteamiento de la GRD que abraza la diversidad cultural y promueve la inclusión.

Esta perspectiva, aún en desarrollo, va mostrando sus posibilidades. Hadlos et al. [36] y Vasileiou et al. [37] señalan que la integración de ambos tipos de conocimiento es una forma de operacionalizar la participación, permitiendo que el saber local llene importantes vacíos de información donde los datos formales son escasos. Esta integración es un paso fundamental hacia la construcción de relaciones horizontales entre profesionales y comunidades. De hecho, existe una perspectiva emergente que concibe el conocimiento local como un sistema válido por derecho propio, más que un mero complemento [36], de ahí que puedan entenderse los sistemas de alerta temprana (SAT) como ser procesos sociales y comunitarios en lugar de simples herramientas tecnológicas.

En este sentido, el enfoque etnodiferencial promueve un diálogo equilibrado entre las estructuras institucionales y las comunidades. La participación activa en todos los niveles de toma de decisiones, desde los comités

de GRD hasta la articulación en Comandos Únicos, garantiza que las estrategias de gestión y recuperación se alineen con las necesidades locales. Esto evita la estandarización y promueve el respeto por las formas de organización locales.

Baudoin et al. [38] destacan que la participación de las comunidades en la gestión de los SAT es una forma de abordar las brechas de comunicación, y que, al situarlas en control de sus propios sistemas, se fomenta compromiso y empoderamiento. Esta articulación fortalece la confianza y la colaboración entre las comunidades y los actores externos, como lo menciona Vasileiou et al. [37]. Sin embargo, es fundamental prestar atención a las dinámicas de poder para asegurar que la participación sea genuina y no simplemente consultiva. Finalmente, la necesidad de no estandarizar es un punto recurrente, de ahí que el trabajo en GRD requiera ser flexible y adaptado a las necesidades/capacidades de cada grupo, garantizando que la información sea comprensible y culturalmente apropiada para todos.

Para finalizar, la presente investigación nos permite afirmar que el enfoque etnodiferencial en la GRD en Colombia abre líneas de fuga que sugieren un replanteamiento de la gestión del riesgo como un proceso eminentemente social, donde el diálogo y el respeto por la diversidad emergen como rizomas fundamentales. Al desarticular la noción de subalterno y promover una comprensión de las dinámicas comunitarias, se construye un espacio para una gestión del riesgo que no solo busca minimizar el sufrimiento, sino también impulsar la justicia, la dignidad y el reconocimiento pleno de todas las voces.

Puntos Clave

1. Subalternización y exclusión en la gestión del riesgo: Históricamente, las comunidades étnicas en Colombia han sido marginadas en la toma de decisiones sobre la gestión del riesgo de desastres (GRD). El enfoque etnodiferencial busca reconocer y valorar sus conocimientos y experiencias.
2. Diálogo de saberes y participación comunitaria: Integrar los conocimientos ancestrales y comunitarios con los enfoques técnicos y científicos y la participación activa de estas comunidades es necesaria para una gestión del riesgo más inclusiva y efectiva.
3. Marco legal y derechos colectivos: La Ley 1523 de 2012 y el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres 2015-2025 establecen principios de participación y diversidad cultural en la GRD. Sin embargo, su aplicación efectiva aún enfrenta desafíos.
4. Tensiones entre enfoques fiscalistas y construccionistas: Existen enfoques que priorizan el estudio de las amenazas naturales, mientras que otros consideran el riesgo como un fenómeno social. Existe la necesidad de una perspectiva integral que incluya ambos enfoques y respete la diversidad cultural.
5. Estrategias de articulación y gobernanza: Se proponen mecanismos para fortalecer la inclusión de comunidades en la planificación y toma de decisiones, promoviendo la consulta previa, la protección de derechos territoriales y el respeto por las cosmovisiones locales en la gestión del riesgo.

Recomendaciones para tomar decisiones

1. Garantizar la Participación Activa de las Comunidades. Las comunidades étnicas deben ser actores clave en todas las fases de la gestión del riesgo (prevención, respuesta y recuperación). No basta con consultarlas; se debe asegurar su voz, voto y veto en los procesos de toma de decisiones.
2. Adoptar un Enfoque de Diálogo de Saberes. El conocimiento técnico-científico debe complementarse con los saberes ancestrales para una gestión del riesgo más efectiva y culturalmente pertinente.
3. Fortalecer el Marco Jurídico y su Aplicación. Aunque la Ley 1523 de 2012 y el Plan Nacional de GRD reconocen la diversidad cultural, su implementación sigue siendo limitada. Se recomienda crear mecanismos de veeduría comunitaria para supervisar la aplicación de políticas de GRD con enfoque

etnodiferencial. Revisar y actualizar los instrumentos de planeación territorial para que incluyan el enfoque diferencial de manera obligatoria. Promover incentivos para proyectos de reducción del riesgo liderados por comunidades étnicas y financiados por fondos públicos y privados.

4. Desarrollar Estrategias de Recuperación Culturalmente Sensibles. La recuperación post-desastre debe respetar la identidad y las prácticas de las comunidades afectadas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos especialmente a los líderes y lideresas comunitarios, así como a los representantes institucionales que compartieron sus ideas durante esta investigación. Su valiosa colaboración fue fundamental para llevarla a cabo. También agradecemos a Humanity & Inclusion Colombia por financiar el proyecto, identificado con el código C61-SER0301. Finalmente, expresamos nuestra sincera gratitud a la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres -Presidencia de la República de Colombia-, cuyo apoyo nos permitió establecer contacto con representantes comunitarios e instituciones para el desarrollo de las conversaciones.

CONFLICTO DE INTERESES

El autor y la autora no declaran conflicto de intereses.

USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Durante la preparación de este capítulo, los autores utilizaron ChatGTP versión 3.5 (<https://chat.openai.com/>) con el fin de recibir sugerencias de redacción y corrección del estilo científico.

Los revisores expresan que no utilizaron herramientas de IA en el proceso de evaluación del manuscrito.

IDENTIFICACIÓN DE AUTORES

- William Oswaldo Gaviria Gutiérrez: <https://orcid.org/0000-0003-4228-4665>
- Lina Andrea Zambrano Hernández: <https://scholar.google.es/citations?user=KHLJGVwAAAAJ&hl=es>

DECLARACIÓN DE AUTORÍA CRediT

Conceptualización: William Oswaldo Gaviria Gutiérrez y Lina Andrea Zambrano Hernández. **Metodología:** William Oswaldo Gaviria Gutiérrez y Lina Andrea Zambrano Hernández. **Redacción - borrador original:** William Oswaldo Gaviria Gutiérrez. **Administración del proyecto:** Lina Andrea Zambrano Hernández. **Búsqueda de evidencia:** William Oswaldo Gaviria Gutiérrez.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Narváez, A. Lavell, y G. Pérez Ortega, *La gestión del riesgo de desastres: Un enfoque basado en procesos*. Comunidad Andina, 2009. [En línea]. Disponible en: http://www.comunidadandina.org/predecan/doc/libros/PROCESOS_ok.pdf
- [2] G. Torrico Canaviri, S. Ortiz Cañipa, L. A. Salamanca Mazuelo, y R. Quiroga Becerra de la Roca, *Los enfoques teóricos del desastre y la gestión local del riesgo: Construcción crítica del concepto*. National Centre of Competence in Research North-South (NCCR); OXFAM; Fundación para el Desarrollo Participativo Comunitario (FUNDEPCO), 2008.
- [3] A. Maskrey, *Navegando entre brumas: La aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina*. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, 1998. [En línea]. Disponible en: https://www.desenredando.org/public/libros/1998/neb/neb_intro_nov-09-2002.pdf
- [4] I. Alcántara-Ayala, «Cascading hazards and compound disasters», *NPJ Natural Hazards*, vol. 2, n.º 1, 2025, doi: [10.1038/s44304-025-00111-5](https://doi.org/10.1038/s44304-025-00111-5).
- [5] B. Commoner, *El círculo que se cierra*. Plaza & Janés, 1973.
- [6] F. Capra y P. L. Luisi, *The systems view of life: A unifying vision*. Cambridge University Press, 2014. doi: [10.1017/CBO9780511895555](https://doi.org/10.1017/CBO9780511895555).
- [7] G. Chakravorty Spivak y S. Giraldo, «¿Puede hablar el subalterno?», *Revista Colombiana de Antropología*, pp. 297-364, 2003, doi: [10.22380/2539472X.1244](https://doi.org/10.22380/2539472X.1244).
- [8] S. Hallegatte, A. Vogt-Schilb, M. Bangalore, y J. Rozenberg, *Unbreakable: Building the resilience of the poor in the face of natural disasters*. The World Bank, 2017. [En línea]. Disponible en: <http://documents1.worldbank.org/curated/en/512241480487839624/pdf/Unbreakable-building-the-resilience-of-the-poor-in-the-face-of-natural-disasters.pdf>
- [9] Congreso de Colombia, «Ley 1523: Por la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones». Bogotá D.C., 2012.
- [10] M. Montero, *Introducción a la psicología comunitaria: Desarrollo, conceptos y procesos*. Paidós, 2004.
- [11] S. I. Navarro Martínez, *Discursos y prácticas de la educación superior intercultural: La experiencia de Chiapas*. CLACSO, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20201124055040/Discursos-y-practicas.pdf>
- [12] D. Sánchez Teruel y M. A. Robles Bello, «Inclusión como clave de una educación para todos: Revisión teórica», *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, pp. 24-36, 2013, doi: [10.5944/reop.vol.24.num.2.2013.11257](https://doi.org/10.5944/reop.vol.24.num.2.2013.11257).
- [13] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD), «Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres: Una estrategia de desarrollo 2015–2025», 2016. [En línea]. Disponible en: <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Plan-Nacional-de-Gestion-del-Riesgo.aspx>
- [14] A. R. Rodríguez y M. Montenegro, «Retos contemporáneos para la psicología comunitaria: Reflexiones sobre la noción de comunidad», *Interamerican Journal of Psychology*, pp. 14-22, 2016, doi: [10.30849/rip/ijp.v50i1.40](https://doi.org/10.30849/rip/ijp.v50i1.40).

- [15] C. Guzmán-Valenzuela, A. Rojas-Murphy Tagle, y C. Gómez-González, «Epistemic polyphony of research on the students' experiences: The Latin-American case», *Education Policy Analysis Archives*, vol. 28, p. 96, 2020, doi: [10.14507/epaa.28.4919](https://doi.org/10.14507/epaa.28.4919).
- [16] M. S. Lastra, «Polifonía política de los retornos del exilio: Reflexiones y preguntas desde el Cono Sur», *Miradas a las migraciones, las fronteras y los exilios*. Consejo Latinoamericano de Ciencias Sociales, pp. 175-195, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11336/192669>
- [17] G. A. Sciurano y M. Melamud, «¿Ellos o nosotros? Escritura polifónica y los límites del campo en un estudio etnográfico sobre nuevas espiritualidades», *Campos: Revista de Antropología Social*, vol. 23, n.º 1, pp. 222-247, 2022, doi: [10.5380/cra.v23i1.82198](https://doi.org/10.5380/cra.v23i1.82198).
- [18] L. Reales Chacón, G. Robalino Morales, A. Peñafiel Luna, J. Cárdenas Medina, y P. Cantuña-Vallejo, «El muestreo intencional no probabilístico como herramienta de la investigación científica en carreras de ciencias de la salud», *Universidad y Sociedad*, vol. 14, n.º S5, pp. 681-691, 2022, [En línea]. Disponible en: <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3338>
- [19] M. P. Giesecke Sara Lafosse, «Elaboración y pertinencia de la matriz de consistencia cualitativa para las investigaciones en ciencias sociales», *Desde el Sur*, vol. 12, n.º 2, pp. 397-417, 2020, doi: [10.21142/des-1202-2020-0023](https://doi.org/10.21142/des-1202-2020-0023).
- [20] R. Alaggia y S. Wang, «I never told anyone until the #metoo movement: What can we learn from sexual abuse and sexual assault disclosures made through social media?», *Child Abuse & Neglect*, vol. 103, p. 104312, 2020, doi: [10.1016/j.chiabu.2019.104312](https://doi.org/10.1016/j.chiabu.2019.104312).
- [21] H. Hanashiro, «Estudio de diagnóstico de la integración de la inclusión y la protección en el Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia», 2020.
- [22] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, «El enfoque diferencial en la gestión del riesgo de desastres: etnia, género y discapacidad», 2019. [En línea]. Disponible en: <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Documents/ENFOQUE-DIFERENCIAL-Y-DE-GENERO-UNGRD.pdf>
- [23] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, «Guía para la participación comunitaria en la gestión del riesgo de desastres», 2017. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/20793>
- [24] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, «Guía comunitaria para la gestión del riesgo de desastre», 2013. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co:8443/bitstream/handle/20.500.11762/157/2-guia-comunitaria-grd.pdf>
- [25] A. T. Amorim-Maia, I. Anguelovski, E. Chu, y J. Connolly, «Intersectional climate justice: A conceptual pathway for bridging adaptation planning, transformative action, and social equity», *Urban Climate*, vol. 41, p. 101053, 2022, doi: [10.1016/j.uclim.2021.101053](https://doi.org/10.1016/j.uclim.2021.101053).
- [26] D. Andreucci y C. Zografos, «Between improvement and sacrifice: Othering and the (bio)political ecology of climate change», *Political Geography*, vol. 92, p. 102512, 2022, doi: [10.1016/j.polgeo.2021.102512](https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2021.102512).
- [27] S. Eriksen *et al.*, «Adaptation interventions and their effect on vulnerability in developing countries: Help, hindrance or irrelevance?», *World Development*, vol. 141, p. 105383, 2021, doi: [10.1016/j.worlddev.2020.105383](https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105383).
- [28] L. P. Díaz Heredia, M. Medina, K. A. Corredor Pardo, y J. Gómez, «Propuesta metodológica participativa desde Colombia para la recolección de datos en gestión del riesgo de emergencias y desastres», *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, vol. 9, n.º 2, p. 106, 2025, doi: [10.55467/reder.v9i2.198](https://doi.org/10.55467/reder.v9i2.198).

- [29] J. Sandoval-Díaz y S. Martínez-Labrin, «Gestión comunitaria del riesgo de desastre: Una propuesta metodológica-reflexiva desde las metodologías participativas», *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, vol. 5, n.º 2, p. 75, 2021, doi: [10.55467/reder.v5i2.73](https://doi.org/10.55467/reder.v5i2.73).
- [30] C. Suazo-Muñoz, J. Sandoval-Díaz, y C. Navarrete-Valladares, «Metodologías participativas en la gestión comunitaria del riesgo de desastre: Revisión sistemática de experiencias en América Latina», *Perspectiva Geográfica*, vol. 30, n.º 2, pp. 1-21, 2025, doi: [10.19053/uptc.01233769.18118](https://doi.org/10.19053/uptc.01233769.18118).
- [31] L. A. Ramírez Elizalde y I. Vélez Torres, «Percepción social y respuesta institucional frente al desastre de Tierradentro, Colombia», *Perspectiva Geográfica*, vol. 20, n.º 2, pp. 269-296, 2016, doi: [10.19053/01233769.4517](https://doi.org/10.19053/01233769.4517).
- [32] Y. T. Hernández Peña, G. Vargas Cuervo, y C. A. Zafra Mejía, «Percepciones sobre fenómenos volcánicos: Elementos para la gestión del riesgo en Colombia», *Perspectiva Geográfica*, pp. 99-119, 2020, doi: [10.19053/01233769.9488](https://doi.org/10.19053/01233769.9488).
- [33] P. A. V. Londoño, L. F. D. Monsalve, y S. P. Trujillo, «The significance of prior resilience experiences in communities exposed to socio-political violence in Colombia for enhancing the community-based disaster management (CBDM) model», *Journal of Infrastructure, Policy and Development*, vol. 8, n.º 9, p. 5352, 2024, doi: [10.24294/jipd.v8i9.5352](https://doi.org/10.24294/jipd.v8i9.5352).
- [34] L. A. Rivera Flórez, E. M. Rodríguez Gaviria, C. A. Velásquez Castañeda, H. P. Guzmán Tenjo, y A. Ramírez Madrigal, «La gestión comunitaria del riesgo: Justicia espacial y ambiental», *Bitácora Urbano Territorial*, vol. 30, n.º 3, pp. 205-218, 2020, doi: [10.15446/bitacora.v30n3.87769](https://doi.org/10.15446/bitacora.v30n3.87769).
- [35] P. A. Valencia Londoño y D. Valencia Londoño, «Persistent vulnerability after disaster risk reduction (DRR) response: The case of Salgar, Colombia», *Sustainability*, vol. 16, n.º 11, p. 4394, 2024, doi: [10.3390/su16114394](https://doi.org/10.3390/su16114394).
- [36] A. Hadlos, A. Opdyke, y S. A. Hadigheh, «Where does local and indigenous knowledge in disaster risk reduction go from here? A systematic literature review», *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 79, p. 103160, 2022, doi: [10.1016/j.ijdrr.2022.103160](https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103160).
- [37] K. Vasileiou, J. Barnett, y D. S. Fraser, «Integrating local and scientific knowledge in disaster risk reduction: A systematic review of motivations, processes, and outcomes», *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 81, p. 103255, 2022, doi: [10.1016/j.ijdrr.2022.103255](https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.103255).
- [38] M.-A. Baudoin, S. Henly-Shepard, N. Fernando, A. Sitati, y Z. Zommers, «From top-down to "community-centric" approaches to early warning systems: Exploring pathways to improve disaster risk reduction through community participation», *International Journal of Disaster Risk Science*, vol. 7, n.º 2, pp. 163-174, 2016, doi: [10.1007/s13753-016-0085-6](https://doi.org/10.1007/s13753-016-0085-6).

3. Gestión del Riesgo de Desastres Comunitario a través de Cartografía Participativa y Tecnologías Abiertas en San Antonio del Prado, Colombia

Yessica De los ríos Olarte, Ana Milena Prada Uribe, Céline Jacquin

Bióloga, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia; Arquitecta, Maestra en Políticas Públicas y Urbanas, The New School, Nueva York, Estados Unidos; Geógrafa, Maestra en Urbanismo y Ordenamiento Territorial, Université Paris-Est/Sorbonne, París, Francia

Resumen

Desde los años 90, América Latina ha experimentado un auge en cartografía participativa y comunitaria, liderada por colectivos de investigadores, activistas y pueblos étnicos. Proyectos como la “cartografía social” y el “mapeo participativo” han sido fundamentales en las luchas y gestión del riesgo territorial de comunidades indígenas y campesinas. En años recientes, el uso de tecnologías abiertas y drones ligeros ha fomentado una mayor participación comunitaria en la gestión y prevención del riesgo de desastres. Herramientas innovadoras como OpenStreetMap (OSM) demuestran el potencial transformador de estas tecnologías, ya que permiten a las comunidades gestionar recursos, coordinar respuestas a crisis y fortalecer su resiliencia. Este estudio plantea el potencial de aplicaciones y tecnologías abiertas a través de la exposición de un caso de estudio en Medellín, San Antonio de Prado, apoyado por el Hub de Mapeo Abierto para Latinoamérica y el Caribe del Equipo de Mapeo Humanitario de OpenStreetMap (HOT) y liderado por el Semillero GeoLab (Capítulo de YouthMappers - Red Internacional de Estudiantes Universitarios - de la Universidad de Antioquia). Estas aplicaciones ofrecen a las comunidades la capacidad de adquirir competencias de gestión de datos a largo plazo, crear mapas detallados de sus vecindarios, mejorando la infraestructura local y la planificación urbana, además de proporcionar datos valiosos para la toma de decisiones, el monitoreo de cambios y el seguimiento y gestión del riesgo.

Palabras clave: cartografía participativa, Mapeo comunitario, Tecnologías abiertas, Drones, participación comunitaria, OpenStreetMap (OSM), pueblos indígenas y comunidades locales.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17673402>

1. INTRODUCCIÓN

Desde la década de los noventa en América Latina, ha surgido una variedad de experiencias de cartografía participativa impulsadas por colectivos compuestos por investigadores, activistas, militantes y pueblos étnicos [1]. Se han realizado numerosos proyectos de mapeo bajo distintas modalidades y nombres, como “cartografía social”, “mapeo colectivo” o “mapeo participativo”. Estas iniciativas cartográficas han sido parte integral de las luchas territoriales e identitarias de comunidades indígenas y campesinas principalmente, y han sido promovidas tanto por organizaciones comunitarias como por otros actores sociales y humanitarios.

Estas experiencias se desarrollan dentro de los marcos internacionales, las leyes nacionales y regulaciones emergentes, así como en línea con las mejores prácticas en materia de derechos humanos, que exigen una evaluación proactiva de los impactos potenciales de los proyectos en los derechos colectivos y territoriales. Esto implica implementar medidas para prevenir, mitigar y remediar posibles daños y pérdidas. Por ejemplo, en Europa, instrumentos como el Convenio de Aarhus y la Directiva sobre inundaciones 2007/60/CE destacan la relevancia de la participación pública y el monitoreo comunitario en la toma de decisiones y la gestión de riesgos ambientales.

Asimismo, en América Latina, el Acuerdo de Escazú está siendo adoptado por varios países para garantizar desde sus marcos legales el acceso a la información, la participación ciudadana y la justicia en asuntos ambientales. En noviembre del año pasado, el Congreso de la República de Colombia aprobó la Ley 2273 de 2022, ratificando así el acuerdo.

Bajo este escenario, el mapeo participativo comunitario cobra una importancia significativa, ya que se trata de un proceso en el que las personas pertenecientes a comunidades, movimientos sociales u organizaciones de la sociedad civil crean datos, mapas y sistematizan conocimientos que reflejan sus propias comprensiones territoriales, en contraste con los mapas que suelen ser producidos por el Estado, por empresas privadas o expertos de cualquier sector.

Caja 1: Glosario

Cartografía participativa: Proceso colectivo mediante el cual miembros de una comunidad, movimientos sociales u organizaciones civiles con conocimiento profundo de un territorio dado, crean datos, mapas y conocimientos que reflejan su percepción, conocimiento y experiencia del territorio. Se contraponen a los mapas producidos exclusivamente por personas expertas o entidades oficiales, y busca redistribuir el poder cartográfico mediante metodologías inclusivas.

Comunidad: Grupo de personas que ocupan, viven, y actúan con intencionalidad en un territorio, y comparten desde la pluralidad una identidad social, cultural o política. En el contexto de este estudio, la comunidad participa activamente en la producción de conocimiento territorial, es tanto sujeto como agente del proceso de gestión del riesgo y mapeo colaborativo.

Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres: Instrumento de planificación adoptado por las autoridades locales para identificar, reducir y gestionar riesgos en el territorio. En el caso de Medellín, este plan guía las acciones institucionales y promueve la corresponsabilidad con la ciudadanía frente a amenazas naturales como los deslizamientos.

Percepción de la amenaza: Comprensión subjetiva que tiene una comunidad sobre los riesgos presentes en su entorno, basada en experiencias previas, lo que incluye la mirada histórica de la comunidad, observaciones cotidianas y conocimientos locales y culturales. Esta percepción es clave para complementar las evaluaciones técnicas del riesgo, especialmente en zonas con baja cobertura institucional.

Principios FAIR: Conjunto de principios que guían el manejo responsable de los datos: que sean Findable (localizables), Accessible (accesibles), Interoperable (interoperables) y Reusable (reutilizables). Su aplicación en proyectos de mapeo participativo facilita la integración de información comunitaria en sistemas técnicos y de gobernanza abierta.

En los últimos años, este enfoque ha innovado mediante el uso de tecnologías abiertas de mapeo, que permiten contrastar y complementar los mapas “oficiales”, muchas veces carentes, con el objetivo de reequilibrar el uso tradicional de la cartografía, la cual históricamente ha reforzado las relaciones establecidas de poder y el monopolio asociado a su producción. Además, esta práctica distribuye el esfuerzo cartográfico al articularse entre múltiples fuentes, que en conjunto pueden lograr un mapa más completo y con actualizaciones más frecuentes del territorio, con una mejor representatividad.

La idea de involucrar a las comunidades en el uso de vehículos aéreos no tripulados de bajo costo, conocidos como drones ligeros, y aplicaciones abiertas para completar la información geoespacial desde lo local no es nueva y se ha abordado desde el ámbito académico, especialmente en el contexto del monitoreo de bosques tropicales. Esto se ha dado particularmente en programas como REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation, por su nombre en inglés) u otros enfocados en la conservación de la biodiversidad [2].

Existe el dilema de las comunidades locales “cartografiar o ser cartografiadas”. A partir de esta premisa, sostiene que el uso de herramientas autónomas de mapeo, con drones como componente del proceso, permite desarrollar formas alternativas de leer y representar el territorio, así como nuevas maneras de abordar su gobernanza, ahora en manos de las propias poblaciones locales.

Hoy en día, la popularidad de las aplicaciones abiertas y de los drones, está en constante crecimiento. Su capacidad para recopilar imágenes que son una base fundamental para la creación de información territorial, de manera rápida, rentable y autónoma, los posiciona como una opción preferida frente a alternativas de alto costo, como imágenes de licencias privadas, las imágenes satelitales o la fotografía aérea desde aviones tripulados.

Este aumento en su uso se debe, en gran parte, a los avances tecnológicos recientes, que han permitido la diversificación, miniaturización y reducción de costos en tecnologías espaciales, un aumento en la variedad de sensores y cámaras que pueden instalarse en drones ligeros, así como la aparición de soluciones de código abierto pensadas para un público no especializado, para el procesamiento de imágenes. Esto los convierte en herramientas versátiles, adaptables y accesibles para diversos sectores.

Los medios innovadores habilitados por las tecnologías de la información y la comunicación tienen el potencial de otorgar a las comunidades un rol significativamente nuevo en la toma de decisiones territoriales. Sin embargo, y a pesar de costos más y más accesibles, es fundamental reconocer las limitaciones de acceso a estas tecnologías antes de implementar un proyecto.

En este sentido, Nicolás Vargas-Ramírez [3] advierte que la adquisición de un dron y el diseño de un proyecto comunitario basado en el uso de imágenes deben ir acompañados de una reflexión crítica sobre las implicaciones, tanto positivas como negativas, que esta tecnología podría tener en una comunidad u organización social específica.

Es necesario considerar en qué medida el enfoque, ya sea impulsado desde intereses externos o internos, beneficia realmente a la comunidad, facilitando su aprendizaje, respetando la pertinencia cultural del enfoque y del método de formación, y finalmente, amplificando la voz y la visión territorial de los pueblos indígenas y las comunidades locales.

Es en este contexto, marcado por la necesidad de aplicaciones abiertas, redes de gobernanza y respuestas humanitarias y comunitarias efectivas, que han surgido herramientas innovadoras como OpenStreetMap (OSM) hace ya veinte años. Esta plataforma colaborativa y de código abierto permite a personas de todo el mundo contribuir a la creación y actualización constante de un mapa base detallado, lo cual resulta especialmente valioso en contextos de desarrollo y ayuda humanitaria.

OSM se ha consolidado como una herramienta esencial para el mapeo en zonas afectadas por desastres o conflictos, gracias a su carácter colaborativo y a la gratuidad de sus herramientas de edición, que permiten una intervención rápida y eficaz. De este modo, proporciona información precisa y actualizada para la toma de decisiones en situaciones de emergencia.

Además, el uso de OSM y otras herramientas similares está en constante evolución, a medida que las comunidades descubren nuevas formas de generar y aprovechar datos geográficos sobre sus territorios. Esto contribuye a mejorar la planificación comunitaria, gestionar recursos, coordinar respuestas ante crisis y fortalecer la resiliencia local [4], [5], [6], [7].

La naturaleza abierta y colaborativa de estas tecnologías y su diseño accesible para públicos no especializados permiten a actores locales y globales liberarse de una fase que tradicionalmente ha sido altamente demandante en recursos materiales y humanos: la gestión para el acceso a insumos, datos, imágenes y software. Esta etapa sigue representando, en muchos contextos, un obstáculo importante para la planeación territorial.

Las tecnologías y los enfoques colaborativos fomentan el trabajo conjunto frente a desafíos complejos, promoviendo la participación comunitaria y la transparencia tanto en el proceso metodológico como en el acceso a la información.

El objetivo de este capítulo aborda de manera integral los conceptos de mapeo y monitoreo comunitario, destacando su relevancia y su vinculación con nociones clave como la gobernanza. A continuación, se presenta un caso de estudio en la ciudad de Medellín que demuestra el uso e impacto de OSM como base de datos geográficos colaborativa, así como de tecnologías asociadas a OSM, incluyendo la implementación de drones ligeros en un proyecto liderado por Hub de Mapeo Abierto para Latinoamérica y el Caribe del Equipo de Mapeo Humanitario de OSM (HOT) [8] y el capítulo Geolab de la Universidad de Antioquia [9].

Este estudio destaca el potencial transformador de estas tecnologías cuando son utilizadas directamente por comunidades y movimientos sociales en diversos contextos, incluyendo zonas rurales, periurbanas, urbanas, así como comunidades indígenas, agrícolas y afrodescendientes, entre otros.

2. ¿A QUÉ NOS REFERIMOS CON MAPEO ABIERTO Y MONITOREO PARTICIPATIVO COMUNITARIO?

Numerosas organizaciones desarrollan experiencias que combinan enfoques participativos y tecnológicos para fortalecer la autonomía territorial de las comunidades. Desde la experiencia de HOT, el mapeo y el monitoreo comunitario se entienden como procesos autónomos y periódicos, en los cuales individuos o grupos comunitarios reciben capacitaciones para el uso de aplicaciones abiertas de mapeo, y recolectan datos, información o conocimientos basados en sus propias necesidades y visiones del territorio.

2.1 Objetivo del mapeo y monitoreo comunitario

El objetivo de HOT es contribuir al seguimiento y la comprensión sistematizada de las problemáticas territoriales que enfrentan las comunidades, así como de las transformaciones que ocurren en sus entornos, con el fin de favorecer una toma de decisiones más comprensiva e incluyente, ya sea a nivel individual, comunitario o institucional.

Los principios de datos abiertos establecen que las personas deben tener acceso a los datos, compartirlos y hacerlos utilizables para aquellos que más los necesiten. La aplicación de este enfoque en la gestión del riesgo de desastres fomenta una mejor comprensión y compartición de la información de riesgo con las poblaciones vulnerables.

El proyecto sujeto de este capítulo hizo uso de las tres dimensiones del concepto de riesgo (amenaza, exposición y vulnerabilidad) [10], generando datos sobre cada una de ellas, con el objetivo de comprender mejor el problema antes de comunicarlo a través de diversos formatos.

Además, al comunicar estos datos de manera efectiva a través de diversos formatos, se garantiza que la información sea accesible para una amplia gama de audiencias, incluidas aquellas con diferentes niveles de alfabetización y acceso a la tecnología. Este enfoque no solo aumenta la conciencia sobre el riesgo, sino que también empodera a las comunidades para tomar medidas proactivas destinadas a reducir su vulnerabilidad y fortalecer su resiliencia ante desastres.

Por otro lado, vale la pena destacar que evaluar el riesgo es una tarea costosa y demandante en términos de datos. Cuando la información se genera en sistemas cerrados, los escasos recursos disponibles para la gestión de riesgos se destinan a la creación, búsqueda y uso de datos, y en muchas ocasiones, no se alcanza el nivel de profundidad necesario para una acción oportuna, mucho menos para un enfoque que incorpore la historicidad deseada.

Facilitar el acceso a datos abiertos sobre el riesgo de desastres permite liberar recursos, que podrían emplearse de manera más eficaz en la gestión de la exposición y el impacto, y favorece una comprensión más integral de las distintas dimensiones del riesgo.

En este sentido, la disponibilidad de datos y tecnologías abiertas permite avanzar hacia la creación de una norma abierta e interoperable de metadatos, destinada a describir los conjuntos de datos sobre riesgos utilizados en las evaluaciones de riesgos climáticos y de catástrofes.

Esta medida facilita la reducción de riesgos y el fortalecimiento de la resiliencia, al permitir que las instituciones describan sus conjuntos de datos de manera estandarizada, lo que ayuda a las comunidades a identificar aquellos que mejor se ajustan a sus necesidades. Entre las organizaciones que producen o utilizan con frecuencia estos conjuntos de datos se encuentran organismos humanitarios, compañías de seguros, instituciones académicas y bancos multilaterales de desarrollo.

Utilizar aplicaciones abiertas y disponer de los datos de gestión de riesgos proporciona una serie de beneficios, incluyendo un aumento en la confianza, la maximización del retorno de la inversión y la capacidad de identificar y cubrir brechas de datos a partir de mapeos participativos y comunitarios. Esto es particularmente importante dada la naturaleza dinámica de la evaluación de riesgos; en un mundo donde los entornos construidos, la infraestructura y las poblaciones cambian constantemente, además de los fenómenos naturales mismos, los datos abiertos ofrecen más oportunidades para adaptar y mejorar los datos que utilizamos para modelar el riesgo con una perspectiva histórica, y prepararse.

De esta manera, HOT, desde su inicio en 2010, y su Hub de Mapeo Abierto en América Latina y el Caribe (Hub LAC) desde 2021, han trabajado en la creación y provisión de datos cartográficos, así como en la construcción de capacidades en el mismo sentido en instituciones y comunidades de distintos sectores, según tres vertientes de acciones.

Una de las categorías de proyectos de mapeo comunitario tiene como objetivo principal ampliar el conocimiento sobre un entorno específico, elegido por interés científico, y suele surgir por iniciativa de aliados académicos (mapeo orientado a la ciencia) [11].

Frente a una preocupación por la observación y el monitoreo del espacio expuesto, la tendencia de estos proyectos es desarrollar metodologías para el levantamiento de datos en áreas conocidas por su exposición a

fenómenos particulares que afectan a grupos poblacionales o sectores económicos, generando pérdidas para la sociedad y el medio ambiente.

HOT promueve la incorporación de una dimensión participativa en este tipo de proyectos, involucrando a las comunidades no solo como ayudantes, voluntarios o consultores, sino desde el co-diseño del modelo de datos, generando capacidades para el monitoreo a largo plazo y para el uso oportuno de la información en procesos complementarios que puedan ser liderados por la propia comunidad.

El mapeo comunitario orientado a la ciencia busca visibilizar el potencial metodológico y técnico del enfoque tanto para comunidades como para instituciones públicas, con el propósito de difundir una perspectiva inclusiva y acercar herramientas útiles para el desarrollo en países y regiones con recursos limitados. Dentro de esta línea de acción, se hace énfasis en la calidad de los datos y en el rigor científico, prestando especial atención a la precisión, validez y fiabilidad, sin perder de vista el valor del conocimiento local desde la etapa de creación de los datos base.

Una segunda categoría en el origen de los proyectos incluye aquellos que surgen por iniciativa de un gobierno local o nacional, o bien de una comunidad que se encuentra en un proceso de gestión conjunta con su gobierno. El objetivo de estos proyectos es generar un cambio en la manera de abordar y operar la gestión del territorio, mediante iniciativas orientadas a la acción y al impacto concreto.

En el caso del mapeo comunitario promovido desde las instituciones y las políticas públicas, HOT impulsa las siguientes dimensiones:

- El compromiso público en una serie de acciones que permita un cambio de paradigma de largo plazo hacia lo colaborativo;
- La creación de una base de apoyo en las comunidades para la creación de datos, hacia las instituciones, camino que permite sostener una actualización de datos de calidad, reflejo del conocimiento local, incluyente, de bajo costo, y dando la perspectiva histórica que requiere una gestión más integral de riesgos y desastres;
- El impulso del sentimiento de apropiación por parte de la ciudadanía en el proceso de dichas políticas públicas.

En los proyectos de mapeo comunitario impulsados por intereses colectivos, los criterios de éxito son la creación de espacios para que las personas interactúen entre los distintos sectores en presencia, intercambien, se formen, colaboren y encuentren las herramientas adecuadas para desarrollarse como colectividad. Los enfoques y competencias también quieren permitir que cada actor, junto o separado, pueda desarrollar mejor potenciales temáticas conexas.

Por último, en los proyectos de mapeo comunitario impulsados por preocupaciones locales y apoyados por organizaciones civiles, la iniciativa suele surgir de pequeñas ONG, asociaciones o colectivos, con diversos grados de formalización, que integran o colaboran estrechamente con miembros de comunidades locales para abordar retos específicos. También puede tratarse de comunidades que, desde su propio sistema de liderazgo, buscan a un actor intermedio que pueda brindar soporte técnico y metodológico a su causa.

Estos grupos y organizaciones suelen tener niveles limitados, o incluso nulos, de capacidades técnicas en la creación y manejo de datos cartográficos, por lo que a menudo recurren a universidades u otras organizaciones sin fines de lucro más consolidadas para suplir esta necesidad.

En este tipo de configuración, HOT busca desarrollar procesos metodológicos ajustados a las condiciones locales, considerando factores como el acceso a tecnologías, la conectividad, las particularidades lingüísticas y el nivel de competencia en el uso de tecnología y datos. Además de adaptar las herramientas más adecuadas para cada caso, también se toman en cuenta los aspectos de gobernanza local, con el objetivo de instalar capacidades y procesos de monitoreo sostenibles a largo plazo.

Los criterios clave para evaluar el éxito de este tercer enfoque se centran en su capacidad para abordar de manera efectiva las problemáticas que afectan a las comunidades y a las personas en su vida cotidiana. Estos criterios incluyen la habilidad para fomentar el aprendizaje social, así como la promoción de cambios y transformaciones que impulsen la adopción de prácticas más sostenibles y la construcción de un modelo alternativo de planeación y gestión territorial.

Un criterio final de éxito es la capacidad de las comunidades para replicar y adaptar las metodologías por iniciativa propia, aplicándolas a nuevas causas. Este aspecto está especialmente vinculado con aquellas comunidades que viven cotidianamente los efectos de la injusticia espacial y ambiental, y representa la vertiente que mejor ejemplifica el caso de estudio que exploraremos a continuación.

Estos enfoques (impulsados desde la política pública; la ciencia; una preocupación local; o bien un interés específico) se describen y sintetizan en la Figura 1, la cual muestra el grado de colaboración y el potencial de transformación que implica cada modelo de monitoreo comunitario según cómo se concibe y desarrolla.

MONITOREO COMUNITARIO - CIENCIA COMUNITARIA

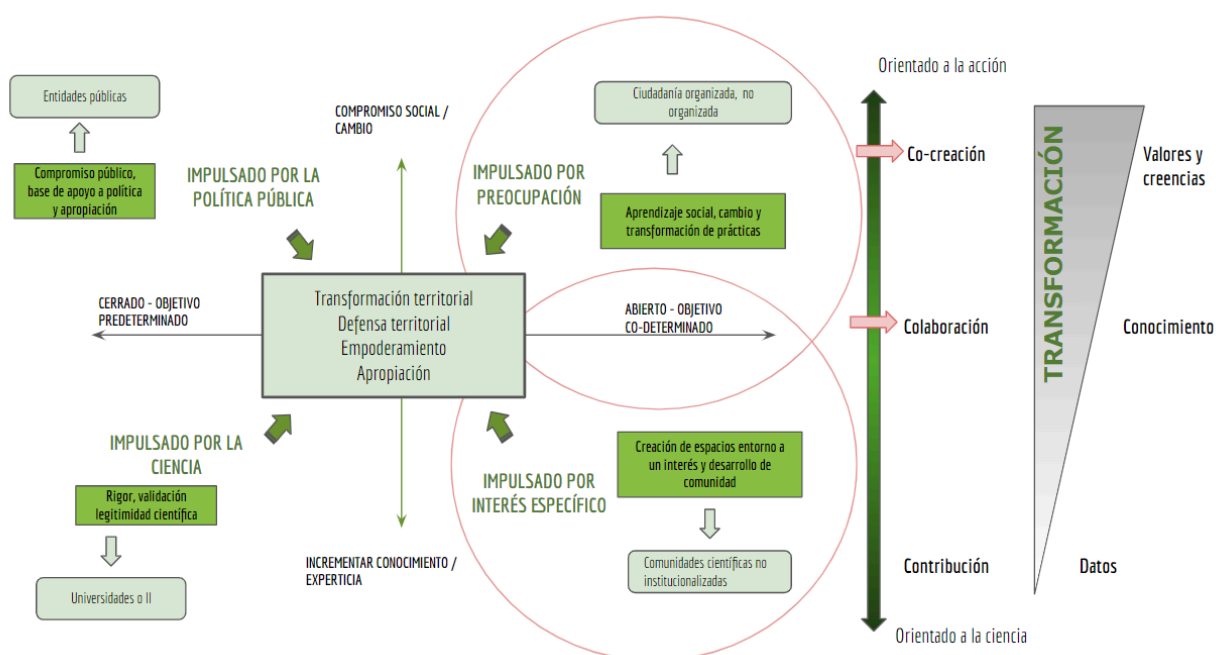


Figura 1: Tipos de monitoreo y mapeo comunitario identificados, según el tipo de actor que lo origina, su grado de co-diseño, y el potencial transformativo que puede alcanzar. Fuente: realización propia.

2.2 Gobernanza abierta e inclusiva

Antes de adentrarnos en el estudio del caso de San Antonio de Prado, es importante señalar cómo la investigación reciente ha analizado la influencia de los avances tecnológicos, como los sistemas de información geográfica, en la participación comunitaria [4]. Por ejemplo, el trabajo de Wehn, titulado *Citizen Observatories of Water: Social Innovation via eParticipation?*, establece que, aunque el mapeo comunitario tiene un potencial significativo, no garantiza por sí solo una mayor participación activa de la ciudadanía en la gestión del riesgo de inundaciones, ni mejora automáticamente la comunicación entre las partes interesadas. Esto ocurre especialmente cuando no existe un trabajo en red ni una gobernanza sólida que promueva la participación temprana a lo largo de todo el proceso de construcción de la gestión local.

La consulta o participación de las comunidades en la recopilación de datos es un paso inicial común en los procesos de planeación participativa, pero alcanzar una verdadera coparticipación en la toma de decisiones sigue siendo un desafío para los actores locales.

No obstante, la integración cuidadosa de las características interactivas del mapeo comunitario con las estructuras institucionales existentes puede fortalecer tanto la gestión del riesgo como la participación ciudadana en estos procesos a largo plazo, dejando tras de sí conciencia, interés y capacidades técnicas y sociales que pueden difundirse potencialmente. Esta colaboración entre comunidades y autoridades aparece como un factor clave para lograr una gestión del riesgo más efectiva y comprensiva.

En este sentido, este texto entiende la gobernanza como “los procesos colectivos, tanto formales como informales, que determinan en una sociedad cómo se toman decisiones y se establecen normas sociales en relación con los asuntos públicos y territoriales” [7]. Y, desde esta definición, plantea la necesidad de abordar una pregunta fundamental: ¿Cómo la cartografía colaborativa, comunitaria y abierta se convierte en un instrumento para una gobernanza territorial inclusiva de base local y le da sustento, especialmente en contextos de países en desarrollo fuertemente expuestos a los efectos del cambio climático, como Colombia?

En algunos casos, los proyectos de cartografía colaborativa han surgido como respuesta a la necesidad de contar rápidamente con mapas actualizados para atender situaciones específicas, en contextos donde la cartografía oficial no podía satisfacer la demanda. Las consideraciones de sostenibilidad suelen aparecer en una etapa posterior, y buscan aprovechar los mapas generados para atender otras necesidades locales, como ampliar la cobertura, mejorar la actualidad y aumentar el nivel de detalle cartográfico.

En otros casos, donde la dinámica no responde a una demanda urgente y consensuada de una comunidad, sino a un reto territorial de más largo plazo y alejado de la cotidianidad inmediata, los desafíos incluyen:

- Mantener la participación y la capacitación constante de los mapeadores locales;
- Sostener los esfuerzos comunitarios mediante su formalización, lo que puede implicar dificultades financieras;
- Enfocar los proyectos en lograr un impacto concreto a través de una colaboración integral con las autoridades territoriales, desarrollando la capacidad comunitaria para gestionar proyectos y dialogar con las instituciones.

Estas cuestiones son fundamentales para garantizar la continuidad y la efectividad de la gobernanza abierta.

Aunque OSM cuenta con una comunidad sólida de usuarios regionales y finales, con miles de voluntarios regulares, persiste la necesidad de motivar constantemente el esfuerzo de mapeo remoto en OSM. Cuando se trata de trabajar en países en vías de desarrollo, este problema se agudiza aún más por la brecha técnica y de conectividad en estas regiones, además de la limitada capacidad de voluntariado en contexto de relativa pobreza.

3. CASO DE ESTUDIO: SAN ANTONIO, TECNOLOGÍAS ABIERTAS Y DRONES

San Antonio de Prado es un corregimiento municipal (división rural de un municipio) ubicado al suroccidente de la ciudad de Medellín, caracterizado por frecuentes reportes de amenazas naturales [12], [13], [14], [15], [16]. Recientemente, el Departamento Administrativo de Gestión del Riesgo (DAGR) lo ha reconocido como uno de los sectores de la ciudad con alta vulnerabilidad a deslizamientos [17].

Este corregimiento, conformado por ocho veredas, presenta más de una cuarta parte de su extensión en categoría de amenaza alta o media por movimientos en masa, según datos de información geográfica abierta extraídos del Catálogo Geográfico de Medellín [18] (Figura 2).

A pesar de este panorama, la gestión del riesgo por parte de las entidades responsables no parece alcanzar la cobertura ni la atención necesarias, lo que evidencia la importancia de implementar herramientas culturalmente pertinentes y de libre acceso, que contribuyan y presionen positivamente la toma de decisiones en este contexto.

En vista del alto grado de amenaza por deslizamientos en el corregimiento, nace el Voluntariado Ambiental para la Prevención de Emergencias en San Antonio de Prado (VAPES), a partir de la preocupación de líderes comunales y consejeros corregimentales por conformar comités comunitarios enfocados en la prevención y respuesta ante estos eventos.

VAPES surge a principios del año 2023 como una iniciativa de la consejera ambiental del Consejo Comunal o Corregimental de Planeación (CCCP), un espacio conformado por líderes que promueven e impulsan la planeación participativa en las comunas y corregimientos de Medellín [12].

El voluntariado tiene como propósito liderar, planificar y ejecutar actividades relacionadas con la gestión ambiental y el riesgo frente a amenazas naturales. Esto se traduce en acciones en el territorio como la limpieza de áreas naturales, la plantación de árboles, la sensibilización ambiental y la educación comunitaria sobre prácticas sostenibles, entre otras.

Motivados por la visión de seguir aportando a la gestión del riesgo comunitaria, VAPES, integrantes del capítulo YouthMappers de la Universidad de Antioquia (GeoLab) y la ONG internacional HOT se articularon para atender esta problemática desde un enfoque centrado en la generación de información y la promoción de la gestión comunitaria. Este enfoque busca fortalecer el rol activo de la comunidad en la producción y uso de información para la toma de decisiones.

Con base en lo anterior, el objetivo fue contribuir, a través del mapeo abierto, a la actualización de información cartográfica y al fortalecimiento del conocimiento comunitario en el uso de herramientas de mapeo para la gestión del riesgo.

Esta contribución fue clave para apoyar las estrategias del Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Medellín, en términos de apropiación y corresponsabilidad frente a la amenaza y la vulnerabilidad [19], buscando articular a la comunidad con las autoridades locales en el manejo de riesgos de desastres.

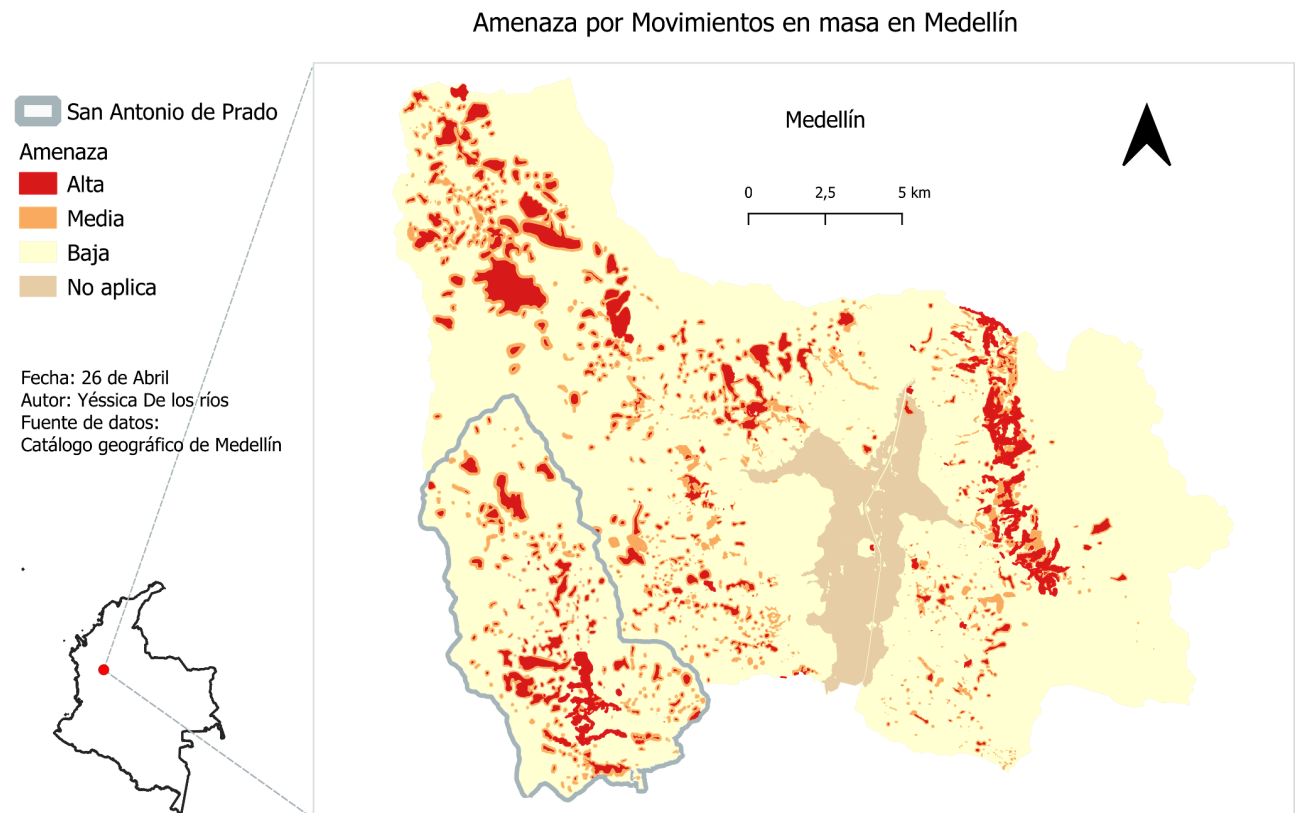


Figura 2: Amenazas por movimiento en masa en Medellín, localizando el corregimiento de San Antonio de Prado. Creación propia. Datos tomados del catálogo geográfico de Medellín.

3.1 Metodología

Teniendo en cuenta la extensión del territorio del corregimiento (50.77 Km²) [12], el proyecto se enfocó en actualizar información cartográfica de cuatro de las ocho veredas del corregimiento (La Verde, Potreritos, Montañita, El Salado) en la plataforma OpenStreetMap (OSM) y registrar puntos de amenaza a deslizamientos percibidos por la comunidad (puntos donde la pendiente o la estabilidad del suelo desde la percepción comunitaria sugerían un monitoreo y una solicitud de revisión para el DAGRD). Estos registros se utilizarían más adelante para delimitar una zona prioritaria para mapeo con dron. Lo anterior se realizó en las siguientes fases.

3.1.1 Trabajo con los actores involucrados

Con la creación del grupo voluntario VAPES, se iniciaron convocatorias dirigidas a líderes y miembros de la comunidad interesados en participar en actividades orientadas a estudiar y proponer medidas ante posibles amenazas identificadas en el territorio.

Gracias a la cercanía de algunos estudiantes del grupo GeoLab con el corregimiento, comenzó a tejerse un vínculo con la comunidad, a través de la participación de estos estudiantes en las reuniones del grupo. Esto dio lugar a un espacio de conversación entre el sector comunitario y el estudiantil universitario, centrado en las posibles acciones para contribuir a la gestión del riesgo.

A partir de este diálogo, surgió una reflexión conjunta sobre el potencial, las ventajas y las limitaciones de las metodologías colaborativas de mapeo abierto para la generación de información cartográfica.

Estas ideas se materializaron en una propuesta concreta al conseguir apoyo y financiación por parte de HOT, lo que permitió establecer los objetivos del proyecto. Si bien se buscó la participación activa del DAGRD, la presencia institucional se limitó al equipo social y no incluyó a especialistas en riesgo, lo que dificultó la estandarización en la recolección de información sobre deslizamientos desde un enfoque técnico.

Por lo tanto, aunque los capacitadores y líderes del proyecto contaban con conocimientos en herramientas geoespaciales abiertas, solo se logró actualizar y validar la información relacionada con veredas y caminos. En cambio, la recolección de datos sobre deslizamientos por parte de la comunidad se basó en su propia noción y percepción del riesgo.

A pesar de esta limitación, los registros obtenidos desde esta mirada comunitaria dieron lugar a hallazgos relevantes, como se detallará más adelante en los análisis.

Después del proyecto, se continuó manteniendo una conversación abierta con representantes del DAGRD, a partir de este caso de estudio, con el objetivo de analizar, estandarizar y explorar el alcance de estos modelos dentro del marco metodológico de gestión del riesgo que coordina la institución.

El trabajo con la comunidad enfrentó diversos retos y limitaciones. El principal fue lograr el involucramiento activo de la comunidad en todas las etapas del proyecto. A pesar de la disposición de los miembros de VAPES, muchos de ellos son líderes políticamente activos y forman parte del CCCP, cuyas agendas se vieron afectadas con el inicio del periodo electoral territorial en octubre de 2023 [20]. Esto dificultó la regularidad de las reuniones y dispersó la participación, la cual solo se restableció una vez concluida la jornada electoral.

Este riesgo fue identificado desde la etapa de planificación del proyecto y como medida anticipatoria, se dejó disponible información sobre las herramientas y talleres en un micrositio [21] creado por el equipo, para que los líderes pudieran acceder a estos recursos de forma autónoma. Sin embargo, el impacto fue mayor al previsto, lo que llevó a una extensión del calendario mucho más prolongada de lo esperado, interrumpiendo la frecuencia necesaria para lograr una capacidad instalada más sólida.

Es importante considerar este tipo de situaciones como parte de las estrategias de mitigación de riesgos, incorporando no solo flexibilidad en los cronogramas, sino también la diversificación del liderazgo y la

participación de un mayor número de actores clave, de modo que la continuidad del proyecto no dependa exclusivamente de un grupo reducido de líderes o convocantes.

3.1.2 Entrenamiento de la comunidad

En cuanto a las sesiones de capacitación, se buscó familiarizar y entrenar a la comunidad en trabajo colaborativo y herramientas para el mapeo participativo. Se realizaron alrededor de 10 reuniones entre el 10 de octubre de 2023 y el 15 de diciembre de 2023, enfocadas en familiarizar a las personas con herramientas geoespaciales y colaborativas abiertas (OSM, Mapillary y KoboToolbox) para actualizar cartografía.



Figura 3: Capacitación en OSM con miembros del casco urbano de San Antonio de Prado y representante de equipo social del DAGRD en el Centro de Desarrollo Social (CDS) (octubre 2023).

La capacitación se organizó con el apoyo de un tallerista y de miembros del capítulo GeoLab, quienes colaboraron en la estructuración de los talleres realizados en la sala múltiple del Centro de Desarrollo Social de San Antonio de Prado.

Las sesiones se desarrollaron en ciclos de dos talleres, abordando los siguientes temas:

1. Introducción al mapeo colaborativo y a la cartografía.
2. Herramientas geoespaciales abiertas para la actualización de información geográfica, incluyendo Kobo, Mapillary y la plataforma OpenStreetMap.
3. Características y potencialidades de OpenStreetMap, su comunidad, base de datos y principios para el ingreso de información.
4. Edición cartográfica en el mapa abierto mediante el editor OSM iD [22].

Posteriormente, se guió al grupo de participantes a una salida de campo para mapear la zona donde se obtuvieron los registros con Kobo, acompañados por miembros de GeoLab. También se organizó una sesión complementaria de cartografía a distancia, realizada por el mismo grupo.

El éxito de esta fase depende de una convocatoria adecuada para reclutar personas genuinamente interesadas en la gestión del riesgo, con competencias y disposición para el uso de herramientas cartográficas abiertas. En este caso, se partió de un grupo comunitario y político con una preocupación activa por su territorio ante las amenazas identificadas. Sin embargo, se recomienda realizar una investigación preliminar exhaustiva en el área de intervención, con el fin de identificar no solo un involucramiento activo, sino también una adaptación contextual adecuada (uso de tecnologías y dispositivos móviles), un rango de edad óptimo, y un reconocimiento amplio de liderazgos y sectores diversos de la comunidad (más allá del comunitario).

Estos aspectos son determinantes para asegurar la responsabilidad y el compromiso del grupo focal con los objetivos del proyecto, así como su capacidad de respuesta ante el uso de herramientas tecnológicas abiertas.

3.1.3 Registro de puntos propensos a deslizamientos

Para inventariar y georreferenciar los puntos identificados por la comunidad como potenciales áreas de deslizamiento, se utilizó un formulario de encuesta a través de la aplicación KoboToolbox. Esta herramienta permite tomar fotografías y otros archivos multimedia, registrar coordenadas geográficas y añadir información asociada a cada punto.

El uso de esta aplicación fue bien recibido por la comunidad debido a su practicidad, interfaz intuitiva y la posibilidad de recolectar datos sin necesidad de conexión a internet o uso de datos móviles.

Además, el hecho de que la propia comunidad participara en la construcción del formulario de encuesta fomentó un mayor involucramiento en el proceso de recolección, ya que comprendía con claridad la información que se solicitaba. El uso de Kobo no solo permitió visibilizar los puntos reportados, sino también analizarlos junto con la comunidad, gracias a las herramientas de visualización, gráficos y tabulación de datos que ofrece la plataforma.

La metodología para ejecutar las encuestas se desarrolló en tres sesiones. En la primera, se discutió con la comunidad qué información debía contener el formulario, se construyó colectivamente y se realizó una prueba piloto. La segunda y la tercera sesiones se dedicaron al trabajo de campo, en el que participaron tanto los miembros de la comunidad como estudiantes del capítulo GeoLab.

El formulario se utilizó como herramienta para recolectar información sobre puntos que la comunidad percibía como propensos a deslizamientos, y se diseñó para obtener una descripción sencilla de cada registro. Se consideraron características visibles (como grietas, erosión, árboles inclinados, entre otros), si el punto podía ser producto de una reincidencia (historial de deslizamientos), si comprometía infraestructura cercana, y si había sido notificado o intervenido por alguna entidad con jurisdicción.

Para cada registro también se identificó la ubicación geográfica y se tomó al menos una fotografía [23].

Uno de los aspectos clave en el uso de esta aplicación para generar información sobre amenazas es involucrar a las instituciones responsables de la gestión del riesgo, con el fin de que acompañen y contribuyan a la estandarización de las preguntas del formulario.

Si bien la información registrada y percibida únicamente por la comunidad es valiosa y ha generado hallazgos relevantes (ver análisis y resultados), la experiencia demuestra que es recomendable que los datos recolectados respondan no solo a las necesidades y preocupaciones comunitarias orientadas a la autogestión, sino que también sean útiles para satisfacer criterios técnicos. Esto permite una mejor articulación con las autoridades y facilita la vigilancia periódica por parte de un cuerpo técnico especializado en la amenaza presente en la zona.

3.1.4 Generación de Ortofoto

La actualización cartográfica de cuatro veredas en OpenStreetMap (OSM) se llevó a cabo utilizando una imagen digital de Medellín de 2021 [24] y una ortofoto complementaria generada con dron como parte de este proyecto, en noviembre de 2023 [25]. Esta última fue producida para una de las zonas afectadas por deslizamientos, con el objetivo de mejorar la resolución de referencia y establecer una base de observación para monitorear la evolución del área.

El proceso se desarrolló en varias etapas:

1. Delimitación del área potencial: Se trazó una circunferencia (color negro, Figura 4) en una de las reuniones con la comunidad, considerando registros de deslizamientos conocidos, la percepción local del riesgo (datos almacenados en KoboToolbox), y las sugerencias comunitarias sobre áreas afectadas.
2. Reconocimiento de la zona: Se identificaron condiciones de accesibilidad, necesidades logísticas y la extensión adecuada de la ortofoto. A través de las aplicaciones Mapillary y OSMTracker, se capturaron secuencias de imágenes a nivel de calle y se registraron puntos potenciales para el vuelo del dron (lugares accesibles, con buena visibilidad panorámica, poco cableado, etc.).
3. Exploración y análisis de la información: Se realizó un cruce de datos entre los puntos de interés, las imágenes de Mapillary y la información comunitaria para definir un polígono óptimo para la generación de la ortofoto, considerando principalmente la accesibilidad y la logística del vuelo.

Este proceso derivó en la delimitación de un área de 150 hectáreas (polígono amarillo, Figura 4).

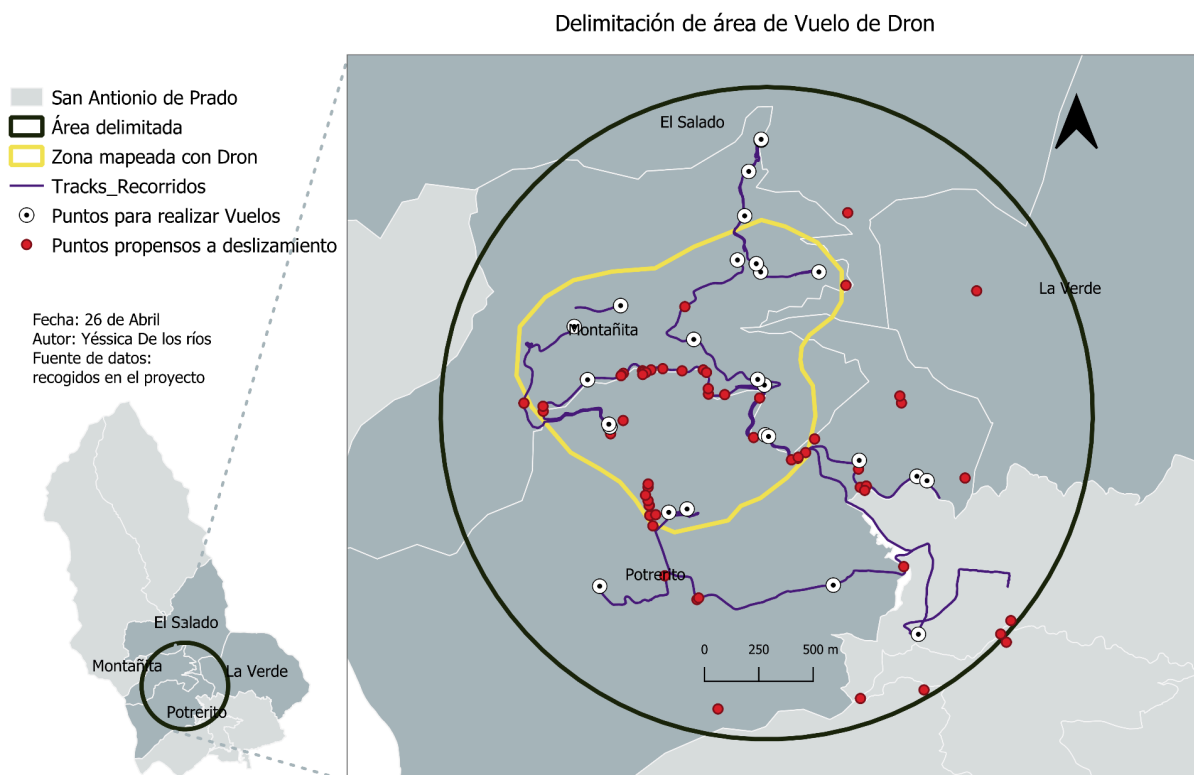


Figura 4: Área delimitada para mapeo con dron basado en registros comunitarios de amenazas de deslizamiento.

Finalmente, para la ejecución de los vuelos con dron fue necesario dividir el área de mapeo en tres zonas, utilizando tres rangos de altitud diferenciados (cada uno de 100 m). Esta estrategia permitió evitar colisiones, dado que se trata de una zona montañosa (Figura 5).

La información topográfica fue obtenida a partir de un modelo de elevación digital descargado de la plataforma EOS.COM [26] y procesada en el sistema de información geográfica QGIS. Cada una de las tres zonas

se subdividió en polígonos para ejecutar los vuelos a una altura de 150 m, es decir, por encima de los 100 m establecidos para evitar choques en las fronteras entre zonas.

Los vuelos se realizaron utilizando la aplicación Pix4D Capture. Antes de las misiones principales, se realizaron pruebas para evaluar el comportamiento del dron e identificar posibles riesgos durante los vuelos. Las imágenes obtenidas se procesaron posteriormente en el software Agisoft para generar la ortofoto final.

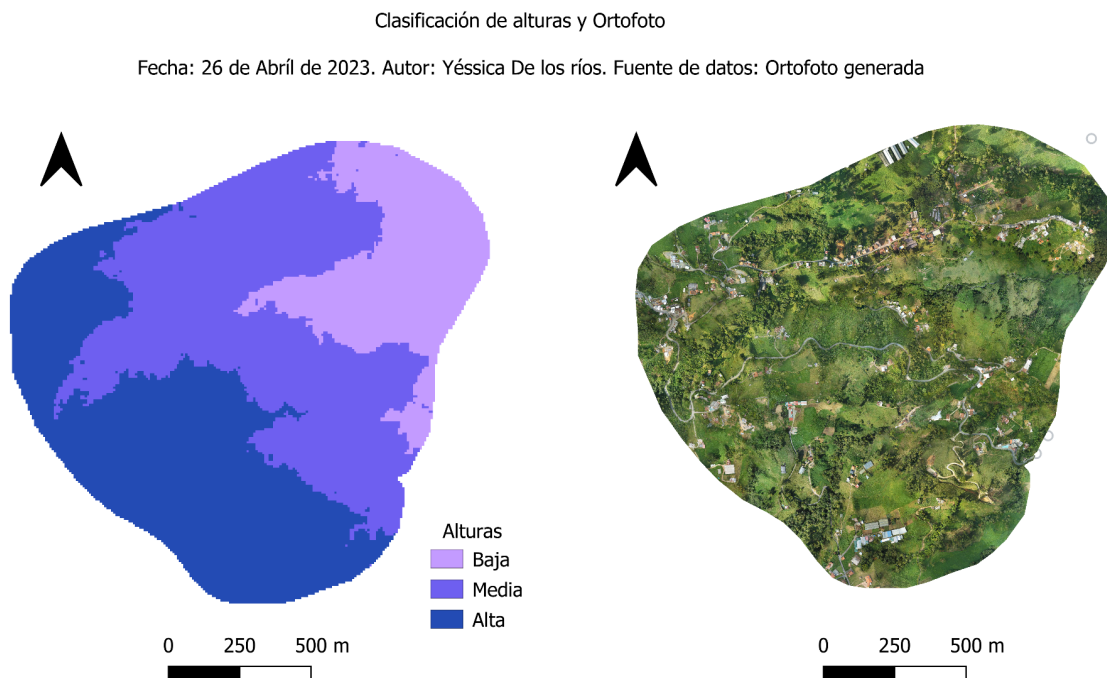


Figura 5: Clasificación de alturas de las áreas de interés: izquierda; polígono de mapeo con zonas alta, media y baja (2185-2085 m, 2085-1985 m, 1965-1865 m, respectivamente). Derecha: Ortofoto de referencia.

Aunque el conocimiento local es fundamental para la delimitación del área potencial de mapeo, se recomienda incluir también la participación de un cuerpo técnico de la institución encargada de la gestión del riesgo, que pueda aportar información sobre registros de amenazas, así como la ubicación de zonas críticas y vulnerables en el territorio. Esta articulación permitiría, en condiciones ideales, definir el área de vuelo a partir del solapamiento entre la información comunitaria y los criterios técnicos, facilitando una mejor priorización del área de intervención.

Si bien en algunas sesiones se contó con la participación de representantes del DAGRD, no se compartió información oficial sobre los eventos registrados en la zona. Las imágenes generadas durante los vuelos sirvieron como base para el mapeo remoto posterior (ver sección siguiente) y para un análisis más detallado de la amenaza por deslizamientos (ver en Análisis y Resultados).

3.1.5 Mapeo remoto y en campo

La actualización geográfica se realizó en tres etapas, comenzando con un mapeo remoto inicial, en el que se utilizaron imágenes digitales para generar una base cartográfica preliminar, dibujando los edificios, caminos y vías visibles en las imágenes.

En la segunda fase, se realizó un mapeo en campo, mediante recorridos a pie y en motocicleta por las principales vías de acceso a las cuatro veredas, recolectando secuencias fotográficas de las zonas. Además, se utilizó KoboToolbox para registrar fotos e información georreferenciada de las viviendas ubicadas en la zona mapeada con dron, incluyendo características como el material de construcción y el número de pisos. Esta información sirvió como herramienta de verificación y complemento, y también permitió anotar datos adicionales relevantes durante el recorrido.

La tercera fase consistió en un mapeo remoto final, desarrollado a lo largo de un ciclo de 10 sesiones de mapeo distribuido, utilizando la plataforma Tasking Manager de HOT [27]. Durante este proceso, se emplearon las fotografías de nivel calle obtenidas con Mapillary y la información recopilada con KoboToolbox para agregar atributos a los edificios, vías y caminos en OSM, con el fin de asegurar que la información cartográfica fuera lo más precisa y detallada posible.

Si bien Kobo Collect también fue utilizado para registrar fotografías, características y coordenadas de edificaciones, su fortaleza se centró en el almacenamiento y análisis desde su interfaz, aunque no resultó adecuada para enlazar directamente la información al mapa abierto de OSM.



Figura 6: Edición de OpenStreetMap en Id Editor utilizando la Ortofoto generada y las fotografías de Mapillary vinculadas a la misma plataforma (puntos verdes).

3.1.6 Limitaciones de esta metodología

Las limitaciones más importantes se resumen en torno a la articulación entre actores y dinámicas comunitarias. Se desarrollan a continuación a modo de orientación para futuras experiencias.

Falta de articulación técnica desde el inicio del proyecto: Uno de los obstáculos centrales fue la ausencia de especialistas técnicos e institucionales dentro del marco de gobernanza desde el arranque del proyecto. Esto generó una brecha entre la visión comunitaria, que predominó gracias al trabajo del equipo del proyecto (sociedad civil), y la perspectiva técnica requerida para estandarizar los datos sobre deslizamientos. Aunque se intentó mitigar esta situación mediante diálogos posteriores con la entidad correspondiente y el uso de datos comunitarios como insumo inicial, la ausencia de asesoría técnica afectó la definición metodológica en las fases iniciales y de validación del inventario.

Interferencia del contexto político y fragilidad organizativa: El proceso enfrentó dificultades vinculadas al contexto electoral local de 2023, que interrumpió la participación constante de actores comunitarios, varios de ellos con cargos políticos. Esto redujo la frecuencia de reuniones y afectó la continuidad del proceso. La estrategia de mitigar esta pausa con un microsítio de autoformación no logró compensar del todo la interrupción. Se evidenció la necesidad de diversificar liderazgos y aumentar el número de actores implicados para dar mayor estabilidad y resiliencia a la organización. En este sentido, se subraya la importancia de considerar desde el inicio el contexto político e institucional en la planificación de proyectos comunitarios.

Dependencia de un grupo limitado y falta de representatividad: Aunque el proceso formativo fue exitoso gracias a talleristas y al equipo de GeoLab, se sostuvo principalmente en el entusiasmo inicial de un grupo reducido de participantes. Esto refleja una debilidad estructural relacionada con la falta de un análisis previo que permitiera integrar un grupo más representativo de la comunidad, en términos generacionales, ocupacionales, y de acceso tecnológico y alfabetización digital. Además, el concentrar el liderazgo del proyecto en un grupo políticamente activo ayudó al inicio, pero limitó su capacidad de expandirse a otros sectores de la comunidad o sostenerse a largo plazo. La planeación futura deberá incluir análisis previos del contexto comunitario y criterios más inclusivos para asegurar sostenibilidad.

Desarticulación entre metodologías comunitarias y criterios técnicos: En el registro de puntos de deslizamiento, aunque la herramienta KoboToolbox facilitó la participación y funcionó técnicamente, el formulario fue diseñado sin validación por parte de expertos en gestión de riesgos. Esto impidió incluir criterios normativos esenciales para que los datos pudieran utilizarse directamente por sistemas institucionales. A pesar de los esfuerzos de análisis colectivo posterior, quedó clara la necesidad de vincular desde el diseño a los actores técnicos para que el esfuerzo comunitario tenga mayor relevancia y aplicabilidad en instancias oficiales.

Falta de coordinación en el levantamiento con dron: El levantamiento de ortofotos enfrentó importantes dificultades logísticas, debido a la topografía compleja, que requirió subdividir el territorio y hacer pruebas para garantizar la seguridad del vuelo. Además, la selección del área se basó únicamente en información comunitaria sin una contraparte técnica que aportara criterios oficiales sobre zonas prioritarias. Esta falta de alineación impidió definir una zona de intervención que combinara objetivos comunitarios e institucionales, desaprovechando el alto costo logístico de esta actividad. Para maximizar su impacto, estos procesos deberían plantearse desde una gobernanza compartida que alinee capacidades y prioridades.

3.2 Análisis y resultados

Con la participación de estudiantes de YouthMappers y miembros de VAPES, en apoyo técnico a la comunidad de San Antonio, se mapearon en total 4,286 edificios en las cuatro veredas y 31 kilómetros de vía. Se añadieron atributos a OSM como tipo de edificio (religioso, educativo, comercial, etc), material de construcción (concreto, adobe, madera, entre otros) y número de pisos. Se actualizó también información relacionada con vías y caminos (tipo de camino, tipo de vía, dirección de la vía, superficie y estado).

Se registraron 59 puntos en total percibidos por la comunidad como propensos a deslizamientos, de los cuales seis fueron considerados como puntos críticos por personal técnico del DAGRD, que acompañó algunas reuniones (estos datos fueron almacenados únicamente en KoboToolbox). La exploración de esta información junto con la comunidad tuvo como objetivo inferir y extraer conclusiones que permitieran cuestionar dinámicas relacionadas con el uso del suelo, la pérdida de patrimonio natural, la construcción no planificada y la infraestructura inadecuada de drenaje, entre otros factores.

Este proceso de concienciación impulsó a los participantes a proponer medidas orientadas a mitigar la vulnerabilidad del territorio, integrando estos aspectos en los proyectos impulsados por las juntas de acción comunal.

Los datos registrados en Kobo sugieren que la percepción de amenaza por parte de los participantes se relaciona estrechamente con el impacto potencial sobre las vías, ya que son los espacios por donde transitan habitualmente.

Esta información puede ser útil para identificar zonas con tendencia a la reptación superficial (o inestabilidad superficial del terreno), un tipo de movimiento de ladera que ocurre comúnmente a lo largo de vías o vertientes y que puede provocar daños leves o moderados [28].

Aunque el efecto destructivo de este tipo de fenómeno suele ser bajo, los costos asociados a la reparación de vías o caminos pueden ser elevados, debido a que afecta tramos considerables, a veces de varios kilómetros, a lo largo de carreteras [29]. El alto número de registros ubicados a lo largo de las vías recorridas sugiere la conveniencia de establecer un monitoreo frecuente, utilizando aplicaciones como Mapillary, para evaluar si se requiere una intervención preventiva o correctiva.

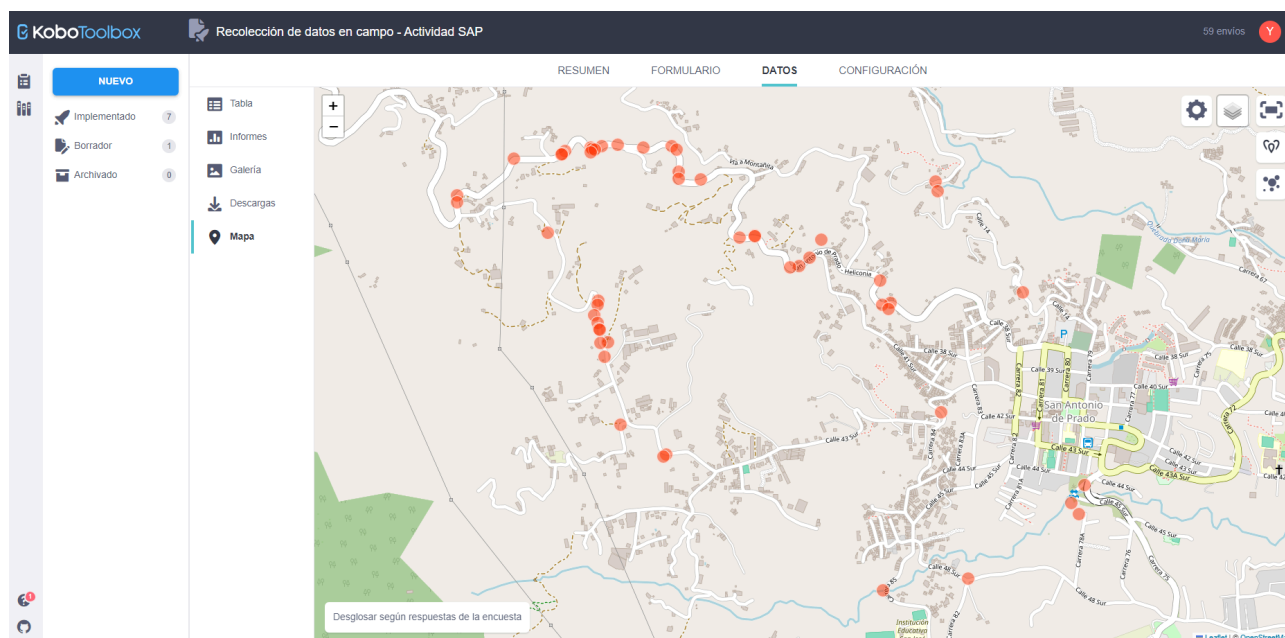


Figura 7: Registros (en naranja) de percepción de amenaza de deslizamiento tomados por la comunidad usando KoboToolbox.

Los registros recopilados en esta etapa no contaron con un filtro técnico por parte de la institución responsable de la gestión del riesgo. Sin embargo, es fundamental no subestimar su relevancia, tanto para el sector comunitario, que observa, se preocupa y registra, como para la institución, que verifica e interviene.

En comunidades vulnerables a una amenaza, este tipo de información puede ser clave para fortalecer la autogestión comunitaria, especialmente en contextos donde la entidad de gestión del riesgo no tiene un alcance suficiente. Los pobladores pueden alertar a su comunidad y tomar medidas para evitar un mayor deterioro del suelo o de las áreas que consideren preocupantes.

Para la institución de gestión del riesgo con jurisdicción, esta información representa una oportunidad para identificar estrategias de educación y sensibilización, que permitan establecer rutas adecuadas para una vigilancia comunitaria activa frente a amenazas de deslizamiento. Este enfoque resulta especialmente pertinente en el contexto del presente caso de estudio, aún más considerando la actual temporada invernal en curso.

Descargando la información actualizada de OpenStreetMap (OSM) y utilizando las imágenes generadas por dron, se realizaron análisis para visualizar la posición de las veredas mapeadas, los puntos de deslizamientos conocidos y los registros de Kobo, en relación con variables que influyen en los movimientos en masa. Entre estas variables se consideraron la probabilidad de saturación del suelo (índice topográfico de humedad), las pendientes y el aspecto (orientación de las laderas) [30].

En este análisis, todos los registros, tanto deslizamientos ocurridos como puntos de amenaza percibida por la comunidad, se ubicaron muy cerca de zonas con alta pendiente, mientras que no se observó una tendencia clara en relación con la orientación de la montaña o el índice de saturación del suelo. Esto sugiere la necesidad de establecer monitoreos periódicos, a partir de los cuales se puedan identificar patrones asociados a estas u otras variables, como lo propone Yang et al. [31].

Comparar estos registros con variables físicas y topográficas puede contribuir a la identificación de patrones útiles para predecir deslizamientos, y, eventualmente, derivar en recomendaciones o normativas para un uso del suelo más adecuado.

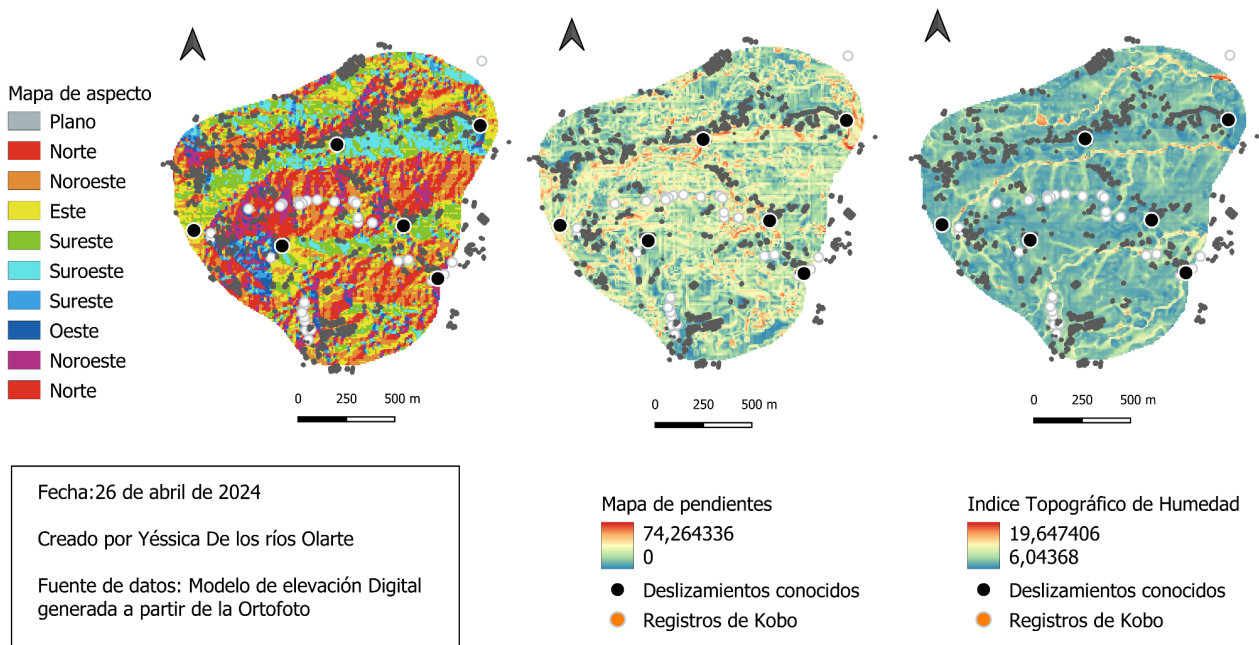


Figura 8: Mapas de aspecto, pendiente e Índice topográfico de humedad generados a partir de las ortofotos creadas en el proyecto.

A partir de las imágenes de la ortofoto y el análisis de las variables consideradas, se obtuvieron varios hallazgos relevantes. El índice topográfico de humedad fue mayor en zonas donde se observaron cordones lineales de árboles, ubicados principalmente en las partes más bajas de las laderas. Esta variable ha mostrado un incremento asociado al aumento de deslizamientos, y es reconocida como un indicador de alta saturación de agua en el suelo [30].

Dado que estas zonas presentan una alta probabilidad de acumulación de agua, la presencia de árboles en dichos sectores es fundamental, ya que contribuyen a la regulación hídrica de la escorrentía aguas abajo y a la estabilidad del suelo [32], [33]. Sin embargo, en el caso de las viviendas ubicadas a media pendiente, si no cuentan con barreras naturales o infraestructurales que protejan de la escorrentía descendente, podrían presentar una vulnerabilidad mayor en comparación con otras edificaciones situadas en áreas más bajas o con mejor protección.

Esto se evidenció en algunas revisiones realizadas mediante buffers de 200 m alrededor de puntos de deslizamiento conocidos (Figura 9). Además, las imágenes captadas con el dron mostraron una baja regulación en el uso del suelo en los alrededores de puntos críticos. Estas imágenes pusieron en evidencia signos de erosión en distintas áreas, aparentemente relacionados con el desarrollo de cultivos, praderas para ganado y construcciones de vivienda en curso.

Lo anterior resalta la necesidad de implementar medidas que fortalezcan los servicios de regulación del suelo, mediante infraestructura verde y estrategias de conservación de bosques, modelos que ya han demostrado que contribuyen significativamente a la reducción del riesgo de deslizamientos en zonas montañosas [34].

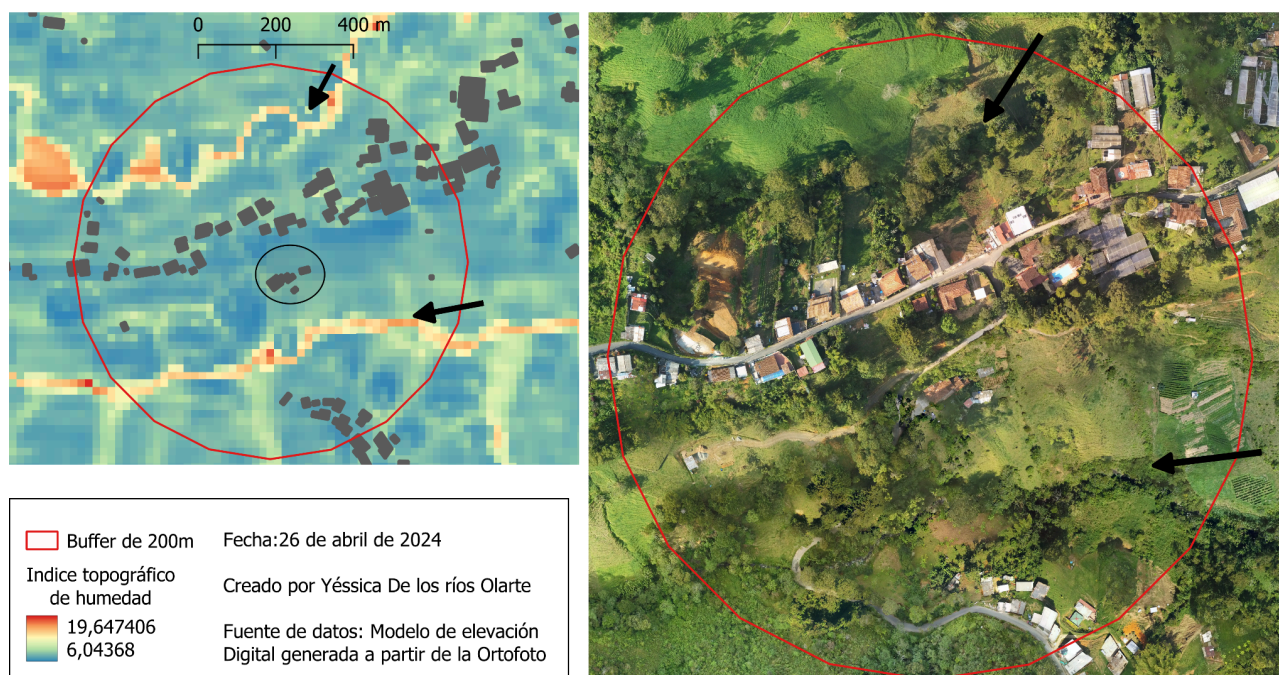


Figura 9: Caracterización de la localidad en relación con su topografía. Del lado izquierdo: Edificaciones mapeadas en café sobre la capa de índice topográfico de humedad (ITH). Las flechas negras señalan los valores altos del ITH en cordones de árboles, señalados también en la imagen de la derecha. Abajo, de ver el perfil topográfico de la zona en un corte vertical.

Estos resultados reflejan la importancia de incorporar una mirada comunitaria en la comprensión de la amenaza por deslizamiento, con el objetivo de facilitar una planificación del riesgo más integral en colaboración con las autoridades.

Esto pone de manifiesto la necesidad de vincular a las instituciones de gestión del riesgo desde las etapas iniciales de los proyectos de mapeo comunitario, de manera que la metodología utilizada para identificar, registrar y tabular la información combine el rigor técnico exigido por la autoridad pública con el acceso y comprensión por parte de la comunidad, utilizando herramientas abiertas.

Este es uno de los principales retos: cómo generar ciencia ciudadana e información que represente tanto la experiencia y las preocupaciones de la comunidad como los criterios técnicos de las instituciones, permitiendo así un uso efectivo por parte de ambos sectores.

El proyecto también resalta la utilidad de aplicaciones abiertas y de las imágenes generadas por dron para actualizar y monitorear zonas con registros de deslizamientos, especialmente en áreas vulnerables donde se carece de herramientas de seguimiento y donde las instituciones públicas no tienen suficiente alcance operativo.

El monitoreo constante de deslizamientos o amenazas de movimientos en masa puede prevenir afectaciones al patrimonio, a los sistemas de conducción de agua, a las vías de comunicación y a la infraestructura pública, lo cual puede representar elevados costos de intervención y reparación.

La recolección y evaluación sistemática de datos sobre deslizamientos es fundamental para la formulación de políticas eficaces en la gestión del riesgo de desastres naturales, así como para la mitigación de los impactos ocasionados por estos fenómenos [35].

A través de esta propuesta, que funciona como piloto, se busca establecer un modelo de acción que permita a otras comunidades tener una participación activa en la gestión de sus riesgos, la protección de su vida y de su territorio.

La información generada fue presentada al DAGRD para demostrar la pertinencia de integrar un enfoque colaborativo, en el que la comunidad participe y contribuya de forma activa en los Planes Comunales de Gestión del Riesgo, como los desarrollados entre julio de 2023 y febrero de 2024.

Este tipo de programas, orientados a fomentar la autogestión comunitaria del riesgo, pueden fortalecerse mediante procesos como los implementados en este proyecto, a través del uso de cartografía abierta, y además, asegurar y maximizar el alcance de los componentes programáticos tanto del Plan de Gestión del Riesgo de Medellín [19] como del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres [36].

4. CONCLUSIONES

Desarrollar estrategias integrales y efectivas para la reducción y gestión del riesgo de desastres requiere la combinación armoniosa de enfoques que aprovechen tanto la experiencia de los expertos como el conocimiento territorial arraigado en las comunidades locales, por principio de integralidad del conocimiento como base de la toma de decisiones, y principio de inclusión y justicia espacial y ambiental. Los expertos, con su dominio técnico especializado, ofrecen una comprensión de los peligros y riesgos específicos, así como de sus posibles repercusiones, a la vez que proponen soluciones innovadoras y eficaces para hacer frente a estos desafíos, todo ello desde las condiciones y sesgos propios de sus profesiones.

Por otro lado, las comunidades locales son depositarias de un conocimiento íntimamente conectado con su entorno y su dinámica social, cultural y económica. Son el único actor capaz de aportar información sobre la experiencia directa e indirecta, además de multidimensional e histórica, de los impactos de los desastres. También poseen una comprensión única de cómo estos riesgos evolucionan y cambian con el tiempo en su contexto particular, lo que permite un monitoreo constante de la amenaza y proyecciones a futuro. Por lo tanto, su participación activa en la identificación, evaluación y respuesta a los riesgos es esencial para el diseño de estrategias verdaderamente efectivas y adaptadas a las necesidades locales.

Además de proporcionar una fuente continua de información sobre los riesgos, las comunidades desempeñan un papel crucial en la promoción de la adopción y la implementación de medidas de reducción y gestión del riesgo. Su compromiso y empoderamiento en el proceso de toma de decisiones, por ser las principales involucradas e impactadas, no solo garantizan la concreción del foco que toma todo el ciclo de creación y uso de datos para la toma de decisiones, sino que también fortalecen la resiliencia local, fomentando un sentido de responsabilidad compartida y una mayor capacidad de respuesta ante desastres.

Por otro lado, las herramientas de mapeo abiertas ofrecen una forma práctica y económica de contribuir a la gestión del riesgo ante una amenaza, y plantear procesos duraderos sobre los que las comunidades fortalecen sus capacidades de gestión territorial en cualquier otra temática. La cartografía actualizada con OSM y ortofotos de drones permite mantener un repositorio actualizado de edificios, infraestructura, usos del suelo y condiciones de los recursos naturales, lo que es clave para evaluar la exposición y vulnerabilidad en áreas problemáticas.

Como hemos demostrado en esta contribución, las herramientas pertinentes de mapeo abierto y capacitaciones son un puente práctico para instalar enfoques colaborativos entre la comunidad y la institucionalidad, que alimentan los planes de gestión del riesgo a través de perspectivas territoriales integrales y en tiempo real. El reto principal está en identificar estrategias para integrar y estandarizar la información local y técnica institucional en un marco unificado y duradero, que esté al alcance de la contribución de estas metodologías participativas en la toma de decisiones para las diferentes amenazas.

Las más importantes lecciones aprendidas en el proceso expuesto se sintetizan a continuación.

Puntos Clave

1. La definición conjunta, intersectorial e integral de la situación a tratar, así como los problemas a priorizar y sus diferentes dimensiones, requiere la construcción inicial de un proceso integral de co-formulación del problema, centrado en la comunidad. Este proceso no debe estar limitado a los mecanismos tradicionales de consulta, sino que debe permitir a los sectores expresar y desarrollar sus perspectivas en un mismo plano. El problema y los ángulos a tratar provienen de esta co-construcción.
2. La gobernanza efectiva de los datos, junto con una colaboración activa entre todos los actores involucrados, resulta esencial para optimizar recursos y garantizar la sostenibilidad a largo plazo en la reducción y gestión del riesgo de desastres. Esto requiere el diagnóstico e identificación clara de las necesidades técnicas y de datos, así como de los enfoques de cada sector participante, y la definición del camino más óptimo para la gestión de información con una visión a largo plazo.
3. La capacitación continua con enfoque comunitario emerge como un pilar fundamental para definir con la mayor pertinencia cultural y práctica las herramientas a utilizar y maximizar su utilidad. Esto posibilita una formación permanente en técnicas de recolección y análisis de datos, fortaleciendo así las capacidades de respuesta de las comunidades y, junto con ellas, las instituciones, ante situaciones de emergencia.
4. La interoperabilidad de los modelos de datos, respaldada por sistemas diseñados para facilitar el intercambio e integración de información entre diferentes plataformas, se erige como un elemento fundamental en el monitoreo continuo y la evaluación de los riesgos asociados a desastres. El alojamiento de la información y los productos relacionados debe ser planteado estratégicamente para trascender cambios políticos y de liderazgo, además de posibles daños y pérdidas materiales.
5. Los incentivos y claros espacios de crecimiento profesional destinados al voluntariado desempeñan un papel indispensable en la participación en las distintas actividades de recolección y análisis de datos, al tiempo que fomentan un sentido de comunidad y responsabilidad compartida en la gestión del riesgo de desastres. Invertir esfuerzo en que las personas participantes crezcan es un elemento clave para la instalación y arraigo del conocimiento en las comunidades, y una palanca para posibles réplicas en más comunidades.
6. La apropiación social del conocimiento no solo permite una gestión más eficaz del mismo, sino que también facilita la mitigación del riesgo de desastres al promover una mayor conciencia y participación comunitaria en la prevención y respuesta ante emergencias.
7. La adopción de aplicaciones y datos abiertos no solo reduce significativamente los costos vinculados al seguimiento y monitoreo del riesgo, sino que también democratiza el acceso a tecnologías y conocimientos, promoviendo así la participación inclusiva de las comunidades en la gestión y mitigación de riesgos. Además, hace público el resultado, limitando el riesgo de cierre de la información en silos.
8. La restitución de resultados ante los actores participantes del proceso, y la socialización de insumos y productos son esenciales. Idealmente, se provee un acompañamiento a los diferentes actores para la inserción de estos en el proceso de toma de decisiones, lo cual es una oportunidad para fortalecer la instalación de competencias y el desarrollo de competencias técnicas adicionales y complementarias.

Preguntas por resolver

1. ¿Qué actores son los actores pertinentes en la gobernanza del problema de interés?
2. ¿Cómo se puede garantizar la participación inclusiva y representativa de un conjunto amplio y diverso de los miembros de la comunidad en el proceso de mapeo y monitoreo?

3. ¿Qué recursos técnicos y humanos son necesarios para llevar a cabo un proceso efectivo de mapeo y monitoreo comunitario?
4. ¿Qué herramientas tecnológicas o metodologías son más adecuadas, desde las características sociales y culturales, para recopilar y analizar datos durante el proceso de mapeo y monitoreo comunitario y para poder ser usadas en futuros otros problemas?
5. ¿Cuál es el papel de las autoridades locales y otras partes interesadas en apoyar y utilizar los resultados del mapeo y monitoreo comunitario?
6. ¿Cómo se puede asegurar la sostenibilidad a largo plazo del proceso de mapeo y monitoreo comunitario, incluyendo la capacitación continua y el mantenimiento de la base de datos?

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto no habría sido posible sin el compromiso y la dedicación de quienes aportaron su conocimiento, experiencia y trabajo en campo. Agradecemos profundamente a Sara Berrío Monroy, Paulina Rendón Jaramillo y Sebastián Agudelo Higueta (Universidad de Antioquia), y Ana Carolina Restrepo (Instituto Tecnológico Metropolitano), por su valioso apoyo técnico y humano en los procesos de mapeo y gestión comunitaria. Extendemos también un reconocimiento especial al Voluntariado Ambiental y de Emergencias de San Antonio de Prado (VAPES) y a Luisa Agudelo, líder social, consejera ambiental y coordinadora de VAPES, por su liderazgo y articulación territorial.

La coordinación, edición y redacción final de este artículo estuvo a cargo de Mariana Marín Villagrana, Especialista Sénior de Comunicación para América Latina y el Caribe, a quien agradecemos su apoyo a lo largo de la redacción de este capítulo.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no declaran conflicto de intereses.

USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los autores utilizaron herramientas de inteligencia artificial (IA) en el proceso de redacción previo al envío, exclusivamente con el propósito de mejorar el lenguaje y la legibilidad de su capítulo. Los revisores expresan que no utilizaron herramientas de IA en el proceso de evaluación del manuscrito.

IDENTIFICACIÓN DE AUTORES

- Yessica De los ríos Olarte: <https://orcid.org/0009-0009-1797-3451>
- Ana Milena Prada Uribe: N/A
- Céline Jacquin: <https://orcid.org/0009-0000-7318-2691>

DECLARACIÓN DE AUTORÍA CRediT

Conceptualización: Y. De los ríos Olarte, A.M. Prada Uribe, C. Jacquin. **Metodología:** Y. De los ríos Olarte, A.M. Prada Uribe, C. Jacquin. **Investigación:** Y. De los ríos Olarte, A.M. Prada Uribe. **Recursos:** HOT, GeoLab Universidad de Antioquia. **Curación de datos:** Y. De los ríos Olarte, A.M. Prada Uribe. **Redacción - borrador original:** Y. De los ríos Olarte, A.M. Prada Uribe, C. Jacquin. **Redacción - revisión y edición:** Y. De los ríos Olarte, A.M. Prada Uribe, C. Jacquin, Mariana Marín Villagrana. **Visualización:** Y. De los ríos Olarte, A.M. Prada Uribe. **Supervisión:** C. Jacquin, HOT. **Administración del proyecto:** C. Jacquin, HOT, GeoLab. **Adquisición de fondos:** HOT.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Basualdo, E. Domenech, y E. Pérez, «Territorios de la movilidad en disputa: Cartografías críticas para el análisis de las migraciones y las fronteras en el espacio sudamericano», *Redalyc*, vol. 4070, n.º 407062159005, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4070/407062159005/>
- [2] L. A. Sauls, J. Paneque-Gálvez, M. Amador-Jiménez, N. Vargas-Ramírez, y Y. Laumonier, «Drones, communities and nature: Pitfalls and possibilities for conservation and territorial rights», *Global Social Challenges Journal*, vol. 2, pp. 24-46, 2023, doi: [10.1332/AJHA9183](https://doi.org/10.1332/AJHA9183).
- [3] N. Vargas-Ramírez y J. Paneque-Gálvez, «The global emergence of community drones (2012-2017)», *Drones*, vol. 3, n.º 4, p. 76, 2019, doi: [10.3390/drones3040076](https://doi.org/10.3390/drones3040076).
- [4] U. Wehn y J. Evers, «Citizen observatories of water: Social innovation via eParticipation?», en *Advances in Computer Science Research*, 2014. doi: [10.2991/ict4s-14.2014.1](https://doi.org/10.2991/ict4s-14.2014.1).
- [5] C. Klonner, C. Barron, P. Neis, y B. Höfle, «Updating digital elevation models via change detection and fusion of human and remote sensor data in urban environments», *International Journal of Digital Earth*, vol. 8, n.º 2, pp. 153-171, 2014, doi: [10.1080/17538947.2014.881427](https://doi.org/10.1080/17538947.2014.881427).
- [6] C. Liu, L. Xiong, X. Hu, y J. Shan, «A progressive buffering method for road map update using OpenStreetMap data», *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 4, n.º 3, pp. 1246-1264, 2015, doi: [10.3390/ijgi4031246](https://doi.org/10.3390/ijgi4031246).
- [7] J. Tost, F. Ehmel, F. Heidmann, S. Olen, y B. Bookhagen, «Hazards and accessibility: Combining and visualizing threat and open infrastructure data for disaster management», *ICA Proceedings*, vol. 1, p. 115, 2017, doi: [10.5194/ica-proc-1-115-2018](https://doi.org/10.5194/ica-proc-1-115-2018).
- [8] Humanitarian OpenStreetMap Team, «Humanitarian OpenStreetMap Team». [En línea]. Disponible en: <https://www.hotosm.org/>
- [9] Semillero de Investigación GeoLab, «Facebook». [En línea]. Disponible en: <https://web.facebook.com/GeolabUdeA>
- [10] A. E. Wählberg, «The theoretical features of some current approaches to risk perception», *Journal of Risk Research*, vol. 4, n.º 3, pp. 237-250, 2001, doi: [10.1080/13669870152023791](https://doi.org/10.1080/13669870152023791).
- [11] M. A. Trejo-Rangel, A. M. Ferreira, V. Marchezini, D. A. Rodríguez, M. Da Silva Oliveira, y D. M. D. Santos, «Giving voice to the voiceless: Connecting graduate students with high school students by incubating DRR plans through participatory mapping», *Disaster Prevention and Management*, vol. 31, n.º 2, pp. 124-133, 2022, doi: [10.1108/DPM-03-2021-0100](https://doi.org/10.1108/DPM-03-2021-0100).

- [12] Alcaldía de Medellín, «Planeación de desarrollo local y presupuesto participativo». [En línea]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin>
- [13] El Espectador, «Emergencia por deslizamiento de tierra en San Antonio de Prado». [En línea]. Disponible en: <https://telemedellin.tv/deslizamiento-tierra-san-antonio-de-prado/491594>
- [14] El Espectador, «Anuncian más puntos de riesgo en San Antonio de Prado, Antioquia». [En línea]. Disponible en: <https://www.elespectador.com/colombia/medellin/anuncian-mas-puntos-de-riesgo-en-san-antonio-de-prado-antioquia>
- [15] Telemedellín, «Emergencia por deslizamiento de tierra en San Antonio de Prado». [En línea]. Disponible en: <https://telemedellin.tv/deslizamiento-tierra-san-antonio-de-prado/491594>
- [16] Telemedellín, «San Antonio de Prado espera intervención de un derrumbe». [En línea]. Disponible en: <https://telemedellin.tv/derrumbe-san-antonio-de-prado-intervencion/569593/>
- [17] Alcaldía de Medellín, «El DAGRD hace seguimiento a 20 movimientos en masa en Medellín catalogados históricamente como puntos críticos». [En línea]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/el-dagr-d-hace-seguimiento-a-20-movimientos-en-masa-en-medellin-catalogados-historicamente-como-puntos-criticos/>
- [18] Alcaldía de Medellín, «Catálogo geográfico de Medellín». [En línea]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/giscatalogacion/srv/spa/catalog.search>
- [19] Alcaldía de Medellín, «Plan municipal de gestión del riesgo de desastres de Medellín 2015-2030». [En línea]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/irj/portal/medellin>
- [20] Alcaldía de Medellín, «Elecciones territoriales 2023». [En línea]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/es/sala-de-prensa/noticias/elecciones-territoriales-2023/>
- [21] GeoLab, «Mapeo participativo en San Antonio de Prado». [En línea]. Disponible en: <https://mapeoparticipativosap.blogspot.com/>
- [22] OpenStreetMap, «OpenStreetMap». [En línea]. Disponible en: <https://www.openstreetmap.org/>
- [23] GeoLab, «Formulario de encuesta Kobo Toolbox». [En línea]. Disponible en: <https://kf.kobotoolbox.org/#/forms/aPdaqMdRZh3w2eBUyNoU6m>
- [24] Ortofoto Medellín, «Ortofoto Medellín». [En línea]. Disponible en: <https://www.medellin.gov.co/giscatalogacion/giscatalogacion/api/records/96aafbdd-3540-4d43-81a5-aad822ae9285>
- [25] Ortofoto Proyecto de Mapeo de San Antonio de Prado, «Ortofoto proyecto de mapeo de San Antonio de Prado». [En línea]. Disponible en: <https://map.openaerialmap.org/>
- [26] EOS Data Analytics, «EOS Data Analytics». [En línea]. Disponible en: <https://www.eos.com/>
- [27] Tasking Manager, «Tasking Manager». [En línea]. Disponible en: <https://tasks.hotosm.org/>
- [28] R. Llorens y A. Masquef, «Movimiento de ladera», *Enseñanzas de las Ciencias de la Tierra*, vol. 17, n.º 3, pp. 284-294, 2009.
- [29] Servicio Geológico Colombiano, «Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia». 2017.
- [30] K. Tempa *et al.*, «UAV technique to localize landslide susceptibility and mitigation proposal: A case of Rinchending Goenpa landslide in Bhutan», *Natural Hazards Research*, vol. 1, n.º 4, pp. 171-186, 2021, doi: [10.1016/j.nhres.2021.09.001](https://doi.org/10.1016/j.nhres.2021.09.001).
- [31] D. Yang *et al.*, «Influence of successive landslides on topographic changes revealed by multitemporal high-resolution UAS-based DEM», *Catena*, vol. 202, p. 105229, 2021, doi: [10.1016/j.catena.2021.105229](https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105229).

- [32] J. C. Bathurst, C. I. Bovololo, y F. Cisneros, «Modelling the effect of forest cover on shallow landslides at the river basin scale», *Ecological Engineering*, vol. 36, n.º 3, pp. 317-327, 2010, doi: [10.1016/j.ecoleng.2009.05.001](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.05.001).
- [33] N. Grima, D. Edwards, F. Edwards, D. Petley, y B. Fisher, «Landslides in the Andes: Forests can provide cost-effective landslide regulation services», *Science of the Total Environment*, vol. 745, p. 141128, 2020, doi: [10.1016/j.scitotenv.2020.141128](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141128).
- [34] R. J. Marín, J. Marín-Londoño, y Á. J. Mattos, «Análisis y evaluación del riesgo de deslizamientos superficiales en un terreno montañoso tropical: Implementación de modelos físicos simples», *Scientia et Technica*, vol. 25, n.º 1, pp. 164-171, 2020, doi: [10.22517/23447214.22171](https://doi.org/10.22517/23447214.22171).
- [35] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, «Plan nacional de gestión del riesgo de desastres: Una estrategia de desarrollo 2015-2030». [En línea]. Disponible en: <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Plan-Nacional-de-Gestion-del-Riesgo.aspx>
- [36] Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, «Plan nacional de gestión del riesgo de desastres». [En línea]. Disponible en: <https://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/Plan-Nacional-de-Gestion-del-Riesgo.aspx>

4. Evaluación Multitemporal de la Resiliencia Comunitaria ante Eventos Tecnológicos en la Comuna 10 del Municipio de Dosquebradas

Evelin Langebeck Cuéllar¹, Nicolás Giraldo Hernández¹

¹ Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad Católica de Manizales. Carrera 23 No. 60 – 63. Manizales, Caldas, Colombia;

Resumen

La resiliencia comunitaria es la capacidad de una población a enfrentar, responder y adaptarse a emergencias y desastres manteniendo su estructura básica, función e identidad. Sin embargo, la resiliencia comunitaria ante eventos tecnológicos ha sido escasamente estudiada en Colombia. Aquí se mide y evalúa la resiliencia comunitaria ante desastres empleando la aplicación de la herramienta ARC-D en una población del municipio de Dosquebradas (barrio Villa Carola) dónde en 2011 ocurrió un proceso de remoción en masa que desencadenó un derrame de hidrocarburos generando la pérdida de 33 vidas debido a una explosión y desbordando las capacidades de respuesta del municipio. Seguimos una metodología con enfoque cualitativo para la interacción comunidad-territorio y una con enfoque cuantitativo para el procesamiento de datos. Para la discusión comunitaria se empleó un instrumento tipo encuesta medida por grupo focal con facilitador, en la que se evaluaron cuatro áreas temáticas. La aplicación de la herramienta tuvo un diagnóstico de resiliencia previo y una prueba piloto de ajuste al grupo focal. Encontramos un nivel bajo de resiliencia para el año (2011) con un mayor énfasis en la baja comprensión del riesgo, contrario al componente más alto que corresponde a cohesión social en el territorio. El año (2021) registró un nivel de mediana resiliencia con mejores resultados en el fortalecimiento de la gobernanza para gestionar el riesgo de desastres, reflejado en su componente destacado, que fue la participación de las mujeres. Concluimos que en la Comuna 10 de Dosquebradas mejoró sus capacidades de resiliencia comunitaria ante desastres por riesgo tecnológico de 30,08% a 60,18%, destacando el aumento de la participación comunitaria, la organización social y la apropiación de la cultura de la prevención del riesgo. Se recomienda a los entes territoriales y locales conocer la percepción del riesgo de las comunidades para enfocar adecuadamente sus políticas, estrategias e instrumentos en la toma de decisiones.

Palabras clave: Resiliencia comunitaria ante desastres, riesgo tecnológico, herramienta ARC-D, gestión del riesgo de desastres, análisis multitemporal de resiliencia, percepción del riesgo.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17673426>

Multi-temporal Evaluation of Community Resilience to Disasters Due to Technological Risk in Commune 10 of the Municipality of Dosquebradas

Abstract. Community resilience is the capacity of a population to face, respond to, and adapt to emergencies and disasters while maintaining its basic structure, function, and identity. However, community resilience in the face of technological events has been scarcely studied in Colombia. This study measures and evaluates community resilience to disasters by applying the ARC-D tool in a population in the municipality of Dosquebradas (Villa Carola neighborhood), where in 2011, a mass removal event triggered a hydrocarbon spill, causing the loss of 33 lives due to an explosion and overwhelming the municipality's response capacity. A qualitative methodology was followed for the community-territory interaction, and a quantitative approach was used for data processing. For the community discussion, a survey-type instrument was used, measured through a focus group with a facilitator, in which four thematic areas were assessed. The application of the tool included a preliminary resilience diagnosis and a pilot adjustment test for the focus group. We found a low resilience level in 2011, primarily due to a low understanding of risk, which contrasted with the highest component, social cohesion in the territory. The year 2021 recorded a medium resilience level, with improved results in strengthening governance to manage disaster risk, reflected in the highlighted component: women's participation. We concluded that the resilience capacity of Community 10 in Dosquebradas improved its community resilience to technological disaster risks from 30.08% to 60.18%, with notable increases in community participation, social organization, and the appropriation of risk prevention culture.

1. INTRODUCCIÓN

La resiliencia comunitaria es la capacidad de las comunidades y hogares que viven dentro de sistemas complejos para anticiparse y adaptarse a los riesgos, para absorber, responder y recuperarse de las amenazas y estresores de una manera oportuna y efectiva sin comprometer sus posibilidades a largo plazo, mejorando finalmente su bienestar [1]. Esta definición sigue la del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores mundiales para las metas mundiales del Marco de Sendai que define la resiliencia como “la capacidad que tiene un sistema, una comunidad o una sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse, transformarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficiente, en particular mediante la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas por conducto de la gestión de riesgos” [2]. Otras aproximaciones definen la resiliencia comunitaria como la capacidad de los sistemas para hacer frente y adaptarse a eventos extremos, sin perder su estructura básica, y hace énfasis en que la cultura de la resiliencia permite reducir pérdidas humanas, socioeconómicas y ambientales [3].

La resiliencia comunitaria tiene dos componentes. Primero, la capacidad de adaptación, que se define como las condiciones que permiten a las personas y/o comunidades anticipar y responder al cambio, minimizar las consecuencias, recuperarse y aprovechar las nuevas oportunidades [4]. Segundo, la percepción del riesgo, en el cual las comunidades perciben el riesgo basado en procesos cognitivos influidos por diversos factores, tales como las características y la gravedad del riesgo, experiencias previas, la cantidad y calidad de la información disponible, así como los valores individuales y sociales y el conocimiento sobre el fenómeno que genera el riesgo [5].

La importancia de considerar la percepción del riesgo de desastres como una necesidad reciente, especialmente en el contexto del cambio climático y el incremento de desastres, ha sido abordado en análisis de percepción del riesgo, a partir de métodos psicosociales sustentados en la subjetividad de los seres humanos ante los escenarios de riesgo presentes en sus entornos [6]. Sin embargo, los enfoques se han direccionado

a eventos de tipo natural y socio-natural dejando a un lado los escenarios de riesgo antrópico-tecnológicos. Los riesgos tecnológicos en Sudamérica han sido poco explorados a partir de ejercicios de percepción del riesgo que permitan establecer niveles de resiliencia comunitaria ante este tipo de eventos.

Los autores Sandoval, Navarrete & Cuadra [5] resaltan que la resiliencia comunitaria se ha estudiado en Latinoamérica principalmente en países como Chile, seguido de Puerto Rico y Brasil. Los principales riesgos estudiados son terremotos (12), inundaciones (11) y tsunamis (7), y los escasamente estudiados son sequías, erupciones volcánicas y eventos extremos vinculados al cambio climático. Los autores afirman que en Latinoamérica una de las principales barreras para el desarrollo o despliegue de la resiliencia comunitaria, son las condiciones de vulnerabilidad en las dimensiones políticas, sociales, económicas y ambientales. Frente a este panorama, en Colombia la resiliencia comunitaria ha sido escasamente estudiada y los trabajos realizados se han enfocado en análisis comparativos a partir de índices compuestos de resiliencia para dimensiones ecosistémicas [7].

Aquí presentamos la evaluación de la resiliencia comunitaria multitemporal entre los años 2011 y 2021 el municipio de Dosquebradas en el barrio Villa Carola, dónde en 2011 ocurrió un evento de origen natural que desencadenó un accidente tecnológico o Natech, debido a un proceso de remoción en masa que causó el derrame de hidrocarburos ocasionando 33 muertes debido a una explosión por el hidrocarburo derramado en un punto caliente y desbordando las capacidades de respuesta municipales (Caja 1).

Actualmente, la Comuna 10 donde se ubica el barrio Villa Carola, presenta múltiples amenazas socio-naturales por deslizamientos y amenazas tecnológicas por actividades industriales, transporte de hidrocarburos a partir de infraestructura como poliductos y gasoductos, transporte de sustancias peligrosas a partir de vehículos cisterna, aglomeración de público, entre otras.

Caja 1. Desastre tecnológico en la Comuna 10 de Dosquebradas en el año 2011.

El 23 de diciembre de 2011 ocurrió en la Comuna 10 de Dosquebradas una de las tragedias más graves asociadas a riesgo tecnológico en Colombia. Una fuga de combustible en el poliducto Puerto Salgar–Cartago descendió por la quebrada Aguazul y al entrar en contacto con una fuente de calor, desencadenó una serie de explosiones. El evento afectó principalmente a los barrios Villa Carola, La Divisa, La Romelia en la Comuna 10 del municipio, dejando 33 personas fallecidas, 110 heridas, más de cien viviendas afectadas y 38 destruidas, además de pérdidas en establecimientos comerciales.



Figura 1: Escena del desastre tecnológico de 2011 en Villa Carola, Dosquebradas.

Las causas se atribuyeron tanto a factores antrópicos, como la presencia de válvulas ilegales en el poliducto, como a factores naturales, en particular la reptación del terreno producto de la ola invernal de 2011, que generó tensiones y la fractura de la tubería. El desastre también impactó ambientalmente la quebrada Aguazul, contaminada con más de 1,400 galones de gasolina que afectaron su ronda hídrica y la bocatoma que abastecía a cerca de 25,000 personas.

La atención inmediata contó con la participación de la comunidad, organismos de socorro, autoridades locales y nacionales, así como la empresa Ecopetrol. Posteriormente, se desarrollaron procesos de diálogo y reparación, que permitieron una recuperación colectiva menos traumática y consolidaron aprendizajes comunitarios sobre la gestión del riesgo. El desastre presentado en el barrio Villa Carola de Dosquebradas fue documentado en el libro *Huellas de Esperanza*, en el que se narran los eventos ocurridos en diciembre de 2021 y en los meses siguientes después de la tragedia en las etapas de rehabilitación y recuperación postdesastre. Adaptado de [8].

2. METODOLOGÍA

2.1. Municipio de Dosquebradas y contexto de la Comuna 10

El municipio de Dosquebradas pertenece al departamento de Risaralda en Colombia. Se encuentra en el sector oriental del departamento y se ubica en la parte occidental de la Cordillera Central. Sus límites municipales son al norte y al este con el municipio de Santa Rosa, al sur con la ciudad de Pereira, y al noroeste con el municipio de Marsella. Dosquebradas se compone de su casco urbano con más de trescientos barrios, dos centros poblados y veinticinco veredas. La población es de 217,178 habitantes, distribuidos en 77,387 unidades de vivienda y 64,576 hogares. La proyección poblacional ajustada indica que el 94.6% pertenece a la cabecera municipal, mientras que el 5.4% pertenece a los centros poblados y rurales dispersos.

En la Figura 2 se visualiza la localización de la Comuna 10 del municipio de Dosquebradas y la distribución espacial del estado de la comuna frente a escenarios de amenaza o riesgo, tanto de tipo tecnológico como socio-natural, identificados en el territorio. Se observan las amenazas tecnológicas, entre ellas las áreas de aglomeración, las rutas de transporte de carga y los sectores de almacenamiento de carga, en el contexto de la dinámica urbana y social de la comuna. Además, zonas con amenaza por movimientos en masa, red hidrográfica y líneas de tensión eléctrica que atraviesan el área también se diferencian en sectores clasificados como de alto riesgo mitigable y alto riesgo no mitigable por fenómenos recurrentes.

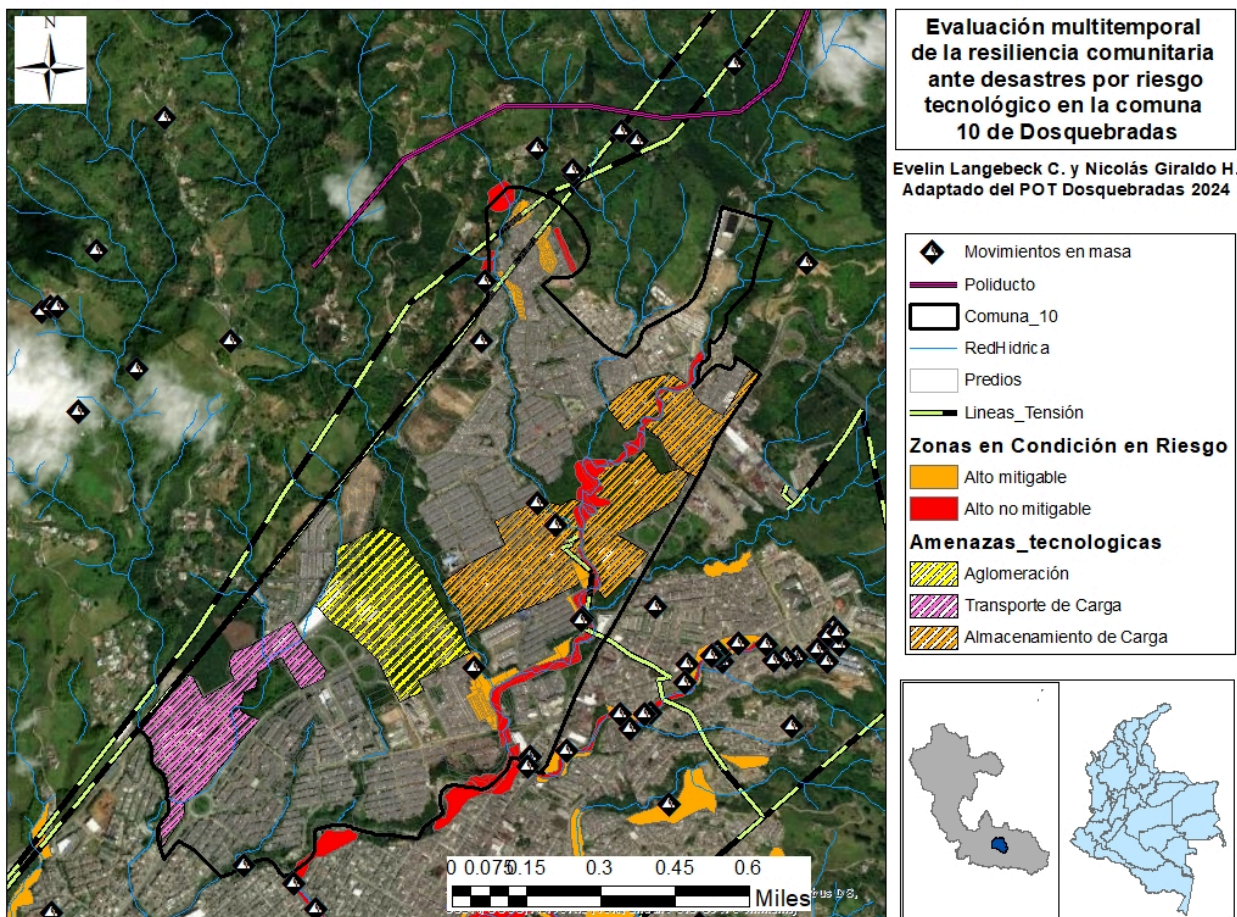


Figura 2: Mapa de localización del municipio de Dosquebradas y la Comuna 10 (elaboración propia).

2.2. Herramienta ARC-D para evaluación de resiliencia comunitaria

Se utilizó la herramienta ARC-D para medir la resiliencia comunitaria ante desastres desarrollada por la organización GOAL (<https://www.goalglobal.org>). Esta herramienta tiene un enfoque mixto, con elementos cualitativos y cuantitativos. El enfoque cualitativo hace referencia a la interacción con la comunidad de los territorios, con los cuales se recoge la información desde una perspectiva social y comunitaria, a través de un instrumento tipo encuesta de 30 preguntas (Caja 2), las cuales cuentan con instrumentos de verificación. El enfoque cuantitativo se refiere al procesamiento de los datos y permite obtener gráficos de red para la sistematización y presentación de la información de tipo numérico y jerárquico. La herramienta cuenta con dos etapas. Una etapa A que realiza un diagnóstico general de la comunidad y una etapa B, que se enfoca en las preguntas de evaluación en el grupo focal (Caja 2). De acuerdo con GOAL, esta herramienta se construye de acuerdo al trabajo en resiliencia ante desastres [9] comprende dos etapas (Caja 2).

Caja 2. Etapas de la herramienta ARC-D de GOAL y glosario de términos

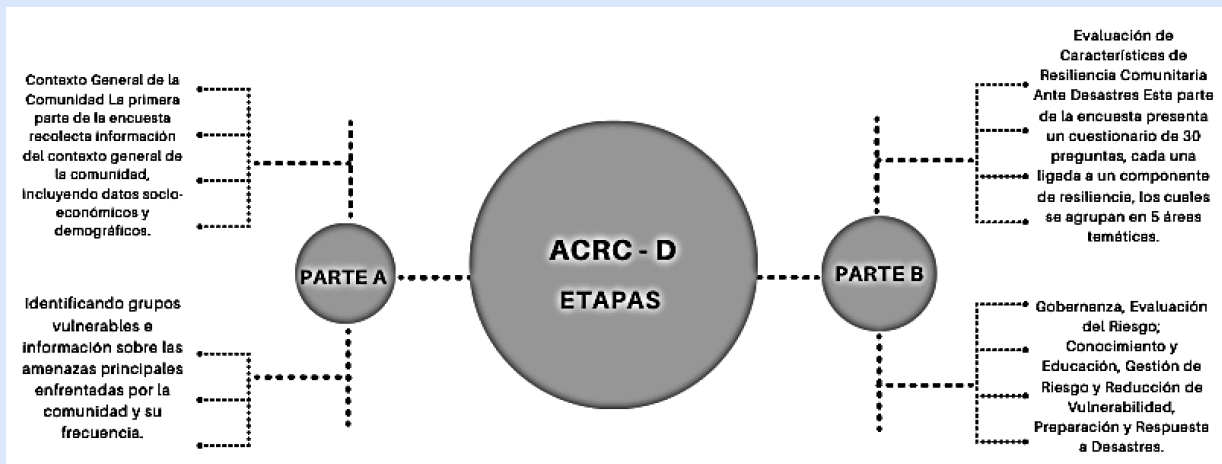


Figura 3: Componentes herramienta ARC-D. La herramienta de evaluación de la resiliencia comunitaria, establecida por GOAL, evalúa cuatro áreas temáticas que conforman 30 componentes. La evaluación produce cinco niveles o categorías que describen condiciones desde la mínima hasta la alta resiliencia, de acuerdo con la percepción del grupo focal evaluado

Categorías de evaluación de la herramienta ARC-D de GOAL para este trabajo:

%	Nivel	Categoría	Descripción
0-20	1	Mínima Resiliencia	Poca conciencia del problema o poca motivación para abordarlo. Acciones limitadas a respuestas durante crisis.
21-40	2	Baja Resiliencia	Se tiene conciencia del problema, se cuenta con capacidad para actuar, pero de manera limitada, con intervenciones fragmentadas y a corto plazo.
41-60	3	Mediana Resiliencia	Desarrollo e implementación de soluciones. Capacidad de actuar es mejorada y sustancial. Intervenciones numerosas y de largo plazo.
61-80	4	Resiliencia	Coherencia e integración. Intervenciones amplias, cubriendo los mayores aspectos del problema y ligadas a una estrategia coherente y de largo plazo.
81-100	5	Alta Resiliencia	Existe una cultura de seguridad en los actores en donde la gestión del riesgo en toda política, planeación, prácticas, actitudes y comportamientos.

Glosario de términos relacionados con la herramienta ARC-D [10]:

- **Capacidad:** Es la habilidad de las personas, instituciones y sociedades para llevar a cabo funciones, resolver problemas y fijarse y obtener objetivos. La capacidad puede incluir infraestructura y medios físicos, instituciones, habilidades de adaptación de las sociedades, así como conocimiento humano, habilidades y atributos colectivos.
- **Estresores:** Los estresores son tendencias a largo plazo que socavan el potencial de un sistema o proceso y que aumentan la vulnerabilidad de los actores dentro de ella. Estos pueden ser degradación de los recursos naturales, pérdida en la producción agrícola, urbanización, cambios demográficos, cambio climático, inestabilidad política y reducción en los ingresos.
- **Gobernanza:** La gobernanza es el proceso de toma de decisiones y la subsecuente implementación (o no implementación) de esas decisiones. Es el ejercicio de la autoridad política, económica y administrativa en el manejo de los asuntos de un país en todos los niveles. Se compone de mecanismos, procesos e instituciones a través de los cuales los ciudadanos y grupos articulan sus intereses, ejercen sus derechos legales, cumplen sus obligaciones y median sus diferencias. La gobernanza abarca, pero

también trasciende el estado. Abarca a todos los grupos relevantes incluyendo al sector privado y organizaciones de la sociedad civil.

2.3. Componentes evaluativos del ARC-D

La herramienta ARC-D estructura la resiliencia comunitaria en cuatro áreas temáticas que responden a los objetivos del marco de Sendai, que permiten analizar de manera amplia las capacidades de una comunidad frente a situaciones de desastre.

La primera área temática corresponde a comprender el riesgo de desastres, la cual busca identificar en qué medida la comunidad reconoce y se apropia del conocimiento sobre sus amenazas, así como de las estrategias de sensibilización y educación. Se agrupa en cuatro componentes: la evaluación participativa y la evaluación científica del riesgo, la difusión de información y la educación de los niños en la reducción del riesgo.

La segunda área temática se orienta a fortalecer la gobernanza para gestionar el riesgo de desastres y reúne siete componentes. En este caso, los componentes que se abordan son los mecanismos de planificación del desarrollo y planificación territorial, la toma de decisiones colectivas, la inclusión de grupos vulnerables y de mujeres, el conocimiento de derechos, así como las alianzas para la reducción de riesgo y los procesos de recuperación.

La tercera área temática corresponde a reducir la vulnerabilidad a desastres para mejorar la resiliencia que contempla doce componentes: la gestión ambiental sostenible, la seguridad y gestión del agua, el acceso y conciencia de la salud, el suministro seguro de alimentos, las prácticas de medios de vida resistentes a amenazas, el acceso a mercado, el acceso a servicios financieros, la protección de ingresos y activos, el acceso a protección social, la cohesión social y prevención de conflictos, la infraestructura crítica y la vivienda.

Finalmente, la cuarta área temática se dedica a mejorar la preparación ante desastres para lograr respuestas efectivas y promover la reconstrucción resiliente después de una emergencia y se conforma por siete componentes que abarcan: la planificación de contingencia y recuperación, los sistemas de alerta temprana, la capacidad de preparación y respuesta, los servicios de salud y educación durante emergencias, la infraestructura en contextos de crisis y el liderazgo comunitario en la respuesta y la recuperación.

Los componentes de las áreas temáticas de la evaluación de resiliencia comunitaria se evalúan según los parámetros de resiliencia establecidos por GOAL (Caja 2). En la (Caja 3) se presentan los términos relacionados con el riesgo tecnológico, los cuales se mencionan en el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres en su componente programático.

Caja 3. Glosario de términos relacionados con el riesgo tecnológico [11].

- **Accidente tecnológico:** eventos generados por el uso y acceso a la tecnología, originados por eventos antrópicos, naturales, socio-naturales y propios de la operación. Comprende fugas, derrames, incendios y explosiones asociados a la liberación súbita de sustancias y/o energías con características de peligrosidad. Usualmente, se suelen asociar los accidentes tecnológicos exclusivamente con las instalaciones industriales o equipamientos de alta tecnología. No obstante, la experiencia de accidentabilidad deja entrever muchos eventos en el sector residencial y a nivel de obras civiles.
- **Amenaza tecnológica:** amenaza relacionada con accidentes tecnológicos o industriales, procedimientos peligrosos, fallos de infraestructura o de ciertas actividades humanas, que pueden causar muerte o lesiones, daños materiales, interrupción de la actividad social y económica o degradación ambiental. Algunas veces llamadas amenazas antropogénicas. Ejemplos incluyen contaminación

industrial, descargas nucleares y radioactividad, desechos tóxicos, ruptura de presas, explosiones e incendios.

- **Riesgo tecnológico:** daños o pérdidas potenciales que pueden presentarse debido a los eventos generados por el uso y acceso a la tecnología, originados en sucesos antrópicos, naturales, socio-naturales y propios de la operación.

3. RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS DE PERCEPCIÓN DEL RIESGO COMUNITARIO

3.1 Reconocimiento de la Comuna 10 y sus líderes

La fase exploratoria consistió en actividades encaminadas a la revisión de información bibliográfica de artículos, publicaciones y metodologías relacionadas con resiliencia comunitaria, riesgo tecnológico, percepción del riesgo e instrumentos de planificación de gestión del riesgo de orden local. La revisión de la herramienta ARC-D con sus componentes y glosario (Caja 2) y la participación en capacitaciones virtuales sobre la herramienta dirigidas por GOAL sede Nicaragua.

Previo a la aplicación de la herramienta, se realizó el acercamiento al territorio y la comunidad mediante una visita de campo, tres reuniones preliminares virtuales y una reunión presencial con los líderes comunitarios para socializar el objetivo de la aplicación de la herramienta ARC-D, de donde surgieron propuestas de la comunidad, orientadas a la aplicación del grupo focal, correspondiente a la evaluación de los 30 componentes del ARC-D. Igualmente, se efectuó una prueba piloto que permitió ajustar la herramienta de manera conceptual y metodológica, generando adaptaciones a los formatos de aplicación y a una mejor contextualización del ejercicio, lo que facilitó su aplicación final con los líderes de la Comuna 10. Aunque la comunidad ya tenía conocimientos sobre los escenarios de amenaza y riesgo de su comuna, se acordó construir una línea base previa sobre la terminología a utilizar antes de aplicar la herramienta.

El riesgo considerado en la Comuna 10 fue ante eventos tecnológicos, dados los antecedentes de la explosión de Villa Carola en el año 2011 y la presencia de zonas potenciales de riesgo tecnológico en varias zonas de la comuna. Esto, a su vez, permitió establecer el criterio de multitemporalidad en la medición de la resiliencia comunitaria, algo innovador en la aplicación del ARC-D.

3.2 Aplicación de la herramienta ARC-D en el grupo focal

Durante octubre de 2021, se llevó a cabo en el barrio Villa Carola del municipio de Dosquebradas la sesión de grupo focal con 14 líderes comunitarios de diferentes barrios de la Comuna 10, en donde se evaluaron los 30 componentes de la herramienta ARC-D.

El desarrollo de la actividad consistió en la evaluación por la comunidad de la percepción de riesgo frente a escenarios de riesgo de tipo tecnológico, entendiendo los antecedentes de emergencias y desastres ocurridos en la C por este tipo de eventos, específicamente el evento del año 2011. Con base en lo anterior, y dado que la comunidad había presenciado el evento de 2011, así como la etapa de rehabilitación y reconstrucción del barrio Villa Carola, como testigos directos e indirectos de los procesos institucionales y comunitarios que se dieron, se propuso a los asistentes que la evaluación de la aplicación de la herramienta ARC-D se dividiera en dos momentos. El primer momento era la evaluación en retrospectiva de cómo se percibían los componentes evaluados del 2011 hacia atrás, y un segundo momento, en el que se evaluara la percepción actual de riesgo

(año 2021) considerando los mismos 30 componentes del ARC-D frente a eventos tecnológicos. De esta manera se evaluaría la multitemporalidad de la percepción del riesgo y se identificarían las capacidades de resiliencia comunitaria frente a escenarios de tipo tecnológico materializados en la comunidad.



Figura 4: Aplicación de la herramienta ARC-D con grupo focal, líderes de la Comuna 10 el 09 de octubre de 2021.

3.3 Análisis de datos

Se analizó la información obtenida en campo y en el grupo focal, la cual consistió en las siguientes actividades. La primera parte consiste en el análisis de las encuestas, el cual se realizó mediante el procesamiento de la información en el software CommCare®, donde se registraron los datos y posteriormente se integraron a la plataforma de GOAL. El diligenciamiento de la información permitió obtener el registro de la Comuna 10 en la plataforma Nexus, donde la información fue representada a través de gráficos de red que pueden consultarse en la página web de GOAL Resilience Nexus (https://resiliencenexus.org/es/global_scores/all-scores/) en el radar de resiliencia, seleccionando la siguiente ruta donde se encuentran la evaluación 1 y 2, correspondientes al año 2011 y 2021 respectivamente (ruta: Colombia > Risaralda > Comuna 10 > 1 o 2 (según evaluación que desee consultar).

Se consideró el análisis de entrevistas previas, y se examinó la información cualitativa aportada por los participantes, lo que permitió contextualizar los resultados de las encuestas y profundizar en las percepciones de la comunidad sobre los diferentes componentes de la resiliencia, útiles en el análisis y comprensión de la comunidad frente a los riesgos tecnológicos presentados en su localidad.

Posteriormente, se realizó el análisis comparativo de resultados de la evaluación, considerando cada componente de la herramienta y estableciendo un contraste temporal entre los años 2011 antes de la explosión (año

del evento de la explosión en Villa Carola) y 2021 después de la explosión y de los procesos de recuperación y reconstrucción (año de aplicación de la herramienta ARC-D), con el fin de identificar los cambios, las mejoras y los aspectos que requieren mayor intervención en las capacidades de resiliencia de la comunidad frente a eventos tecnológicos.

Finalmente, se emitió la calificación de la resiliencia comunitaria basada en la aplicación de la herramienta ARC-D con enfoque multitemporal en eventos de tipo tecnológico, y se elaboró una propuesta de estrategias orientadas a mejorar las condiciones de resiliencia de la Comuna 10 en el municipio de Dosquebradas (Tabla 1).

Tabla 1: Proceso metodológico para la evaluación de la resiliencia comunitaria.

Acción	Actividad	Producto o resultado esperado	Participantes	Medio
Reconocimiento de la Comuna 10 y sus líderes	Capacitación con GOAL para la aplicación de la herramienta ARC - D	Entendimiento de la herramienta para la medición de resiliencia comunitaria	Personal de GOAL	Virtual
	Acercamiento con líderes de la Comuna 10 del municipio de Dosquebradas	Contextualización del territorio y de los estresores presentados en la Comuna 10	Líderes comunitarios de gestión del riesgo de Dosquebradas	Presencial
	Prueba piloto con grupo focal preliminar	Adaptación de la herramienta ARC - D al contexto comunitario de Dosquebradas frente a eventos de tipo tecnológico	Líderes comunitarios de la Comuna 10 de Dosquebradas	Mixto
Aplicación de la herramienta ARC - D en el grupo focal	Evaluación de resiliencia comunitaria frente a eventos tecnológicos en el contexto temporal del año 2011 (Antes de la explosión).	Resultados de percepción del riesgo ante eventos tecnológicos para la medición de resiliencia comunitaria después de la explosión - Temporalidad 2021.	Grupo focal con los líderes comunitarios de la Comuna 10 de Dosquebradas	Presencial
	Evaluación de resiliencia comunitaria frente a eventos tecnológicos en el contexto temporal del año 2021 (Después de la explosión).	Resultados de percepción del riesgo ante eventos tecnológicos para la medición de resiliencia comunitaria antes de la explosión - Temporalidad 2011.	Grupo focal con los líderes comunitarios de la Comuna 10 de Dosquebradas	Presencial
Análisis de datos y resultados	Procesamiento de información en CommCare	Registro de las evaluaciones de la Comuna 10 de Dosquebradas en la plataforma Nexus Resilience de GOAL.	Plataforma CommCare	Virtual
	Análisis de entrevistas previas	Contextualización de los resultados obtenidos en la aplicación de ARC - D.	Autores	-
	Análisis multitemporal de las evaluaciones del ARC - D	Comparativo de los resultados de percepción comunitaria frente a eventos tecnológicos antes y después de la explosión de Villa Carola en la Comuna 10	Autores	-
	Resultados de la aplicación de la herramienta	Propuesta de estrategias orientadas a mejorar las condiciones de resiliencia comunitaria de la comuna 10 de Dosquebradas	Autores	-

3.4 Desarrollo de la aplicación de la herramienta ARC-D en el grupo focal

Para iniciar la actividad, se realizó una introducción con los líderes comunitarios de la Comuna 10, Diego Buitrago y Elmer Castañeda, quienes realizaron la presentación al espacio y socializaron el objetivo de la sesión. Paralelamente, se realizó una contextualización, donde se explicó el alcance y el contexto de resiliencia

comunitaria y el escenario de riesgo tecnológico. En la (#fig-grupo-focal-intro) se presenta el registro fotográfico de la introducción.



Figura 5: Aplicación de la herramienta ARC-D con grupo focal, líderes de la Comuna 10 el 09 de octubre de 2021 (Fuente: Autores).

Evaluación. Se organizó el grupo focal y, con una asistencia de 14 personas (5 hombres y 9 mujeres), se reconocieron como líderes y lideresas de la Comuna 10. Las personas se escogieron por su conocimiento del territorio, su trabajo con las comunidades y su experiencia en el desastre del año 2011, por lo que su información es contundente y especializada para dicha evaluación. Se pactaron acuerdos para desarrollar la sesión y se explicó que la calificación es multitemporal, con un contexto de referencia del año 2011 y otro para las condiciones del año 2021. Con estas claridades se realizó la evaluación de la resiliencia comunitaria ante desastres en la Comuna 10. En la (#fig-grupo-focal-cierre) se evidencia el registro fotográfico de los participantes.

Cierre. Se realizó un balance de la metodología aplicada y se indagó en la percepción que se tuvo del ejercicio. Se manifestó que es relevante la evaluación diez años después del desastre, pues permite evaluar sus capacidades a lo largo del tiempo. A su vez, se analizaron de forma retrospectiva aspectos que han mejorado en términos de capacidades comunitarias y otros en los que se requiere un mayor esfuerzo. Finaliza la sesión con palabras de las comunidades y la propuesta de seguir generando estos espacios por parte de la academia.



Figura 6: Cierre del grupo focal Comuna 10 el 9 de octubre de 2021 (Fuente: Autores).

3.5. Caracterización del riesgo tecnológico y condiciones de la Comuna 10

La caracterización de riesgos tecnológicos en el municipio de Dosquebradas se identifican sectorialmente en el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres del municipio (2023) por comunas de la siguiente manera (Tabla 2). Esta caracterización se basa en la información disponible en los instrumentos de planificación del municipio de Dosquebradas.

Tabla 2: Riesgos tecnológicos asociados por comuna para el municipio de Dosquebradas [9].

Comuna o Corregi- miento	Riesgo tecnológico asociado
Comuna 10 (Villa Caro- la)	Estaciones de servicio, estación de reabastecimiento de energía con entradas y salidas de alta tensión, sector industrial, circulación de hidrocarburos y derivados (Actualmente la línea adscrita a TGI y antiguamente la línea adscrita a Ecopetrol y con un evento significativo en materia de riesgos tecnológicos).
Alto del Nu- do	Antiguamente la red Puerto Salgar-Cartago adscrita a Ecopetrol. Tuberías de conducción. Sector industrial, comercial y particulares.

3.6. Condiciones de resiliencias comunitaria ante desastres por riesgo tecnológico

Para realizar la evaluación de los componentes de la resiliencia en la Comuna 10, se realizaron reuniones preliminares con líderes de la Comuna 10, los cuales generaron retroalimentación a las preguntas de la herramienta. Esta reunión se denomina, según la herramienta ARC-D, “Grupo Focal”. Las condiciones comunitarias de la Comuna 10 de Dosquebradas incluyen barrios, organizaciones comunitarias y características económicas (Figura 7).

Características comunitarias de la comuna 10 de Dosquebradas

Barrios que conforman la comuna 10:

Floresta	Galaxia
Semilla	Villa Carola
Laureles	Coovevip
Nuevo Bosque	Rosal
Romelia	San Marcos
Lara Bonilla	Villa Colombia
Guamos	Carbonero
Bosques de la	Estación Gutiérrez
Acuarela	Colinas del Bosque
Acacias	Carlos Ariel
Pinos	Chico
Tejares	



Organizaciones comunitarias de la comuna 10 de Dosquebradas

- Asoriesgos (No vigente)
- Juntas de acción comunal por barrio
- Asojuntas
- Acueductos comunitarios
- Consejos de ordenamiento territorial
- Consejos comunitarios de mujeres de Dosquebradas y Risaralda

Caracterización económica y etaria de la comuna 10

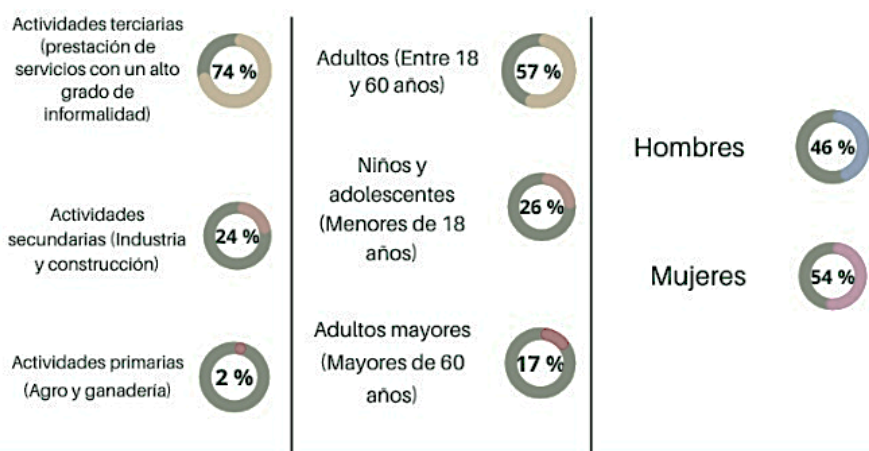


Figura 7: Características comunitarias de la Comuna 10 de Dosquebradas. La conforman los barrios: Carlos Ariel Escobar, La Romelia Alta y Baja, La Divisa, Galaxia, Las Acacias, Los Pinos, Los Guamos, El Bosque Carbonero, La Floresta, Estación Gutiérrez, Villa Carola, Bosques de la Acuarela, Lara Bonilla, El Rosal, El Chicó, Villa Colombia, La Semilla, Tejares de la Loma, Nuevo Bosque.

4. RESULTADOS

4.1 Evaluación de los componentes de resiliencia comunitaria ante desastres

Los resultados obtenidos mediante la calificación de la comunidad dan cuenta de la multitemporalidad. Se identificó el nivel de resiliencia comunitaria ante desastres en el año 2011, en el cual ocurrió el evento, y en el año 2021, con el fin de hacer un contraste de las condiciones y poder generar recomendaciones. En la Tabla 3 se presentan los resultados por componentes y por temporalidad.

Tabla 3: Calificaciones de los componentes de resiliencia comunitaria ante desastres según ARC-D [10].

Áreas Temáticas	Componentes de Resiliencia a Desastres	Calificación Resiliencia: (Evaluación antes de la explosión - 2011)	Calificación Resiliencia: (Evaluación después de la explosión - 2021)
1. Comprender el riesgo de desastres	1. Evaluación comunitaria participativa de riesgo	2	4
	2. Evaluación científica del riesgo	2	3
	3. Diseminación de información en RRD	2	4
	4. Educación de los niños en RRD	1	3
2. Fortalecer la Gobernanza para Gestionar el Riesgo de Desastres	5. RRD en la planificación del desarrollo	1	2
	6. RRD en la planificación territorial	1	1
	7. Toma comunitaria de decisiones	1	4
	8. Inclusión de grupos vulnerables	2	3
	9. Participación de las mujeres	2	5
	10. Conocimiento de derechos e incidencia	2	4
	11. Alianzas para la RRD y recuperación	1	4
3.Reducir la Vulnerabilidad a Desastres para Mejorar la Resiliencia	12. Gestión ambiental sostenible	2	3
	13. Seguridad y gestión del agua	2	4
	14. Acceso y conciencia de la salud	2	4
	15. Suministro seguro de alimentos	2	4
	16. Prácticas de medios de vida resistentes a amenazas	1	2
	17. Acceso a mercado	1	3
	18. Acceso a servicios financieros	1	2
	19. Protección de ingresos y activos	2	2
	20. Acceso a protección social	2	3
	21. Cohesión social y prevención de conflictos	4	2
	22. Infraestructura Crítica	1	3
4. Mejorar la Preparación ante Desastres para Respuestas Efectivas y para “Reconstruir Mejor” después de la Recuperación	23. Vivienda	1	3
	24. Planificación de contingencia y recuperación	1	3
	25. Sistema de alerta temprana	1	4
	26. Capacidad de preparación, respuesta y recuperación temprana	2	4
	27. Servicios de salud durante emergencias	2	4
	28. Servicios de educación en emergencias	2	4
Nivel de resiliencia comunitaria	29. Infraestructura en emergencias 30. Liderazgo y liderazgo en respuesta y recuperación	60,18% Mediana	4 4

4.2 Evaluación de resiliencia comunitaria - Año 2011

En los resultados de medición de resiliencia comunitaria se observa que para el año 2011, se obtuvo una calificación del 30,8% categorizada como mínima resiliencia según los criterios de la Tabla 1. La comunidad calificó 14 componentes con un nivel de 1, valoración que corresponde a la mínima resiliencia, que se describe como poca conciencia del problema o poca motivación para abordarlo, lo que limita la respuesta durante la crisis.

Lo anterior concuerda con lo expresado en el grupo focal, por parte de los líderes, quienes aseguran que, en ese año, no se contaba con un escenario fortalecido de gobernanza para gestionar el riesgo de desastres.

Asimismo, el área temática de la reducción de la vulnerabilidad evidenció la falta de preparación del municipio y su comunidad para abordar el evento de riesgo tecnológico que cobró 33 vidas en la Comuna 10. Frente a la preparación del desastre para una respuesta efectiva, se considera una mínima planificación de contingencia y recuperación durante el año 2011 en la comuna, lo que conllevó a agudizar el evento (**Figura 6**).

Por su parte, la medición arrojó 15 componentes con un nivel 2, los cuales se describen como de baja resiliencia, en donde se tiene conciencia del problema, se cuenta con capacidad para actuar, pero de manera limitada, con intervenciones fragmentadas y a corto plazo. Esto, en relación con lo manifestado por la comunidad, en temas de comprensión del riesgo, específicamente, no se contaba con estudios detallados de la comunidad sobre riesgos de desastres. Por su parte, se evidenció que el tema de inclusión de grupos vulnerables y mujeres, así como conocimiento de derechos e incidencia, se ubicaba en esta calificación, a pesar de que existía una consolidada organización comunitaria (**Figura 6**).

El tema del liderazgo y voluntariado, arrojó una puntuación con un valor de 3, que corresponde a mediana resiliencia, en donde se caracteriza por el desarrollo e implementación de soluciones, así como la capacidad de actuar, siendo las intervenciones numerosas y de largo plazo. Esta calificación la otorgó la comunidad en respuesta a la recuperación, debido a las redes de apoyo que facilitaron la respuesta y la recuperación del desastre en el año 2011.

Finalmente se obtuvo una calificación con un nivel de 4, en donde la comunidad le otorgó la categoría de resiliencia al componente dirigido a la cohesión social y prevención de conflictos, dado a que en la Comuna 10 siempre ha existido una organización social y comunitaria, fortalecida y participativa lo que en el 2011 les permitió hacerle frente al desastre exigir a la institucionalidad una respuesta oportuna, y generar redes de apoyo para superar la crisis. Para la comunidad, este componente es el más importante y el único al que le dieron una alta puntuación, reconociendo el valor que tuvieron muchos líderes. La categoría de resiliencia hace referencia a la coherencia e integración, intervenciones amplias, cubriendo los mayores aspectos del problema y ligadas a una estrategia coherente y de largo plazo.

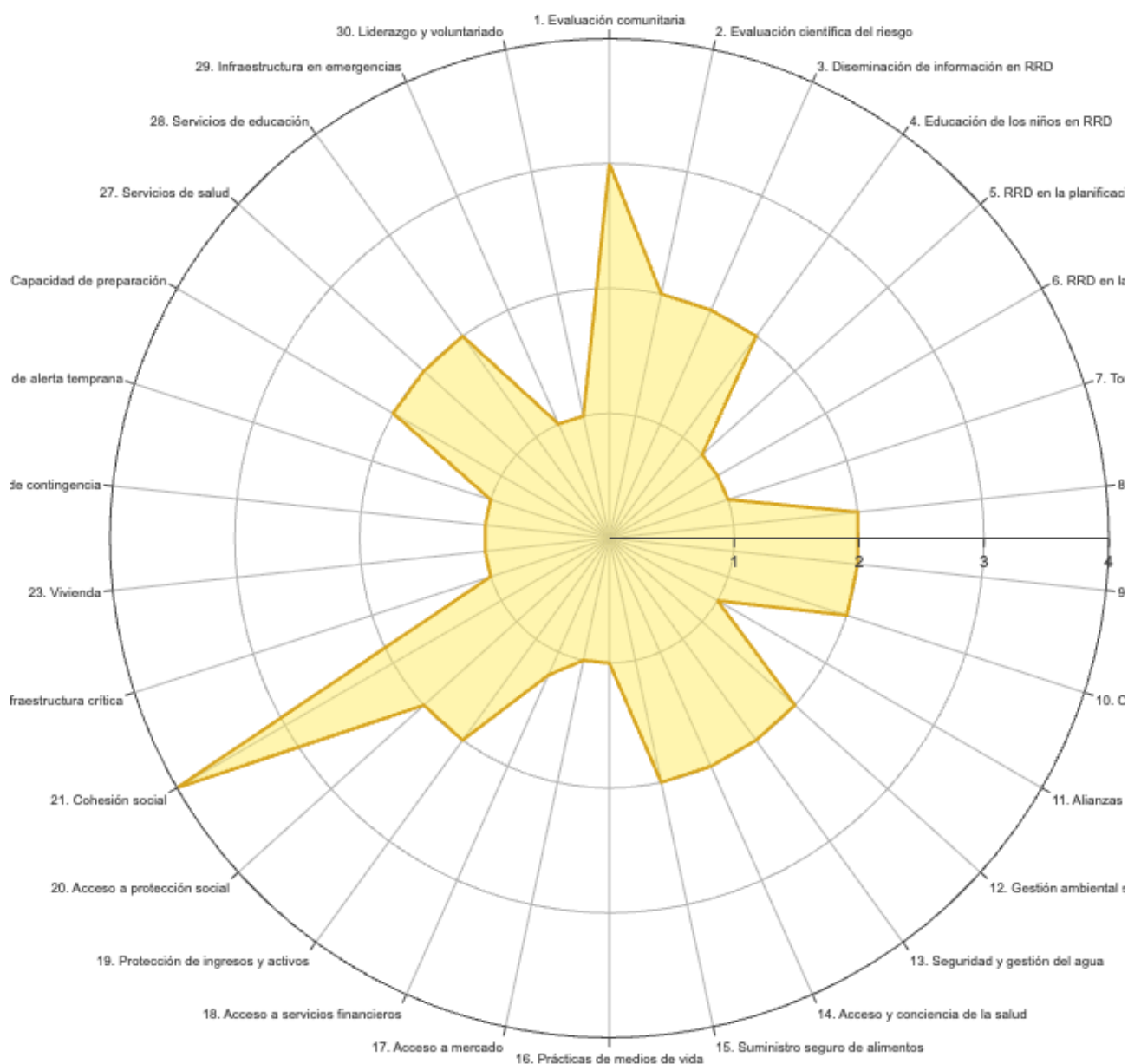


Figura 8: Resultado de la evaluación de resiliencia comunitaria ante desastres del año 2011 (Gráfico radar de 30 componentes). Calificación de resiliencia 30.8% (mediana).

4.3. Evaluación de resiliencia comunitaria ante desastres Año 2011 en la Comuna 10

Para el año 2011 la comunidad calificó los componentes de acuerdo con la experiencia vivida, y a los aprendizajes que han surgido después del desastre durante esta década, la calificación más baja con un nivel de 1, categoría de mínima resiliencia, lo otorgaron al componente de planificación del desarrollo, en donde sigue siendo muy corta la intervención de la gestión del riesgo de desastres como un instrumento para mejorar las condiciones sociales de la comunidad, así como la destinación de recursos y acciones por parte de las juntas de acción comunal.

De esta manera, también le otorgaron un valor de una mínima resiliencia a la infraestructura en emergencia, debido a que, a pesar del evento del 2011, aún no se cuenta con viviendas sismorresistentes, infraestructura crítica pensada para resistir a un evento de tipo tecnológico, y se encuentra con muchos factores de riesgo

alrededor de la comuna. Esta categoría evidencia poca conciencia del problema y las acciones limitadas a respuestas durante crisis.

La comunidad otorgó un nivel de 2 en la categoría de baja resiliencia a cinco componentes para el año 2021, enfocados en la planificación del desarrollo y la gestión del riesgo de desastres, así como a las prácticas de medios de vida resistente a amenazas, la protección de ingresos y activos y recursos financieros para enfrentar una crisis y la cohesión social y prevención de conflictos. Lo anterior se debe, a que las comunidades ven muy importante que la planificación del desarrollo de los barrios de la comuna afecte positivamente la gestión del riesgo de desastres, debido a los factores de riesgo que se encuentran en la zona, a su vez el tema de acceso a servicios financieros y protección de ingresos y activos, es algo que no está resuelto, debido a que no se ha pensado estrictamente para sus comunidades, este tema frente a la cohesión social y prevención de conflictos, se manifestó una gran preocupación debido a que a medida que pasa el tiempo los lazos comunitarios son más difíciles de tejer y existe una problemática estructural frente a los temas de seguridad paz y convivencia.

La comunidad otorgó a nueve componentes de la evaluación, un nivel de 3, que corresponde a la categoría de mediana resiliencia, los cuales se relacionan a componentes como: la comprensión del riesgo de desastres en la reducción de la vulnerabilidad para mejorar la resiliencia, en donde resaltan como prioridad, educar a los niños en la gestión del riesgo de desastres, así como generar una evaluación científica del riesgo en sus comunidades en acompañamiento con la institucionalidad. Por otro lado, la participación de los grupos vulnerables en la gestión del riesgo está abierta y existen los espacios; no obstante, es poco atractiva para ciertos grupos poblacionales. De manera seguida, se evidencia frente a la gestión ambiental sostenible que las acciones que se generan en torno al cuidado de los cuerpos de agua las realiza la asociación de acueductos comunitarios, siendo los únicos actores que realizan campañas frente a este tema. Manifiestan es importante tener acceso a mercado y a protección social en el momento que vuelva a ocurrir un evento, ya que esto es uno de los temas más frágiles y necesarios para la comunidad y finalmente se encuentra en esta escala los componentes de infraestructura crítica y vivienda, siendo importante el reforzamiento ante cualquier factor amenazante en la comuna.

La comunidad le otorgó a trece componentes de la evaluación, un nivel de 4, considerándolos en la categoría de resilientes, esta calificación fue dirigida a componentes como: evaluación comunitaria participativa del riesgo, la diseminación de la información de la gestión del riesgo de desastres hacia la comunidad, la toma comunitaria de decisiones de manera abierta y participativa, y el conocimiento de derechos e incidencia, alianzas para la reducción del riesgo y la recuperación, el acceso a servicios básicos en un evento y acciones enfocadas a la planificación de la contingencia, sistema de alerta temprana, capacidad de preparación respuesta y recuperación temprana, liderazgo en temas de voluntariado en respuesta y recuperación. Esta calificación permitió contrastar ciertos componentes del año 2011, siendo reconocido por la comunidad, la mejora en ciertos procesos de la gestión de riesgo de desastres, lo que ha permitido que la Comuna 10 cuente con mejores condiciones de resiliencia, cabe resaltar que el evento a pesar de que fue un momento difícil y se perdieron vidas de amigos, familiares y vecinos, ha permitido a las comunidades resurgir del proceso negativo y generaron los tejido comunitario enfocado a la reducción de riesgo de desastres.

La comunidad otorgó un valor de 5, de alta resiliencia, a la participación de la mujer en la gestión del riesgo de desastres, ya que en el año 2021 el porcentaje de mujeres que participan en la toma de decisiones aumentó significativamente.

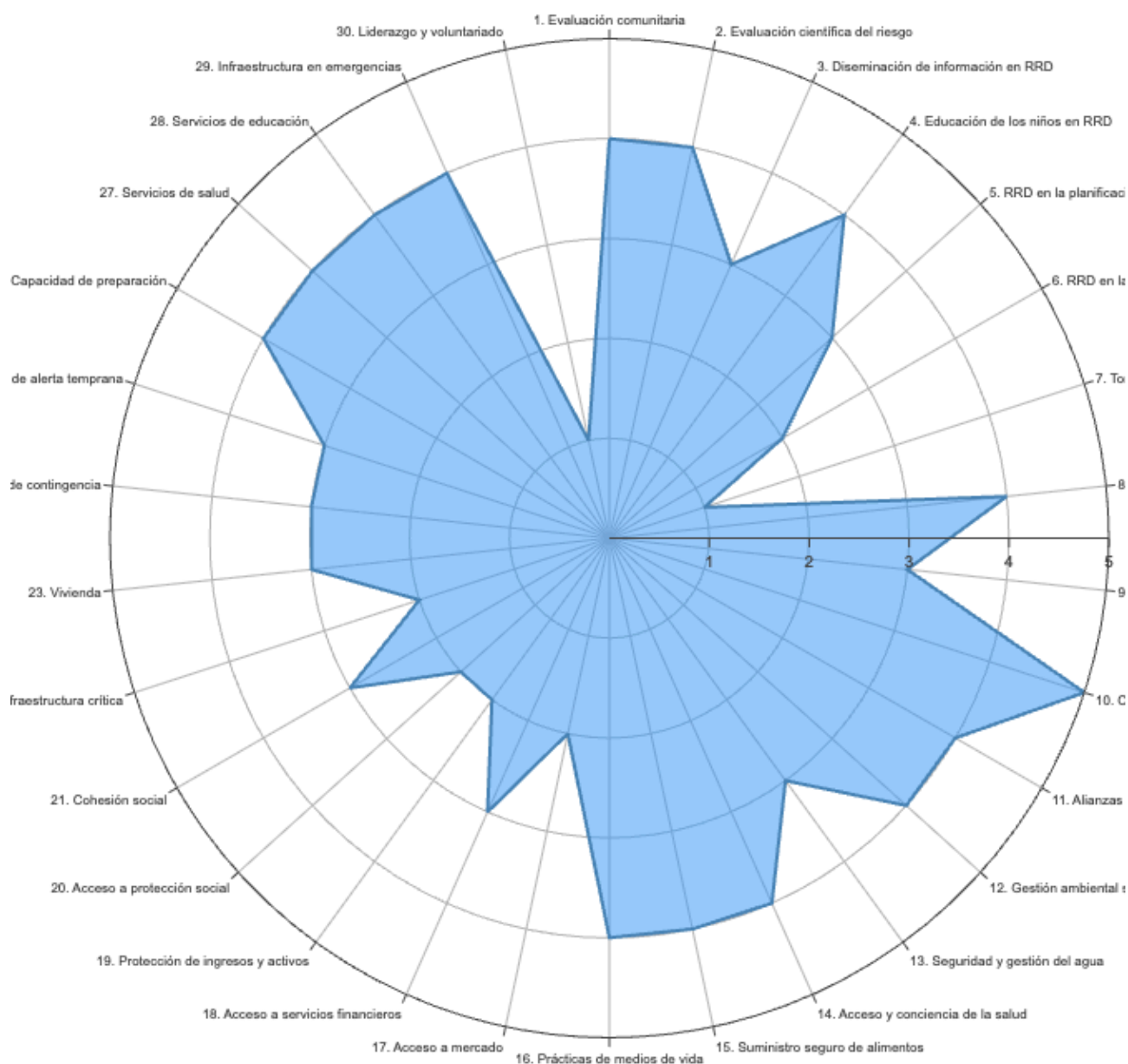


Figura 9: Resultado de la evaluación de resiliencia comunitaria ante desastres del año 2021 (Gráfico radar de 30 componentes). Calificación de resiliencia 60.2% (mediana)

5. DISCUSIÓN

En la **Figura 8** se evidencian los contrastes entre las dos evaluaciones, hallando contrastes significativos en ciertos componentes como la diseminación de la información de reducción del riesgo de desastres, el cual pasó de un nivel 1 a 4, debido al proceso que ha surgido con la comunidad, sobre capacitación, formación y sensibilización en materia de reducción del riesgo de desastres. Esto ha permitido que hoy en día se cuente con procesos sociales, organizaciones y veedurías ciudadanas en la gestión del riesgo de desastres.

Lo anterior está muy relacionado con la toma de decisiones comunitaria, esto se evidencia, del paso de 1 a 4, en dónde la comunidad ha tenido un nivel de empoderamiento en las decisiones que se tomen en su territorio,

participando en las instancias dónde se toman decisiones y se puede incidir para mejorar las condiciones de vida de las personas.

El caso atípico, fue el valor dado a la reducción del riesgo de desastres en la planificación territorial, debido a que los líderes consideran que, en estos diez años, no se ha tenido un avance significativo en este componente, evidenciado un retroceso, dónde las Juntas de Acción Comunal, no consideran este tema relevante en algunos territorios que articulen la gestión de riesgo con la ejecución presupuestal ni en sus planes de acción.

La calificación más alta otorgada, fue la participación de las mujeres, pasando de un nivel de 2 a 5, siendo significativo su avance, ya que son las mujeres las que en la actualidad más participan en los temas de gestión de riesgo de desastres en la comuna 10 y están liderando diferentes procesos.

En el caso de las alianzas para la reducción del riesgo de desastres y recuperación, se tuvo un paso de 0 a 4 en la calificación, lo que muestra la mejora de las condiciones y capacidades de recuperación en la comuna, no solo de las comunidades sino también de la institución. Frente a la cohesión social y prevención de conflictos, se consideró que en el 2011 las condiciones de seguridad eran mejores que en la actualidad, pasando de un nivel de 4 a 2.

Finalmente, otra de las grandes diferencias encontradas, se evidencia en el sistema de capacidad de preparación, respuesta y recuperación temprana, pasó de una calificación de 2 a 4, ya que dichas capacidades, han mejorado notablemente en la comuna y en el municipio, viéndose reflejado en la Estrategia Municipal de Respuesta a Emergencias (EMRE) y en la organización comunitaria.

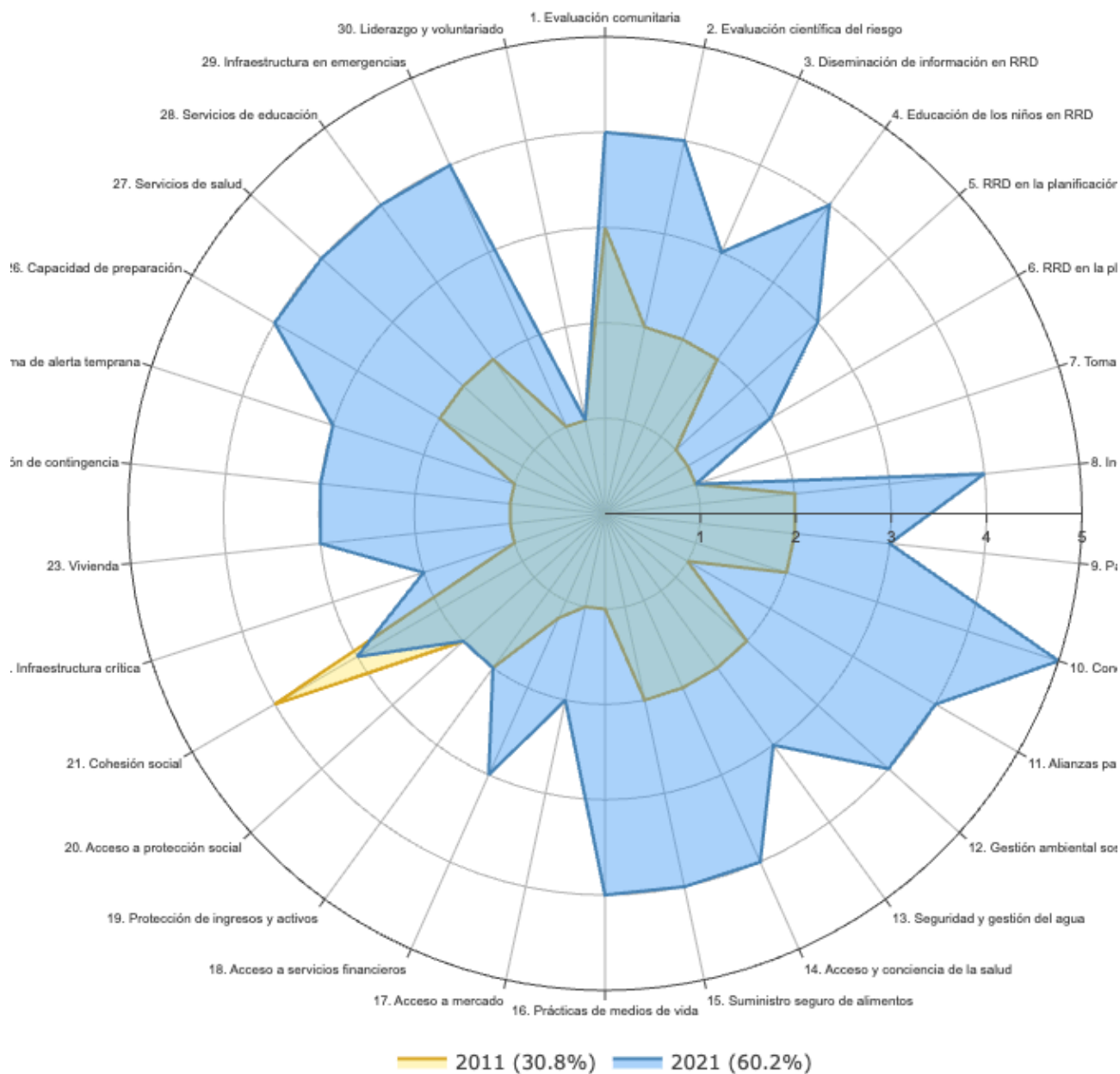


Figura 10: Análisis comparativo de la evaluación de la resiliencia comunitaria ante desastres en los años 2011 y 2021.

6. CONCLUSIONES

El estudio tuvo como objetivo general evaluar la resiliencia comunitaria frente a desastres de tipo tecnológico en la Comuna 10 de Dosquebradas, mediante la aplicación de la herramienta ARC-D en dos momentos temporales, 2011 y 2021. Esta comparación multitemporal permitió identificar avances y limitaciones en las capacidades comunitarias, evidenciando una transición de baja a mediana resiliencia en el periodo de análisis frente a estresores de tipo tecnológico.

La aplicación de la ARC-D demostró ser una herramienta de fácil comprensión para la comunidad y facilitó espacios participativos de reflexión sobre la gestión del riesgo. A diferencia de metodologías como la Evaluación de Vulnerabilidades y Capacidades (AVC) de la Cruz Roja Internacional, que busca sensibilizar y planificar actividades orientadas a reducir vulnerabilidades, la ARC-D se centra en medir componentes de

resiliencia comunitaria de forma estructurada y participativa, con un enfoque en la percepción del riesgo de la comunidad respecto al riesgo tecnológico presente en su entorno, permitiendo además su uso en análisis multitemporales, en este caso específico motivo de los antecedentes presentados por la Comuna 10 en el evento por explosión en el año 2011. La diferencia metodológica aportada en el presente análisis, representa un aporte significativo al campo de la percepción del riesgo tecnológico y complementa los enfoques tradicionales. Adicionalmente, este enfoque multitemporal de la medición de resiliencia no se había presentado en aplicaciones anteriores del ARC-D.

Los resultados de la medición de resiliencia comunitaria mostraron estabilidad en tres componentes a lo largo del tiempo: planificación territorial, protección de ingresos e infraestructura de emergencias. La permanencia del componente refleja tanto limitaciones estructurales, como la ausencia de cambios sustantivos en la planificación del uso de suelo, la persistencia de altos niveles de informalidad laboral y la falta de infraestructura comunitaria para la atención de emergencias. Lo anterior indica que, pese a los avances en otros ámbitos, existen factores estructurales que requieren políticas sostenidas y articuladas a nivel municipal.

Un hallazgo relevante fue el retroceso en el componente de cohesión social y prevención de conflictos, que evidencia un deterioro en la percepción de seguridad y en las medidas comunitarias de resolución de conflictos. La situación social refleja tensiones sociales que deben ser consideradas en las estrategias de gestión del riesgo, pues la cohesión social es un factor determinante de la resiliencia, tal como lo reconocen marcos internacionales como el Marco de Sendai.

En contraste, se observaron mejoras notorias en la participación de las mujeres y en la gobernanza comunitaria, alcanzando incluso niveles altos de resiliencia, este avance destaca el rol protagónico de las mujeres en los procesos comunitarios y la importancia de fortalecer su inclusión en la toma de decisiones.

De fondo respecto a la resiliencia comunitaria, se evidenció un cambio general en los niveles de resiliencia, pasando de baja en 2011 a mediana en 2021, lo cual muestra una evolución positiva en la capacidad de la comunidad para enfrentar riesgos tecnológicos.

En síntesis, la evaluación multitemporal de la resiliencia comunitaria mediante la herramienta ARC-D permitió identificar tanto avances como limitaciones en la Comuna 10 de Dosquebradas. Estos resultados contribuyen al conocimiento aplicado sobre resiliencia comunitaria frente a riesgos tecnológicos, un campo aún poco explorado en Colombia, y ofrecen insumos prácticos para el diseño de políticas públicas y estrategias comunitarias. Al articularse con las prioridades del Marco de Sendai y las Políticas Nacionales de Gestión del Riesgo de Desastres en Colombia, se resalta la necesidad de fortalecer la gobernanza, reducir vulnerabilidades estructurales y promover la cohesión social como ejes centrales para mejorar la resiliencia de las comunidades urbanas expuestas a riesgos tecnológicos.

Puntos Clave

- En 2011 la resiliencia comunitaria frente a riesgo tecnológico en la Comuna 10 era baja, lo que agravó los impactos del desastre presentado en la explosión.
- Entre 2011 y 2021 la resiliencia aumentó a un nivel medio gracias a los procesos de recuperación postdesastre, los aprendizajes colectivos y el mayor liderazgo de las mujeres.
- Para la gestión del riesgo actual, persisten limitaciones en planificación territorial, protección de ingresos e infraestructura de emergencias, sin embargo, pueden existir fortalezas debido a la obtención de capacidades que ha obtenido la comunidad después de la explosión.

Recomendaciones para tomar decisiones

- Replicar la aplicación de la herramienta ARC-D en otros municipios para evaluar y fortalecer la resiliencia comunitaria frente a riesgos tecnológicos.
- Incluir el riesgo tecnológico de forma explícita en los planes de gestión del riesgo y en los instrumentos de planificación territorial.
- Socializar y sensibilizar a la comunidad sobre el riesgo tecnológico, vinculándolo a la vida cotidiana, los medios de vida y la movilidad.
- Usar la ARC-D como insumo para diagnósticos locales en el marco de la iniciativa MCR2030, articulando sus resultados con los planes municipales.
- En el caso de Dosquebradas, expandir el ejercicio a otros escenarios de riesgo para aprovechar aprendizajes y fortalecer la preparación comunitaria.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no declaran conflicto de intereses.

USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Durante la preparación de este capítulo, los autores utilizaron ChatGPT versión GPT-4o (<https://chatgpt.com>) con el fin de recibir sugerencias de redacción y corrección del estilo científico. Los revisores expresan que no utilizaron herramientas de IA en el proceso de evaluación del manuscrito.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a los líderes de la Comuna 10 del municipio de Dosquebradas, por su apoyo y participación en las reuniones previas y grupo focal, lo cual fue de vital importancia para la obtención de los resultados. Especialmente, queremos agradecer a Don Elmer Castañeda y Diego Buitrago, líderes y expertos comunitarios en la gestión del riesgo de desastres en la Comuna 10, los cuales apoyaron de manera desinteresada esta evaluación de resiliencia comunitaria, viéndola como una oportunidad para el proceso de la gestión de riesgo.

IDENTIFICACIÓN DE AUTORES

Evelin Langebeck Cuéllar

<https://orcid.org/0000-0003-2243-0899>

Nicolás Giraldo Hernández

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001984270

DECLARACIÓN DE AUTORÍA CRediT

Todos los autores contribuyeron a la conceptualización y desarrollo de este proyecto. Evelin Langebeck Cuéllar lideró la metodología y la recolección de datos comunitarios. Nicolás Giraldo Hernández coordinó el análisis de datos y la interpretación de resultados. Ambos autores revisaron críticamente y aprobaron la versión final del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Cruz Roja Internacional, *¿Cómo se hace un AVC? Guía práctica para el personal y los voluntarios de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja*. Cruz Roja, 2006.
- [2] ONU (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres), «Informe del grupo de trabajo intergubernamental de expertos de composición abierta sobre los indicadores y la terminología relacionados con la reducción del riesgo de desastres», 2016.
- [3] L. Ciccotti, A. Rodrigues, M. Boscov, y W. Gunther, «Building indicators of community resilience to disasters in Brazil: A participatory approach», *Ambiente & Sociedade*, vol. 23, pp. 1-24, 2020, doi: [10.1590/1809-4422asoc20190151vu2020L3AO](https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20190151vu2020L3AO).
- [4] S. L. Pérez, S. I. Granados, S. P. Estupiñán, y C. d. R. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, *Lo que usted debe saber sobre riesgo tecnológico*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://172.16.10.183/handle/20.500.11762/27100>
- [5] V. Sandoval, F. Navarrete, y S. Cuadra, «Resiliencia comunitaria ante desastres en América Latina: tendencias y desafíos», *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres*, vol. 6, n.º 1, pp. 45-67, 2022.
- [6] S. M. Pell del Río *et al.*, «Percepción de riesgo durante el confinamiento por COVID-19 en una muestra cubana: resultados preliminares», *Anales de la Academia de Ciencias de Cuba*, vol. 11, n.º 1, abr. 2021, [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2304-01062021000100016&lng=es&nrm=iso&tlng=en
- [7] «Resiliencia frente a riesgos de desastres en la ciudad de Linares, Chile: Evaluación a través del modelo de las Naciones Unidas», Concepción, Chile, 2021. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.udec.cl/handle/11594/8870>
- [8] Ecopetrol S.A. and Veeduría Ciudadana and Fundación Social Cooplara, «Huellas de Esperanza. Análisis del desastre tecnológico de Villa Carola», 2015.
- [9] *Herramienta para medir la resiliencia comunitaria ante desastres. Guía metodológica | PreventionWeb*. 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.preventionweb.net/es/publication/herramienta-para-medir-la-resiliencia-comunitaria-ante-desastres-guia-metodologica>
- [10] *Análisis de la Resiliencia de las comunidades ante desastres. Caja de herramientas ARC-D. Manual de guía al usuario (2nd ed.)*. GOAL. 2016. [En línea]. Disponible en: https://resiliencenexus.org/wp-content/uploads/2020/05/ARC-DToolkitUserManualB01_SPANISH_Version_A03.pdf
- [11] «Plan municipal de gestión del riesgo de desastres. Alcaldía de Dosquebradas.», 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.dosquebradas.gov.co/web/index.php>

5. Gestión del Riesgo Volcánico con Animales de Producción

Diego Hernández Pulido ¹, Julia Inés Lema Vélez ²

¹ Facultad de Ciencias Agrarias, programa de Medicina veterinaria, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Calle 170 # 54^a-10, Bogotá D.C., Colombia; ² Facultad de Ciencias Agrarias, Fundación Universitaria Agraria de Colombia, Calle 170 # 54a-10, Bogotá D.C., Colombia

Resumen

Las laderas volcánicas son zonas fértiles ideales para la agricultura y ganadería, pero se exponen a erupciones volcánicas que pueden generar graves impactos en los pequeños productores, afectando sus medios de subsistencia. Los animales sufren consecuencias crónicas como enfermedades, inanición o muerte por ingesta de ceniza, lo que amenaza la seguridad alimentaria y la salud pública. Las erupciones volcánicas pueden provocar abandono, enfermedades y mortalidad animal por falta de planes de gestión de riesgos. La solución es implementar sistemas integrales que prioricen el bienestar animal y la protección de medios de vida. Existe un vacío en la aplicación de políticas locales que integren prevención, respuesta y rehabilitación. Apropiar y conocer la temática asociada a la gestión de riesgos desastres para proteger al ganado antes, durante y después de erupciones volcánicas promueve la subsistencia de los agricultores. Se realiza a través de un enfoque multidimensional que incluye: 1) Prevención: capacitación y medidas de contingencia (alimentación segura, refugios); 2) Respuesta: protocolos de respuesta a emergencias y procedimientos estandarizados de atención; 3) Rehabilitación: restauración de sistemas de producción y salud animal. Se basará en políticas públicas coordinadas y participación comunitaria. Reducción de la mortalidad animal, mitigación de pérdidas económicas y mejora en la resiliencia de los productores. La sensibilización y formación garantizarían una respuesta efectiva. Es urgente integrar el bienestar animal en los planes de gestión de desastres, con políticas públicas que fomenten la preparación comunitaria y la cooperación interinstitucional. Se recomienda investigar estrategias adaptadas a contextos volcánicos y promover campañas de concientización.

Palabras clave: Desastres, reducción de riesgo, ganadería, volcanes, animales de producción

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17673444>

1. INTRODUCCIÓN

Las erupciones volcánicas pueden ocasionar pérdidas económicas para los pequeños agricultores y productores pecuarios que dependen de sus animales de producción. Estos animales son un medio de subsistencia, además de ser fuente de proteína animal (leche, carne y huevos) indispensable para una buena nutrición;

también son animales de trabajo, carga y transporte, y para millones de familias rurales, los sistemas de producción animal son su “banco en pie”, fuente de ingreso y ahorro [1].

La caída de cenizas puede tener graves efectos perjudiciales en los cultivos y en los animales. Dependiendo del grosor de las cenizas y la presencia de fluoruro soluble, el momento y la intensidad de la precipitación, se afectan la salud de los animales, las condiciones de crecimiento de los cultivos y la disponibilidad de agua y alimento no contaminados. Por otro lado, después de una erupción volcánica, la recuperación del componente animal y vegetal depende de la cantidad de ceniza, lava fluida, flujos piroclásticos y los gases emitidos. Debemos tener en cuenta que las erupciones pueden desencadenar otros fenómenos como lo son los incendios forestales, terremotos y tsunamis, lo que hará más difícil la recuperación. La caída del contenido volcánico en las aguas aumenta la acidez, turbidez y temperatura. Las erupciones pueden influir en la migración de los animales, el descanso de pasturas, y la alimentación de los animales [2].

2. CONOCIMIENTO DEL RIESGO VOLCÁNICO EN ANIMALES DE PRODUCCIÓN

Fenómenos geológicos como terremotos, volcanes, tsunamis e hidrometeorológicos como tormentas de viento, sequías, nevadas e inundaciones continúan impactando a las personas y los bienes expuestos de la sociedad. Durante la última década, los desastres han provocado un aumento de las pérdidas económicas y sociales, generando desplazamientos y sufrimiento, esta tendencia ha llevado a una creciente dependencia de la ayuda humanitaria [3]. En el caso de los animales que pastan en libertad, el aislamiento por fenómenos como erupciones volcánicas puede provocarles inanición y debilitar su sistema general de su salud. Si bien el colapso de infraestructuras, los daños causados a los pastos por la caída o saturación de cenizas pueden generar otras complicaciones [4].

2.1 Actividad volcánica

Las áreas cercanas a los volcanes son lugares muy populares para cultivar y criar animales de granja debido a que el suelo es muy fértil. Esto significa que cerca de cráteres aparentemente inactivos el pastoreo de animales es muy usual. Los volcanes pueden tener efectos crónicos sobre los animales, dependiendo de la naturaleza de la erupción. Si una erupción es violenta, los flujos de lava, los flujos piroclásticos, los gases venenosos y los lahares pueden enterrar, quemar, matar y herir a los animales. A menudo la evacuación es muy complicada debido a la naturaleza del terreno y el número de animales presentes en estas zonas, combinados con las limitadas opciones para alojarlos en otro lugar. Algunos habitantes de las zonas que pueden afectarse se negarán a marcharse sin sus animales, mientras que otros pueden dejarlos atrás, regresar o intentar regresar a su hogar y volver o intentar volver a la zona de peligro muchas veces para cuidar de ellos, causando problemas a las autoridades [5].

En salud humana, la exposición a las cenizas volcánicas rara vez pone en peligro la vida humana de forma directa, excepto cuando las partículas de ceniza son gruesas causan daños estructurales en los edificios (por ejemplo, el colapso de los tejados) o víctimas indirectas como las que se producen durante las operaciones de limpieza de las cenizas o en accidentes de tráfico. Los efectos a corto plazo suelen incluir irritación de los ojos y de las vías respiratorias superiores y exacerbación de enfermedades respiratorias preexistentes como el asma; los problemas de salud graves son poco frecuentes. Además, las comunidades afectadas pueden experimentar mayores niveles de angustia psicológica. Esto ocurre especialmente cuando las erupciones causan trastornos sociales y económicos [6].

Las personas deben evitar la exposición innecesaria a la ceniza y llevar una mascarilla eficaz (Certificada industrialmente N95, FFP2 o su equivalente) cuando esté al aire libre para reducir la inhalación de partículas

de ceniza. Las personas con problemas respiratorios deben tener especial cuidado para evitar la exposición a la ceniza en el aire y deben llevar consigo su medicación. Los servicios médicos pueden esperar un aumento del número de pacientes con síntomas respiratorios y oculares durante y después de la caída de cenizas. En general, la gente estará muy preocupada por los efectos de la ceniza, y suelen surgir preguntas sobre las características de la ceniza y las implicaciones para su salud [6].

Efectos a largo plazo

La realidad es que los efectos a largo plazo de una erupción sobre los animales suelen ser reducidos. Por ejemplo, en el Monte Santa Helena, los científicos comprobaron que tanto plantas como animales volvieron a las zonas devastadas al cabo de un año de la erupción. Así mismo, en 1902 hubo una gran erupción en el volcán Santa María (Guatemala) la cual mató entre cientos a miles de aves [7].

Caja 1. Definiciones

Medios de subsistencia o medios de vida.*** Un medio de subsistencia consiste en los activos (naturales, físicos, humanos, financieros y de capital social), las actividades vinculadas a estos activos y el acceso a ellos (mediado por instituciones y relaciones sociales) que juntos determinan la subsistencia obtenida por el individuo o el hogar [8]. Comprende las habilidades, los activos (tanto materiales como sociales) y las actividades necesarias para los medios de vida. La subsistencia es sustentable cuando puede enfrentarse y recuperarse del estrés y la crisis y mantener o mejorar su capacidad y activos tanto en el presente como en el futuro, siempre y cuando sin perjudicar los recursos naturales básicos [9].

Agropecuaria o agropecuaria.*** Se refiere al sector agrícola (agricultura) y el sector ganadero o pecuario (ganadería). Estas actividades económicas, junto con otras estrechamente vinculadas a las industrias alimentarias, son las más significativas del medio rural y de las cadenas de producción y valor que del mismo se derivan [10].

2.2 Enfoque conceptual de los medios de vida/subsistencia en entornos agropecuarios

El marco conceptual sobre los medios de vida se remonta a los años ochenta. En un principio, se entendían como las capacidades o activos (que incluye recursos materiales y sociales) que se adoptan para actividades necesarias para ganarse la vida [8]. Sin embargo, a través del tiempo nuevos marcos interpretativos aparecieron y fueron adoptados por agencias de desarrollo. Más adelante aparece el concepto de medios de subsistencia sostenibles, marcando un nuevo enfoque político y práctico (Caja 1). A la definición inicial de capacidades, activos y actividades, se agregó el adjetivo “sostenible”. Esto implica que un medio de vida o subsistencia puede hacer frente y recuperarse del estrés o los choques (i.e., relacionado al concepto de resiliencia en términos de la gestión del riesgo de desastres) que se puede mantener o mejorar sus capacidades y bienes, proporciona oportunidades de subsistencia sostenibles para una siguiente situación, y aporta beneficios a otros medios de vida locales y globales como en el largo y corto plazo [8].

El Comité Internacional de la Cruz Roja (CICR) y el alto comisionado de las Naciones Unidas para los refugiados [11] define los medios de vida como aquellas actividades que permiten asegurar las necesidades básicas de vida: alimento, agua y vivienda. Estas actividades significan adquirir conocimiento, habilidades, materias primas y otros recursos para satisfacer las necesidades individuales o colectivas de manera sostenible y con dignidad. Todas las actividades asociadas a medios de vida se llevan a cabo repetidamente dentro de una corriente de ingresos como la agricultura, el pastoreo, la pesca, el empleo dentro de un sector de mercado. El trabajo proporciona la base para su seguridad alimentaria y autosuficiencia, agregando estabilidad, prosperidad y paz a la comunidad en general.

Caja 2. Acceso desigual a capitales clave

Los capitales o activos hacen referencia a los bienes tangibles e intangibles, capacidades y demás recursos que tienen las personas o pueden acceder a ellos para alcanzar sus objetivos de medios de vida. Están representados en un pentágono que simboliza el nivel de acceso que tienen las personas a estos. Lo ideal es encontrar el pentágono simétrico, lo que indicaría un acceso equilibrado en los cinco tipos de capitales [12].

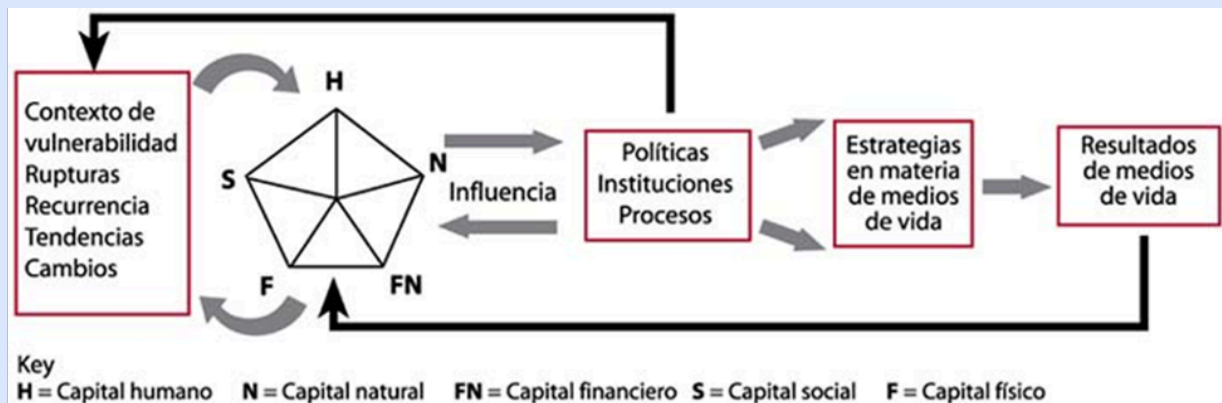


Figura 1: Componentes principales del marco conceptual sobre los medios de vida.

Marco de los medios de vida sostenibles. Herramienta que permite comprender cómo interactúan los medios de vida familiares con el entorno, tanto con el natural como con el contexto político e institucional. Los componentes del marco son:

1. Los capitales o activos hacen referencia a que es lo que tienen o a que tienen acceso las personas
2. Estrategias de medios de vida: lo que hacen los hogares para generar un sustento
3. Contexto de vulnerabilidad: acontecimientos previsibles o no que pueden afectar los medios de vida
4. Estructuras y procesos: ambiente de gobernabilidad, política e instituciones
5. Resultado de los medios de vida: Objetivos que persiguen las personas

Definiciones de los capitales:

Capital humano: Permite desarrollar diferentes estrategias para desarrollar sus objetivos. Ej: Competencias, conocimiento, capacidad de trabajo y salud.

Capital social: Redes e interconexiones que incrementan la capacidad de trabajo y amplían el acceso a instituciones mayores. (i.e., pertenencia a grupos formalizados, relaciones de confianza).

Capital natural: Los recursos y las reservas naturales de las que dependen las personas tales como tierras, bosques y otros.

Capital físico: Infraestructuras básicas y bienes de producción, entre los que se incluyen: refugios, edificios, herramientas, equipos, semillas, ganado, transporte y comunicaciones.

Capital financiero: Disponibilidad de efectivo o equivalente, que permite a las personas adoptar diferentes estrategias en relación con los medios de vida: ahorros, capitales líquidos (ganado y joyas), créditos, pensiones o giros.

Estrategia de los medios de vida: Son aquellas actividades y decisiones que toman los hogares o las personas para combinar los capitales disponibles para alcanzar sus objetivos y mantener o reforzar sus medios de vida; o para hacer frente a las necesidades básicas. Ej: la agricultura, pesca, comercio, empleo público [12].

2.3 Impacto sobre el sector de la producción animal

Los desastres no sólo suponen una amenaza para la humanidad, sino que también afectan a los sistemas de producción animal. Estos son parte integral de los activos clave de un país, y tiene un papel importante en el crecimiento de su economía. Aunque este sector ya se enfrenta a algunos problemas en términos de recursos alimenticios, malas condiciones sanitarias, infraestructuras inadecuadas de comercialización, transformación y valor añadido, los desastres y emergencias de origen natural y socio-natural han agravado aún más su problema y empeorado la economía al dejar efectos negativos en la población y en el propio ganado [12].

Cada vez que una región, un país o un lugar declara una situación de calamidad pública por una emergencia o se declara desastre, ya sea una inundación, un terremoto, o un volcán, el ganado es el primer afectado, ya que las medidas de socorro y rehabilitación de los gobiernos se centran en las personas y, por lo tanto, el sector recibe escasa importancia y queda abandonado [12]. Según el informe de Qasim [13], la ganadería es el segundo subsector más afectado después de los cultivos y ha sido responsable de 11,000 millones de dólares; es decir, el 36% de todos los daños y pérdidas registrados a causa de diversos desastres, de los cuales el 44% de las pérdidas de producción se deben a la sequía y el 39% a las inundaciones. Debido al crecimiento de la población mundial, la demanda de producción ganadera aumenta en el sector agrícola. Por otra parte, el cambio climático repercute en la producción ganadera y en los cambios biológicos de los animales, como la fertilización de suelos y la cría. Los fenómenos meteorológicos extremos, como olas de calor, inundaciones y sequías causan pérdidas de productividad ganadera, así como mortalidad. El cambio climático tiene efectos directos e indirectos sobre la productividad del ganado. El estrés térmico, la humedad, el viento, la sequía, las heladas y las inundaciones son consecuencias directas, que se traducen en una menor producción de leche, carne, reproducción, salud animal y rendimiento [13].

Entre la década de 2014 a 2024, el sector ganadero bovino en Colombia ha reportado 188,185 animales muertos, 2,769,099 desplazados y 9,320.985 de hectáreas afectadas por inundaciones y sequías [14].

Una de las principales consecuencias que genera un desastre en los países en desarrollo es las epizootias. La eficacia productiva de un gran número de animales disminuye debido a diversas epizootias que aparecen inmediatamente después de un desastre, matando así a grandes poblaciones de animales. La mala nutrición y las enfermedades subclínicas son las otras dos causas importantes que deterioran aún más la salud de los animales. Estos dos factores provocan desequilibrios minerales y energéticos, pérdida de peso corporal que aumenta la susceptibilidad a las enfermedades y disminuye la eficacia reproductiva [15].

Los efectos secundarios de los desastres en los animales incluyen el abandono, la muerte por inanición, el ataque de depredadores, enfermedades e infecciones que van desde la parasitosis (interna y externa) hasta otras enfermedades bacterianas y transmitidas por vectores [16].

2.4 Cómo afecta la ceniza a los animales de producción

El envenenamiento y la muerte por flúor pueden ocurrir en el ganado que patea sobre pasto cubierto de ceniza si el flúor está en altas concentraciones. Puede ser aconsejable muestrear y analizar la ceniza o la vegetación cubierta de ceniza para determinar si existe este peligro potencial para el ganado en áreas cubiertas de ceniza, incluso en espesores tan delgados como 1 mm. Los animales que se alimentan de pastos contaminados con ceniza pueden sufrir y morir de obstrucciones gastrointestinales. La escasez de alimento y agua no contaminados tras una caída de ceniza también puede provocar inanición. En las erupciones volcánicas, las cenizas volcánicas, los gases y la niebla tóxica pueden propagarse en amplias zonas, puede ser difícil descifrar los impactos causados por cada uno, y los impactos supuestamente causados por uno pueden deberse en realidad a otros o a una combinación [17].

La supervivencia de los cultivos agrícolas y los pastos suele verse gravemente limitada cuando el espesor de la ceniza es superior a 100-150 mm. Sin embargo, predecir las posibles pérdidas de cultivos por la caída de

cenizas es difícil y suele ser exagerado debido a la gran variedad de condiciones ambientales y vegetales que existen en las zonas tropicales y templadas durante y después de las caídas de cenizas de distinto grosor. La abrasividad de la ceniza puede dañar la maquinaria y los equipos agrícolas, pero un mayor mantenimiento y unas pocas medidas de precaución pueden reducir significativamente el costo de mantener la maquinaria en condiciones de funcionamiento [18].



Figura 2: Suministro de alimento seco (Henolaje - método de conservación de forraje) al ganado bovino después de la caída de ceniza volcánica. Ganado alimentándose con henolaje después de caída de ceniza en el volcán Chaitén, Chile 2008. Los granjeros suministraban alimento en las áreas con menor densidad de caída de ceniza ≤ 5 mm para que sus animales pastaran, mientras se recuperaban las praderas de 2 a 3 semanas después. Fuente: Diego Hernández Pulido.

La ceniza volcánica es una mezcla de partículas de roca, minerales y vidrio expulsadas por un volcán durante una erupción volcánica. Se compone de pequeños trozos dentados de roca y vidrio. Es dura, abrasiva, ligeramente corrosiva, conduce la electricidad cuando se moja y no se disuelve en agua. Los gases volcánicos son emitidos por una chimenea volcánica antes, durante o después de una erupción volcánica. Los gases volcánicos más abundantes son el vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2) y el azufre, ya sea en forma de dióxido de azufre (SO_2) o de sulfuro de hidrógeno (H_2S) [19]. El término “niebla tóxica” se refiere a una mezcla brumosa compuesta principalmente por gas SO_2 y partículas ácidas muy pequeñas [20]. La lluvia ácida procede principalmente de la lluvia que ha caído a través de una nube de gas volcánico [18].

La caída de ceniza puede afectar negativamente a los cultivos y al ganado, pero es muy difícil predecir las consecuencias exactas y los costos asociados de los posibles daños causados por la ceniza o las medidas de mitigación. Esto es especialmente cierto en el caso de las grandes erupciones explosivas que provocan la caída de cenizas sobre grandes áreas y en el caso de una serie de pequeñas erupciones que se producen repetidamente a lo largo de meses o años. La información de esta sección identifica una serie de efectos

conocidos de la caída de cenizas sobre los cultivos agrícolas y el ganado que pueden servir como orientación aproximada de lo que cabe esperar. Sin embargo, la información que figura a continuación es incompleta y no es aplicable a todas las situaciones debido a la amplia gama de espesores de ceniza y tipos y estados de los cultivos que pueden existir en diferentes partes del mundo en el momento de una erupción explosiva. Además, faltan descripciones detalladas de los efectos de la caída de cenizas en explotaciones individuales de distintas regiones, incluidas las formas en que los agricultores y los gobiernos han intentado reducir las consecuencias perjudiciales para sus cultivos y su ganado [21].

Las erupciones volcánicas pueden causar problemas, dos de los más importantes son la contaminación de las aguas y del alimento. Si los animales no pueden acceder a alimentos frescos y agua, pueden deshidratarse y morir de hambre. Otros problemas son las lesiones por quemaduras, problemas respiratorios, irritación de ojos y piel, abrasiones en dientes y pezuñas y bloqueos gastrointestinales debidos a la ingestión de ceniza [22].

Con erupciones más violentas, la ceniza es un verdadero problema, es densa y cuando cae de forma sostenida se combina con el agua de lluvia, puede formarse una placa sólida de material similar al cemento, a veces de 20 centímetros de espesor, derrumbando granjas enteras y refugios de animales por el peso y matando a los animales en su interior. La ceniza se compone de silicatos, que se comportan como vidrio molido cuando se depositan en los pastos, dando la apariencia de estar cubiertos de nieve. Los animales de producción intentarán seguir pastando y la ceniza abrasiva tritura rápidamente sus dientes, obstruye sus tractos digestivos y causará problemas respiratorios, les causará problemas respiratorios y oculares. Si llueve, la ceniza empezará a formar una alfombra más sólida, cubriendo a los animales con una sustancia parecida al hormigón, causando mucho sufrimiento y la muerte [5].

Como parte de las acciones que buscan mitigar estos problemas, está el lavado de vías respiratorias externas y una limpieza ocular adecuada con agua limpia para evitar mayores complicaciones.



Figura 3: Limpieza de mucosas oculares de material particulado generado por caída de ceniza volcánica.



Figura 4: Ejercicio de simulación de evacuación y respuesta a la ganadería vacuna. Simulación de evacuación y respuesta a la ganadería vacuna realizado en el Parque Nacional Volcán de Turrialba en la provincia de Cartago, Costa Rica, 2009. Fuente: Diego Hernández Pulido.

2.5 Efectos de la ceniza sobre los animales

El ganado se enfrenta al riesgo de la ceniza volcánica, tanto sobre el animal como depositada en el suelo. Son susceptibles de sufrir una gran variedad de problemas, sobre todo por la escasez de agua y piensos, que provoca la deshidratación y la inanición del ganado. Otros problemas son:

- Inhalación y molestias respiratorias
- Irritación de ojos y piel
- Abrasión de los dientes y las pezuñas
- Ingestión que provoca obstrucciones gastrointestinales
- Fluorosis

Estos pueden convertirse en problemas con niveles mínimos de cobertura de cenizas. El impacto sobre el ganado que pasta en áreas o suelos más afectados es mayor que el de los animales que pastan en zonas de menos caída de ceniza. Cada uno de estos efectos depende de [23]:

- Características de las cenizas (tamaño del grano, composición, presencia de aerosoles venenosos)
- Precipitaciones y vientos antes y después de la caída de ceniza (para ayudar a la eliminación de la ceniza de la fuente de alimento)
- Especie y edad del ganado
- Exigencias nutricionales del ganado en el momento de la caída de cenizas
- Longitud de los pastos
- Capacidad de carga

En la Tabla 1 se describen los efectos directos sobre los sistemas de producción ganadera que las erupciones volcánicas generan, al igual que algunas de las principales medidas que deben ser consideradas a la hora de planear una respuesta adecuada.

Tabla 1: Efectos directos sobre los sistemas de producción ganadera por erupciones volcánicas. Modificado de Hernández [24].

Efecto sobre los animales	Medidas de respuesta
La lava sólo es de riesgo cuando fluye y los animales no son evacuados. Las partículas de ceniza por contener sílice que causa silicosis. Problemas oculares (ulceración). Quemaduras. Traumas por aplastamiento y caída de escombros. Problemas en pezuñas por altas temperaturas y material de escombros afilado. El desplazamiento de animales. Daño de infraestructura de instalaciones para uso animal. Destrucción de forraje y pasturas	Reagrupación inmediata y refugios. Comida, incluyendo un plan de recuperación de pasturas afectadas. Agua. Primeros auxilios veterinarios, en particular afecciones oculares, quemaduras, enfermedades respiratorias y cojeras

3. MEDIDAS DE GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES

La gestión del riesgo de desastres en escenarios provocados por una erupción volcánica implica la planificación, preparación y ejecución de medidas para garantizar la seguridad y el bienestar del ganado en zonas afectadas por erupciones volcánicas. Esto incluye:

Evacuación: Evacuación de animales de producción de zonas que corren el riesgo de afectarse por una erupción volcánica. Esto puede implicar el traslado de los animales a zonas seguras que estén fuera de la zona de peligro o proporcionarles refugio temporal.

Alimentación y agua de emergencia Suministro de alimento y agua de emergencia para los animales que no puedan pastar o acceder a fuentes de agua debido a la ceniza volcánica y otros peligros. Por ejemplo, el ganado de ceba que consume grandes cantidades de alimento y gana peso rápidamente genera cantidades significativas de calor metabólico. Una temperatura ambiente elevada que se aproxime o supere la temperatura corporal hace que los mecanismos compensatorios fisiológicos del animal no funcionen correctamente, llevándolo a una condición de estrés por calor [25].

Gestión sanitaria: Seguimiento y gestión de la salud durante y después de una erupción volcánica. Esto incluye proporcionar tratamiento médico para lesiones o enfermedades resultantes del desastre, así como prevenir la propagación de enfermedades. Una de las principales causas de emergencias y desastres en los países en desarrollo son las epizootias. La eficacia productiva de un gran número de animales disminuye debido a diversas epizootias que aparecen después de estos escenarios, matando así a grandes poblaciones de animales. La mala alimentación y las enfermedades subclínicas son otras dos causas importantes que deterioran aún más la salud de los animales [26].

Rehabilitación: Rehabilitación de pastos, fuentes de agua y otros recursos esenciales para los animales una vez pasado el peligro. Esto incluye la retirada de cenizas y escombros, la reparación de cercas y otras infraestructuras, y la replantación de vegetación.

Para una gestión eficaz de los animales en una respuesta a una crisis provocada por la erupción de un volcán, se requiere la coordinación y colaboración entre las múltiples partes interesadas, incluidas las instituciones gubernamentales, las organizaciones no gubernamentales y los residentes locales. Es esencial disponer de un plan integral de respuesta a desastres que incluya disposiciones para la gestión del ganado y aplicar este plan de manera oportuna y eficaz para minimizar el impacto del desastre sobre los animales y los medios de subsistencia de las personas que dependen de ellos [27].

3.1 La importancia de contar con un sistema de gestión del riesgo de desastres

La gestión de los sistemas de producción animal en la respuesta a emergencias y desastres provocados por erupciones volcánicas es esencial hoy en día por varias razones:

Protección de los animales: Los animales de producción son una fuente esencial de alimentos, y su pérdida a causa de desastres puede tener graves consecuencias para la seguridad alimentaria. La gestión de los sistemas de producción animal en la respuesta a desastres puede ayudar a garantizar que las comunidades afectadas dispongan de un suministro adecuado de alimentos, tanto a corto como a largo plazo.

Medios de subsistencia: La gestión de estos sistemas de producción suele ser una importante fuente de ingresos para muchas personas, sobre todo en las zonas rurales. Los desastres pueden tener un grave impacto en los medios de subsistencia de estas comunidades, y una gestión eficaz en la respuesta a desastres puede ayudar a minimizar el impacto en sus medios de subsistencia. Ganadería sostenible = alimentos hoy + recursos mañana + comunidades fuertes.

Salud pública: El ganado puede suponer un riesgo para la salud pública durante los desastres, principalmente si no se gestiona adecuadamente. Una gestión eficaz en la respuesta a desastres puede ayudar a prevenir la propagación de enfermedades y minimizar el riesgo de enfermedades zoonóticas.

Gestión medioambiental: La gestión de los animales en la respuesta a desastres puede ayudar a minimizar el impacto medioambiental, principalmente si el escenario ha provocado la liberación de materiales peligrosos [28].

Caja 3. Definiciones

Zoonosis. Una zoonosis es una enfermedad infecciosa que ha pasado de un animal a humanos. Los patógenos zoonóticos pueden ser bacterias, virus, parásitos o agentes no convencionales y propagarse a los humanos por contacto directo o a través de los alimentos, el agua o el medio ambiente. Representan un importante problema de salud pública en todo el mundo debido a nuestra estrecha relación con los animales en el medio agrícola, la vida cotidiana (animales de compañía) y el entorno natural. Las zoonosis también pueden causar alteraciones en la producción y el comercio de productos de origen animal destinados a la alimentación y otros usos.

Epizootias. Según la Organización mundial de sanidad animal, las epizootias son enfermedades que abordan una o varias especies de animales por una causa general y transitoria, y que equivale a la epidemia en el ser humano [26].

La gestión adecuada de los sistemas de producción animal puede ayudar a prevenir la contaminación del suelo y de las fuentes de agua y a minimizar el impacto medioambiental a largo plazo del desastre. Por lo tanto, la gestión eficaz del ganado en la respuesta a desastres es esencial para proteger los bienes, el medio ambiente y la salud de las comunidades afectadas [29].

Las opciones de rehabilitación de pastos y cultivos herbáceos en función del espesor de las cenizas y de la estación del año se clasifican según los siguientes espesores de ceniza:

- Enterramiento fino (menos de 5 mm)
- Enterramiento moderado (5-50 mm)
- Enterramiento grueso (50-150 mm)
- Enterramiento muy grueso
- Enterramiento extremadamente grueso

Cuando hay suficiente ceniza, puede resultar antieconómico que la tierra vuelva a utilizarse para cultivos. En la mayoría de los casos, el terreno puede reutilizarse para otros fines, como la silvicultura [30]. A continuación, una guía rápida de orientación para proteger el ganado frente a la caída de ceniza.

Proteja su ganado de la ceniza

0 mm – 5mm	5 mm - 50 mm	50 mm a 150 mm
<p>Leve</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recuperaación de suelos: Semanas 2. Contaminación leve fuentes de agua 3. Problemas digestivos a corto plazo 	<p>Moderada</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recuperación de suelos: meses 2. Contaminación leve de fuentes de agua 3. Afectación Infraestructura 4. Problemas digestivos, respiratorios, intoxicaciones, úlceras corneales y bucales, desgaste de dientes y quemaduras 	<p>Grave</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recuperación de suelos: perdida total 2. Perdida de infraestructura fuentes de agua 3. Destrucción de infraestructura 4. Problemas digestivos, respiratorios, intoxicaciones, úlceras corneales y bucales, desgaste de dientes, quemaduras y muerte
<p>Recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua limpia y alimento adicional por 2 a 3 semanas • Limpieza de ojos, nariz y boca de los animales y administrar aceite mineral • Identifique posibles refugios para sus animales • Registros de salud al día 	<p>Recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua limpia y alimento adicional por 2 a 3 meses • Limpieza de techos, graneros y pastos con sopladores • Agende visitas periódicas con su veterinario • Asegure refugio para sus animales y prepare su transporte 	<p>Recomendaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Evacuación obligatoria • Traslade sus animales a refugio lo antes posible • Reduzca su hato para evitar pérdida total de inversión

Figura 5: Espesor de ceniza, nivel considerado de afectación y recomendaciones a seguir. De izquierda a derecha se describen el espesor en milímetros (mm) de la ceniza volcánica sobre el suelo, la recuperación, la afectación y los principales problemas que esto implica para los animales. Cada uno de los niveles de afectación, desde el leve, moderado y severo, contempla unas recomendaciones a seguir. Modificado de World Animal Protection (WAP) 2020. Afectación sobre el ganado de acuerdo con la cantidad de caída de ceniza.

3.2 Efecto sobre las pasturas

Las cenizas que caen sobre los pastos no sólo afectan al ganado que las ingiere, sino que también pueden provocar daños a largo plazo en el suelo. Estos impactos incluyen:

- Espesor de la ceniza enterrada
- Consolidación de la ceniza por la lluvia o el peso
- Composición de la ceniza
- Duración de la caída de cenizas
- Lluvia ácida

Los impactos físicos tienden a tener un mayor impacto que la influencia química de la ceniza en el crecimiento y la recuperación de los pastos. No obstante, cabe señalar que una cobertura mínima, especialmente de cenizas finas, puede ser beneficiosa para el crecimiento de los pastos [30].



Figura 6: Durante la evaluación y afectación por daños, se evidenció esta pradera afectada por la caída de ceniza.



Figura 7: Otra vista de la pradera con ceniza. Pradera afectada por la caída de ceniza con un grosor de aproximadamente 25 mm. Proceso de recuperación de más de tres meses y no apta para la ganadería. Imágenes tomadas a 10 km al noreste de la ciudad de Chaitén, capital de la Provincia de Palena, en la Región de Los Lagos, Chile. 2008. Fuente: Diego Hernández Pulido.

3.3 Efectos en la silvicultura

Los bosques jóvenes son los más amenazados por la caída de ceniza. Los árboles menores de 2 años pueden destruirse por depósitos de ceniza de más de 100 mm [30]. No es probable que la caída de ceniza elimine por sí sola a los árboles maduros, pero el peso acumulado de la ceniza puede romper grandes ramas en casos de fuerte caída de ceniza (>500 mm). También puede producirse defoliación de árboles, especialmente si hay un componente grueso de partículas de la ceniza de mayor tamaño y durante una fuerte caída de ceniza.

No se espera que los impactos en los bosques sean significativos hasta que la caída de ceniza supere los 100 mm. Los daños en las ramas pueden empezar a producirse en los árboles más jóvenes en torno a este nivel, con un aumento de los daños a medida que aumentan los niveles de ceniza. El acceso a los bosques también se verá afectado, ya que las carreteras pueden quedar bloqueadas. No se esperan daños a largo plazo. Una profundidad igual o superior a 500 mm de ceniza causará daños importantes en los bosques. Se producirán grandes roturas de ramas y el acceso a los bosques se verá gravemente obstaculizado. La zona será reutilizable, pero el entorno forestal existente se verá sustancialmente alterado, siendo el enterramiento de los árboles jóvenes una parte importante de ello [31].

3.4 Efectos en los cultivos herbáceos

La caída de cenizas puede tener un impacto significativo en los cultivos, al igual que en los pastos. Los impactos físicos derivados del peso adicional de las cenizas sobre las hojas, el enterramiento parcial y la rotura de tallos y ramas impiden los procesos naturales de las plantas, como la fotosíntesis, la transpiración y el contenido de agua, lo que provoca la pérdida de cosechas [30].

Las precipitaciones que interactúan con el gas volcánico dentro de la pluma de cenizas pueden producir ácidos que caen como lluvia ácida. La desgasificación continuada en el respiradero puede provocar lluvia ácida incluso después de que cese la caída de cenizas. La lluvia ácida que cae sobre las plantas puede provocar tanto problemas en la superficie de las plantas como problemas de hidratación si se absorbe a través de los suelos.

La ceniza depositada en el suelo también puede alterar la química del suelo, alterando la acidez, el contenido de nutrientes y el contenido de agua. Todos estos cambios pueden perjudicar la supervivencia de los cultivos [30].

Los impactos en los cultivos herbáceos dependen del tipo de cultivo, la fase de desarrollo del cultivo, la época del año de la erupción, la duración de la erupción y las condiciones climáticas.

4. REDUCCIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO EN ANIMALES DE PRODUCCIÓN

4.1 Preparación humana frente a la preparación animal

Las personas pueden encontrar dificultades a la hora de prepararse o reaccionar ante un peligro, pero es importante tener en cuenta que a menudo tienen más opciones. Las comunidades pueden huir o ser ayudadas a huir por otros, mientras que los animales domésticos están en muchos casos confinados. Preparando a las personas, se logrará mitigar algunas de las consecuencias de muchos desastres. En la actualidad, y según el nuevo Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR por sus siglas en inglés) los animales de granja y de trabajo se consideran y nombran activos esenciales para la protección de los medios de vida de sus propietarios, como parte de la Prioridad 3: Invertir en la reducción del riesgo de desastres (Tema 30, subtema P y Tema 31, subtema f). A la larga, esto deberá contar con el apoyo y la orientación de las estructuras comunitarias y sectoriales y de los marcos políticos institucionales, tanto jurídicos como presupuestarios [32].

En la práctica, este nuevo concepto en los animales bien puede incluir nuevos enfoques de evacuación y rescate de animales [33].

Pero aparte del imperativo humanitario, es importante pensar en la necesidad individual del animal, algo que está en el centro de la disciplina del bienestar animal. No es aceptable que los animales languidezcan en el agua durante semanas con las extremidades estropeándose lentamente, o que el ganado consuma hierba cubierta de ceniza volcánica que les tritura los dientes y se asienta como hormigón en su estómago, ojos y fosas nasales. Los animales son seres sensibles, sufren de la misma manera que las personas y, como poblaciones civilizadas, debería formar parte de nuestra responsabilidad garantizar el bienestar de las especies de las que tanto dependemos [34].



Figura 8: Evacuación y movilización de ganado vacuno durante la erupción del volcán Chaitén, Chile 2008. Fuente: Diego Hernández Pulido.

5. MANEJO DE DESASTRES EN ANIMALES DE PRODUCCIÓN

Uno de los contrastes más evidentes entre la preparación humana y la de los animales se refiere a los elementos y procedimientos de prevención y preparación de emergencias. En el caso del rescate humano, no se escatiman recursos y se aceptan mayores niveles de riesgo para los equipos de rescate durante erupciones volcánicas. En el caso de los animales puede ser diferente, ya que el riesgo humano apenas se tolerará, mientras que los recursos siempre se medirán en función del valor que tengan los animales para sus dueños, ya sea económico o sentimental [34].

Es importante considerar que las distintas medidas y acciones deben orientarse a la preparación, respuesta y rehabilitación en escenarios de erupciones volcánicas aplicadas a los animales de producción que se vean afectados. Dentro de esas medidas se resaltan las siguientes:

Medidas de preparación

La FAO propone unos elementos necesarios para lograr o mejorar la preparación para los animales son el desarrollo e investigación de la línea de base, esto contempla el historial o antecedentes de sucesos desastrosos en la zona, los inventarios de animales en peligro, la evaluación del impacto en los animales y evaluación de las necesidades y capacidades de los grupos de emergencia para los animales, el nivel preexistente de bienestar y salud de las poblaciones animales, los sistemas de identificación de los animales, las percepciones, actitudes

y comportamientos de los propietarios respecto a la preparación de los animales, los sistemas de alerta temprana vinculados a la previsión, evacuación y transporte de animales, planes de refugio, contemplando la evacuación y transporte de animales [12].

De manera transversal debe contemplarse la coordinación:

Incorporando el componente de los animales de producción en las matrices y mapas de riesgo preexistentes ante un escenario de erupción volcánica. Las comunicaciones efectivas (incorporando el Sistema de Comando de Incidentes (SCI) y las normas para intervenciones ganaderas en emergencias (LEGS).

La formación y sensibilización:

Concienciación sobre la preparación ante desastres para el sector de los animales de granja, a las comunidades y propietarios de animales, manejo de los desastres, rescate técnico de animales, servicios veterinarios, provisión de agua y alimento, asentamientos para animales, reducción de animales y reconstitución de activos ganaderos clave [1].

Caja 4. Guía LEGS para intervenciones ganaderas

Las normas y directrices para intervenciones ganaderas en emergencias son un conjunto de directrices y normas internacionales para el diseño, la ejecución y la evaluación de las intervenciones ganaderas para ayudar a personas afectadas por crisis humanitarias. LEGS por sus siglas en inglés, se basa en tres objetivos centrados en medios de subsistencia: proporcionar asistencia rápida, proteger activos ganaderos y reconstituir los activos ganaderos en comunidades afectadas LEGS, que apoya la salvación de vidas como de medios de subsistencia mediante estrategias claves.

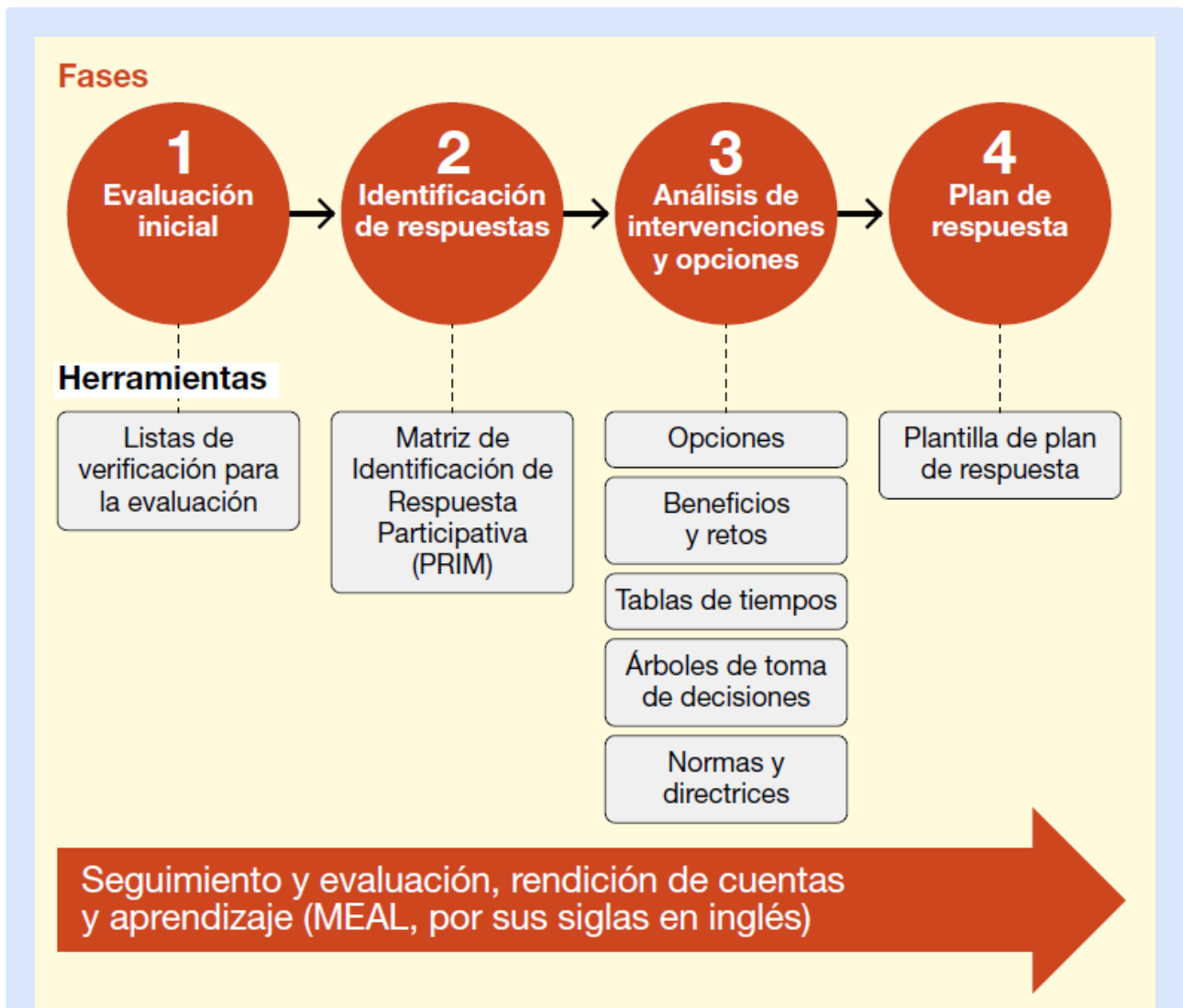


Figura 9: Fases de emergencia según LEGS.

Existen cuatro fases en materia de planificación de respuesta a emergencias que permite orientar el desarrollo de un plan, estas fases permiten decidir, identificar y priorizar intervenciones técnicas, seleccionar opciones adecuadas y usar la información para diseñar un plan adecuado. Las cuatro fases se apoyan por actividades MEAL eficaces a lo largo de la implementación de la respuesta.

LEGS categoriza las emergencias en dos tipos principales:

- Emergencia de inicio lento
- Emergencia de inicio repentino

Cuando una emergencia implica un colapso de la autoridad nacional debido a un conflicto o inestabilidad política, se clasifica como emergencia compleja.

Para ilustrar como los diferentes tipos de emergencia requieren intervenciones en diferentes momentos, LEGS define las fases dentro de las emergencias de inicio lento y repentino de manera diferente:



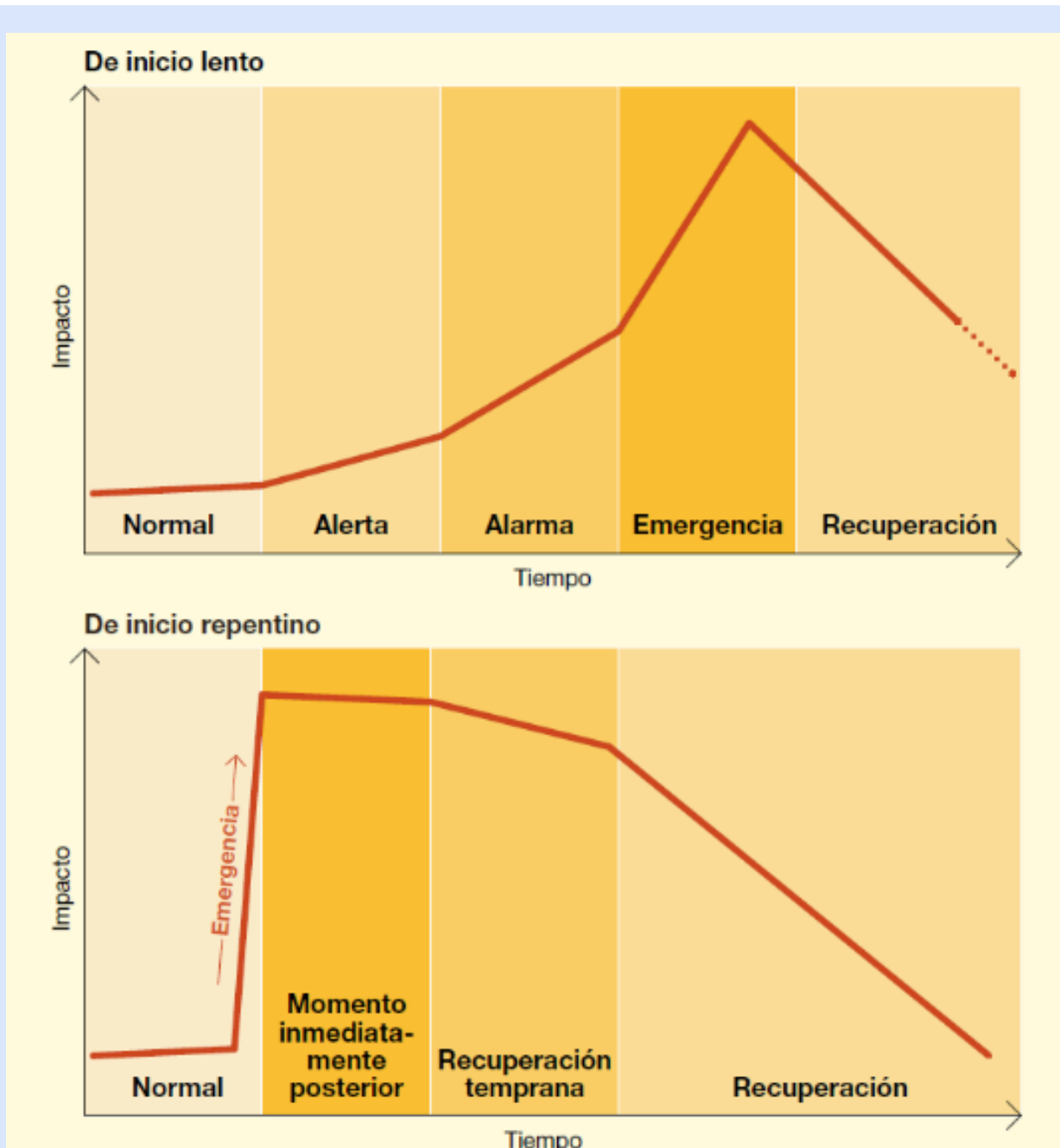


Figura 11: Matriz PRIM de LEGS.

LEGS proporciona una Matriz de identificación de respuesta participativa - PRIM (por sus siglas en inglés) como plantilla para facilitar el proceso de planificación de respuestas, y una apropiación local del proceso, ayuda a identificar conocimientos y destrezas locales para abordar y responder a la emergencia.

En la parte izquierda de la PRIM, las seis áreas de intervención técnica deben examinarse en relación con los tres objetivos de medios de subsistencia de LEGS. Esto permite revisar cuanto podría impactar cada intervención. La parte derecha de la matriz deberá mostrar las fases de la emergencia actual y deberá tomar nota del mejor momento para cada intervención.

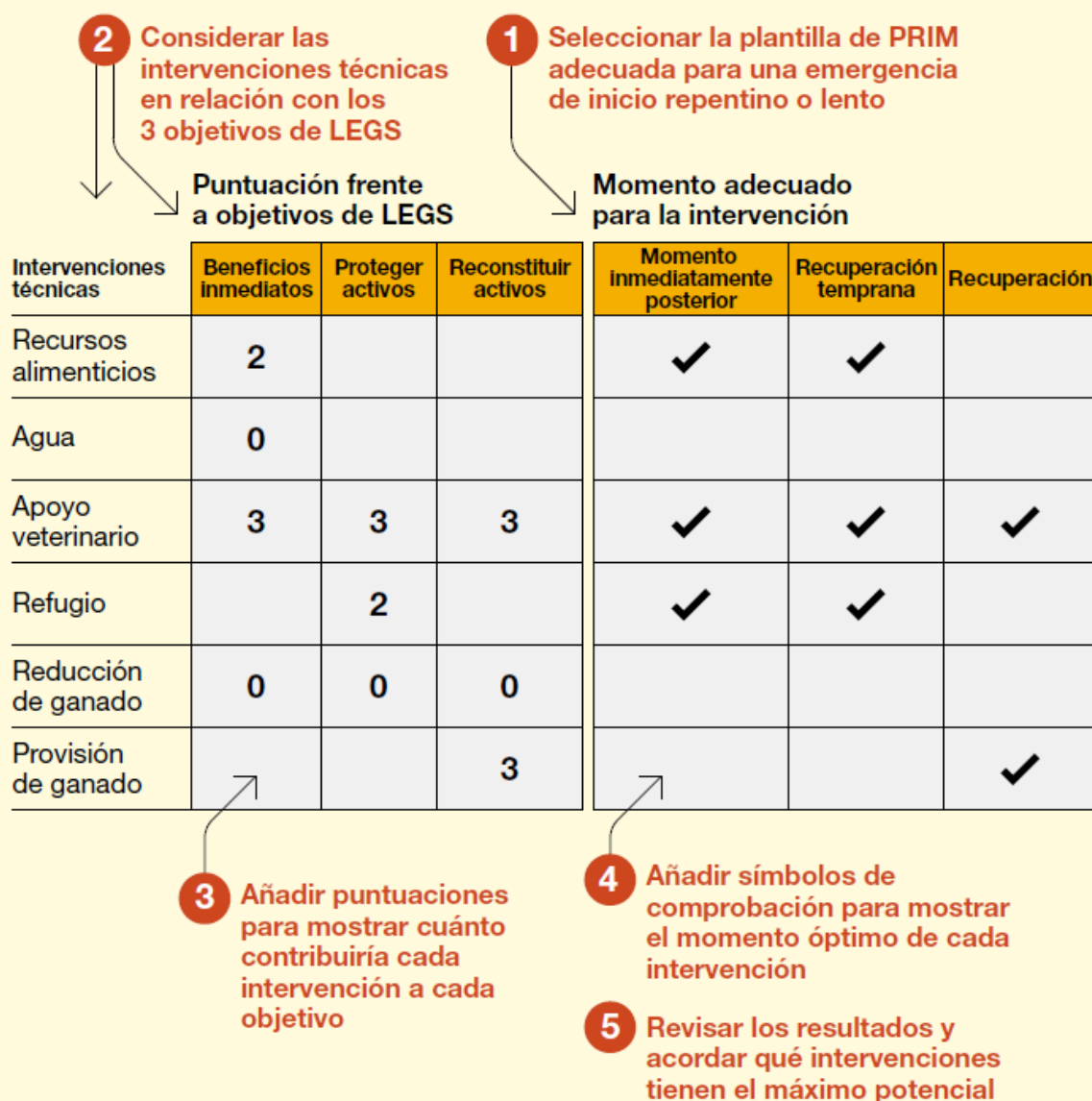


Figura 12: Intervenciones de respuesta según LEGS.

No existe una PRIM universalmente “correcta”; cada PRIM esta desarrollada de acuerdo con su ubicación y necesidades específicas. Es importante ser conscientes de sesgos potenciales según los intereses personales o la pericia de los individuos al completar la matriz [1].

Otras medidas preventivas contemplan la formulación de planes de preparación para grandes y pequeños sistemas de producción y personal encargado del manejo de los animales, equipos especiales y materiales que permitan responder de manera rápida y adecuada. Los actores de respuesta deben tener en su lugar personas, herramientas, infraestructura, sistemas e información necesaria sobre erupciones anteriores en la zona y en qué medida el ganado es medio de vida para los agricultores y ganaderos [32]. Construcción de refugios de evacuación o respuesta [33] para los animales en zonas propensas por caída de ceniza volcánica y, en caso de trasladar a los animales a lugares más seguros, se debe dar preferencia a los bovinos de trabajo (bueyes), las vacas lecheras, vacas de cría y los toros reproductores, ya que su pérdida puede causar un daño inmenso a la economía [35]. El objetivo mientras se evacúa al ganado valioso es evitar el caos mientras se evacúa y transporta el ganado a otras zonas, evitar poner en peligro las vidas de las personas y perder ganado debido a una planificación deficiente o a la desorganización, a un manejo inadecuado de los animales, las técnicas

de transporte, y los bloqueos de las rutas [35]. Desatar a los animales cuando no se disponga de refugio y hacer esfuerzos para recoger alimento, forraje, medicinas, etc., y mantenerlos en lugares más seguros [33].

Estos refugios deben garantizar que los animales no estén expuestos a las inclemencias del tiempo y para reducir el estrés, cada especie debe considerarse por separado a la hora de evaluar las necesidades de refugio. Por ejemplo, las gallinas y los patos deberán estar protegidos de los depredadores y disponer de zonas elevadas y secas para posarse. La edad de los animales también es importante a la hora de proporcionarles cuidados. Los animales más jóvenes son más propensos a verse afectados, por lo que deben recibir cuidados especiales. Los animales que se hayan extraviado o que se introduzcan en nuevos grupos de animales o rebaños (durante la repoblación) deben alojarse por separado durante un periodo inicial para evitar la introducción de enfermedades (realizar una cuarentena). Los animales deben evacuarse hacia los mismos pisos térmicos de dónde se sacaron; de no ser posible, se debe contar con ayudas externas para la adaptación y contar con cada proceso de autorización exigida por las autoridades sanitarias de la zona [35].

Medidas de respuesta

La evaluación inicial es el primer paso en una emergencia que se realiza para establecer la viabilidad de intervenciones basadas en el ganado y para desarrollar planes de respuesta. Las evaluaciones iniciales crean la base y el contexto sobre los que se tomarán las decisiones esenciales sobre si intervenir o no. La evaluación inicial identifica las intervenciones técnicas adecuadas [33]. Debe prestarse la debida atención a la protección y bienestar de los animales de producción frente a peligros como depredadores en el área, disponerse lo necesario para que el personal veterinario pueda llegar rápidamente a los animales para dar la atención médica adecuada [32]. En el espectro de posibles erupciones volcánicas, hay dos escenarios principales opuestos en el abanico de intensidad que pueden determinar si los agricultores trabajan de manera gradual para adaptar sus animales y granjas a la actividad de erupciones volcánicas o si toman la medida más drástica de evacuación de emergencia de sus familias y sus animales como sus activos más valiosos, dejando todo lo demás detrás. Este último incluye enfrentar la posibilidad de cambiar considerablemente sus medios de subsistencia [35].

Los recursos alimentarios son necesarios cuando la caída de ceniza destruye los pastos, suministrar al ganado todo su alimento para que sobreviva a corto plazo es esencial y debe mantenerse hasta que el ganado sea evacuado o sacrificado, o hasta que se restablezcan los pastos. Esto resulta costoso de mantener durante largos periodos de tiempo y el acceso para el suministro de alimento adicional puede verse reducido. Incluso con lluvias de cenizas muy ligeras que no destruyan los pastos existentes, puede ser necesario proporcionar a los animales alimento no contaminado. Por ejemplo, si la ceniza contiene un alto nivel de flúor absorbido en las diminutas partículas y el ganado consume tanto ceniza como flúor, existe riesgo de fluorosis [32].

Caja 5. Intoxicación del ganado por ceniza volcánica con flúor.

La fluorosis se genera a partir de las partículas de flúor generadas en el proceso eruptivo que se adhieren a las partículas de cenizas que son muy finas y representan una amenaza potencial para el ganado. Esto es porque constituyen una gran superficie en relación con su masa. Por lo mismo, estas pequeñas partículas pueden transportar grandes cantidades de flúor soluble a los forrajes. Por ejemplo, una fina capa de cenizas de sólo 1 mm de espesor puede contener cantidades potencialmente tóxicas de flúor que el ganado puede ingerir directamente desde la ceniza que consume junto al forraje [22].

Medidas de rehabilitación

Contemplan acciones como indemnización a los ganaderos en caso de pérdida de ganado o enfermedad, al igual que la provisión de animales de trabajo y unidades ganaderas no afectadas, en el escenario más

favorable, la reposición de animales puede tener lugar cuando se detuvo la erupción y se recuperaron los pastos, pero normalmente esto lleva meses o incluso años. Debe tenerse en cuenta en la planificación de la recuperación que la inactividad volcánica solo significa un estado de latencia que puede durar años, décadas o incluso siglos [35]. La reconstrucción de los centros veterinarios dañados por los eventos y de los establecimientos que proveen de un sistema permanente de seguridad alimentaria en las zonas propensas a erupciones volcánicas debe también considerarse durante este periodo [33].

En las zonas en las que la ceniza ha contaminado el paisaje, el ganado necesitará alimentos y agua limpios, dependiendo de la cantidad de ceniza caída, los distintos animales se verán afectados de manera diferente. Se considera tóxica cuando el consumo es $> 100 \mu\text{g/g}$ en animales en pastoreo. Sin embargo, las concentraciones menores pueden causar enfermedades de mediano a largo plazo. El ganado bovino puede tolerar alrededor de $40 \mu\text{g}$ de Flúor/g y las ovejas hasta $60 \mu\text{g}$ de Flúor/g. Demasiado fluoruro convierte el ácido en los estómagos de los animales, lo que conduce a hemorragias en los intestinos. También se une con el calcio, por lo que los huesos se tornan frágiles y quebradizos, incluso causando la caída de dientes. Por ejemplo, las ovejas y caballos tienen más probabilidades de verse afectados, incluso con una ligera caída de ceniza, debido a sus hábitos de pastoreo cerca del suelo.

La cobertura de ceniza puede hacer que los animales dejen de alimentarse y beber. Si es posible, reubique a los animales en lugares con agua limpia y acceso a alimento (Heno - henolaje) y agua suplementaria limpios. El alimento almacenado debe protegerse cubriéndolo y asegurándose de que ningún otro animal pueda acceder a él. Aunque la ceniza suele afectar físicamente a los animales, su composición química puede repercutir en su salud general. Contiene minerales y elementos como el flúor, el selenio y el azufre que pueden causar problemas de salud. El flúor es el problema más común. Los síntomas incluyen colapso de los animales, convulsiones, caída del pelo alrededor de la boca y lesiones alrededor de la nariz y la boca. La concentración elevada de azufre en las cenizas también puede inducir deficiencias de cobre y cobalto. La escasez de alimento y forraje supone una amenaza grave e indirecta para los animales. Se debe sugerir una opción de alimentación que tenga el potencial de hacer frente al desafío en cierta medida. La alimentación durante los desastres puede reducir la carga de los ya escasos recursos forrajeros sin comprometer el rendimiento de la producción, y también se sugiere el uso de bloques minerales de melaza con urea como opción viable de alimentación durante estos escenarios [33].

6. CONCLUSIONES

Los procesos de conocimiento y reducción del riesgo, y manejo de desastres no pueden limitarse a salvar vidas humanas. También hay que contemplar la protección y reforzar los medios de subsistencia de las poblaciones animales que se impactan seriamente. Con ello no solamente se fomenta su recuperación inmediata, sino que se puede aumentar su capacidad de resistir y su recuperación a largo plazo, reducir su vulnerabilidad y disminuir también, la posibilidad de que se generen nuevos escenarios de riesgo antrópicos o generados por la naturaleza.

Es vital incorporar una de las prioridades del marco de Sendai que señala “invertir en la resiliencia y en la reducción de riesgo de los desastres” e instar a los gobiernos de los países que hacen parte de estos acuerdos a que incorporen los bienes de producción incluidos los animales de producción, los animales de trabajo y las semillas entre otros.

Bajo los enfoques de One Health y One Welfare, el bienestar de los animales ocupa un lugar medular en la gestión del riesgo de desastres. Así, es importante reducir significativamente el sufrimiento de los animales y acelerar la recuperación de las comunidades afectadas y, de esta forma, disminuir su posterior dependencia de ayuda humanitaria.

Los animales de producción constituyen el medio de subsistencia de un gran porcentaje de mujeres, hombres y niños en medio rural que viven en la pobreza y son altamente vulnerables. Más allá de su papel directo en la generación de alimentos e ingresos, los animales de producción son un activo valioso que sirve como parte de la red de seguridad fundamental durante tiempos de crisis. Los animales consumen algunos productos de desecho de la producción de cultivos y alimentos, ayudan a controlar insectos y la maleza, producen estiércol para abonar los campos y proporcionan transporte y potencia de tiro para actividades de campo.

Se debe reconocer esta convergencia entre el papel de los animales en los escenarios de emergencias y desastres que implica cambiar la forma en que tradicionalmente se ha abordado la salud pública, la sanidad animal y el control de las enfermedades. Integrar las acciones de gestión del riesgo requiere varias acciones sostenidas para el mejoramiento de la calidad de vida tanto humana como de las especies domesticadas y de los ecosistemas de los cuales formamos parte.

Considerar la elaboración de un plan de emergencia bien elaborado es importante para cualquier instalación, clínica, sistema productivo que albergue animales. Un plan garantiza la preparación ante un desastre, salva vidas humanas y animales y ayuda a afrontar las consecuencias de un escenario de alto impacto. Informarse sobre la planificación de desastres con animales debe ser algo transversal en todo sistema productivo.

Puntos Clave

- La acción humanitaria se centra también en tener en cuenta la importancia de mantener los medios de subsistencia ganaderos de las comunidades afectadas.
- El apoyo a los animales de producción en erupciones volcánicas favorece a las capacidades, activos, ingresos y actividades requeridas por las comunidades para cubrir las necesidades vitales derivadas de sus animales.
- Las actividades de preparación, respuesta y recuperación aplicadas a sistemas de producción animal en escenarios de erupciones volcánicas facilitan la supervivencia de los animales y la resiliencia de sus propietarios.
- Los procesos de gestión de los sistemas de producción basados en animales durante un desastre deben centrarse en la inmediata seguridad y protección de los medios de subsistencia de las comunidades afectadas.
- Las fases de las normas y directrices para intervenciones ganaderas en emergencias - LEGS, proporciona las herramientas clave para toma de decisiones y brinda la estructura para la creación e implementación de un plan de respuesta validado y ajustado bajo intervenciones técnicas aplicadas a sistemas de producción ganadera.

Recomendaciones para tomar decisiones

- Se deben considerar que las actividades pecuarias son un capital productivo y de mano de obra, y es allí donde los mercados laborales formales los animales de producción ayudan enormemente a proporcionar posibilidades de generación de riqueza, alimentos e ingresos.
- El ganado desempeña un papel fundamental en la seguridad alimentaria, por lo tanto en cada región se deben identificar los peligros originados por la actividad volcánica y/o por acciones antrópicas derivadas de estos eventos, determinar los efectos directos o indirectos sobre los sistemas de producción animal, que impacto esto genera, tener claro o estimar el número de animales y trabajar en la consolidación de información de daños y pérdidas agropecuarias y que necesidades de intervenciones técnicas se necesitarían para mitigar la emergencia.
- Dado que los animales de producción son fundamentales no sólo para mantener la producción de alimentos, sino también para compensar las diferencias cíclicas en la disponibilidad de alimentos.

Se debe realizar análisis de riesgos que permitan generar estrategias de respuesta participativa e intervenciones como alimento, agua, servicios veterinarios, asentamientos temporales, reducción y provisión de unidades ganaderas.

- Determinar los tiempos y momentos más propicios para suplir esas necesidades inmediatas gestionando y validando la pertinencia, los recursos técnicos, la planificación, aspectos operativos, logísticos y de administración y financieros bajo una estructura organizacional que permita el cumplimiento de los objetivos.
- La construcción de un plan de respuesta y los mecanismos de monitoreo y seguimiento a partir de una rendición de cuentas claras y realimentación constante, pueden garantizar que los procesos de ayuda puedan ser eficaces y efectivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

La recopilación de material bibliográfico, su búsqueda selectiva, selección y filtración de información se determinaron a partir de los documentos técnicos, académicos, oficiales, tanto digitales como escritos, clasificados mediante un formato de revisión crítica como herramienta cualitativa para filtrar información nacional e internacional. Los criterios de búsqueda fueron: *animals in disasters, livestock in volcanic eruptions, animal livelihood in disasters, impact of ashfall in livestock, animal welfare in disasters, volcanic eruptions, disasters management, animales en la gestión del riesgo de los desastres y su papel en la sociedad*. Se prioriza el análisis frente al contenido asociado a conocimiento, reducción y manejo de desastres en erupciones volcánicas. Se organiza y prepara el contenido de forma significativa y se agrega el contenido relevante por parte de cada uno de los autores.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de interés alguno en la publicación de este capítulo y agradecen a la Fundación Universitaria Agraria de Colombia UNIAGRARIA.

USO DE HERRAMIENTAS DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Los autores utilizaron herramientas de inteligencia artificial (IA) en el proceso de redacción previo al envío, exclusivamente con el propósito de mejorar el lenguaje y la legibilidad de su capítulo.

Los revisores expresan que no utilizaron herramientas de IA en el proceso de evaluación del manuscrito.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA CREDIT

Conceptualización: DAH, JLV. Metodología: DAH, JLV. Redacción de primera versión: DAH, JLV. Revisión y edición de segunda versión: DAH, JLV. Curación de contenidos: DAH, JLV.

IDENTIFICACIÓN DE AUTORES

Diego Alexander Hernández Pulido: https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001613874

Julia Inés Lema Vélez: <https://orcid.org/0009-0009-2178-8400>

BIBLIOGRAFÍA

- [1] LEGS, *Livestock Emergency Guidelines and Standards*, 3rd edition. Rugby, UK: Practical Action Publishing, 2023. doi: [10.3362/9781788532488](https://doi.org/10.3362/9781788532488).
- [2] R. Peckyno, «How do volcanoes affect plants and animals». [En línea]. Disponible en: <https://volcano.oregonstate.edu/faq/how-do-volcanoes-affect-plants-and-animals>
- [3] J. Sawyer y G. Huertas, *Animal management and welfare in natural disasters*. Routledge, 2018. doi: [10.4324/9781315640907](https://doi.org/10.4324/9781315640907).
- [4] L. Irvine, *Filling the ark: Animal welfare in disasters*. Philadelphia, PA: Temple University Press, 2009.
- [5] A. Knight, C. Phillips, y P. Sparks, *Routledge Handbook of Animal Welfare*, 1st ed. Routledge, 2022. doi: [10.4324/9781003182351](https://doi.org/10.4324/9781003182351).
- [6] U. G. Survey, «Agriculture – Plants & Animals. Volcanic Ashfall Impacts». [En línea]. Disponible en: https://volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash/agriculture.html
- [7] S. Millard, «Volcanoes of the world», *Reference Reviews*, vol. 18, n.º 1, pp. 42-43, 2004, doi: [10.1108/09504120410513357](https://doi.org/10.1108/09504120410513357).
- [8] S. Carr *et al.*, «The wheel of work and the sustainable livelihoods index (SL-I)», *Sustainability*, vol. 17, n.º 14, p. 6295, 2025, doi: [10.3390/su17146295](https://doi.org/10.3390/su17146295).
- [9] FAO, «The unjust climate – Measuring the impacts of climate change on rural poor, women and youth». Rome, 2024. doi: [10.4060/cc9680en](https://doi.org/10.4060/cc9680en).
- [10] E. A. Cortés Marín, *Sector agropecuario y desarrollo rural: Una mirada integral*. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2004.
- [11] ACNUR, «Manual de reasentamiento del ACNUR». [En línea]. Disponible en: <https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/Publicaciones/2013/9138.pdf>
- [12] FAO, «The impact of natural hazards and disasters on agriculture and food security and nutrition security». [En línea]. Disponible en: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a9b93dc0-9b13-4644-96d0-fd8879e66007/content>
- [13] W. Qasim, M. Breiling, B. E. Moon, H. J. Ko, y H. T. Kim, «Effects of disasters and climate change on livestock sector and its implications on ASEAN food security», en *Proceedings of the Conference*, South Korea: Economic Research Institute for ASEAN, East Asia, 2017.
- [14] F. C. de Ganaderos y F. N. del Ganado, «El sector ganadero y las afectaciones climáticas, comportamiento, impactos y propuestas». [En línea]. Disponible en: https://estadisticas.fedegan.org.co/DOC/download.jsp?pRealName=Afectaciones_climaticas_sector_ganadero_2024_.pdf&iIdFiles=1137

- [15] M. P. S. Bakshi, M. Wadhwa, y H. P. S. Makkar, «Feeding strategies during natural calamities», *Indian Journal of Animal Nutrition*, vol. 35, n.º 1, pp. 1-21, 2018.
- [16] A. Sen y M. Chander, «Disaster management in India: The case of livestock and poultry», *Revue Scientifique et Technique*, vol. 22, n.º 3, pp. 915-930, 2003, doi: [10.20506/rst.22.3.1453](https://doi.org/10.20506/rst.22.3.1453).
- [17] U. G. Survey, «Agriculture – Plants & Animals. Volcanic Ashfall Impacts». [En línea]. Disponible en: https://volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash/agriculture.html
- [18] L. Contrafatto, «Volcanic ash», en *Sustainable concrete made with ashes and dust from different sources*, Woodhead Publishing, 2022, pp. 331-418. doi: [10.1016/B978-0-12-824050-2.00011-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824050-2.00011-5).
- [19] G. Williams-Jones y H. Rymer, «Hazards of volcanic gases», en *The encyclopedia of volcanoes*, Academic Press, 2015, pp. 985-992. doi: [10.1016/B978-0-12-385938-9.00057-2](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385938-9.00057-2).
- [20] P. Mehta, «Science behind acid rain: Analysis of its impacts and advantages on life and heritage structures», *South Asian Journal of Tourism and Heritage*, vol. 3, n.º 2, 2010.
- [21] J. Neild y S. Cronin, «Volcanic ashfall impacts: Animals (livestock)». [En línea]. Disponible en: https://volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash/ash_gas_vog.html
- [22] S. Cotton, T. McBride, y R. Ackerman, «Caring for livestock during disaster». [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3iVJS2t>
- [23] W. T. Flueck, «The impact of recent volcanic ash depositions on herbivores in Patagonia: A review», *The Rangeland Journal*, vol. 38, n.º 1, pp. 27-34, 2016.
- [24] D. Hernández, «Animales en situación de emergencias y desastres», *Congreso ACOVEZ*, vol. 43, n.º 2, p. 36, 2014, doi: [10.1071/RJ14124](https://doi.org/10.1071/RJ14124).
- [25] T. Wilson, C. Stewart, J. Cole, S. Cronin, y D. Johnston, «Vulnerability of farm water supply systems to volcanic ash fall», *Environmental Earth Sciences*, vol. 61, n.º 4, pp. 675-688, 2010, doi: [10.1007/s12665-009-0380-2](https://doi.org/10.1007/s12665-009-0380-2).
- [26] FAO y WOA/OMSA, «Global control and eradication of peste des petits ruminants: Investing in veterinary systems, food security and poverty alleviation». 2015.
- [27] H. Craig, T. Wilson, C. Stewart, V. Outes, G. Villarosa, y P. Baxter, «Impacts to agriculture and critical infrastructure in Argentina after ashfall from the 2011 eruption of the Cordón Caulle volcanic complex: An assessment of published damage and function thresholds», *Journal of Applied Volcanology*, vol. 5, n.º 1, pp. 1-31, 2016, doi: [10.1186/s13617-016-0046-1](https://doi.org/10.1186/s13617-016-0046-1).
- [28] W. A. Protection, «Protecting animals from natural disasters before they strike: Reducing risk is not negotiable, it saves lives». [En línea]. Disponible en: <https://www.worldanimalprotection.org/latest/news/protecting-animals-natural-disasters-they-strike-reducing-risk-not-negotiable-it-saves-lives>
- [29] J. Becker, R. Smith, D. Johnston, y A. Munro, «Effects of the 1995–1996 Ruapehu eruptions and people's perceptions of volcanic hazards after the event», *Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies*, vol. 5, n.º 1, 2001.
- [30] U. A. de Chile, «Consideraciones sobre las cenizas del Calbuco y el ganado». [En línea]. Disponible en: <https://diario.uach.cl/consideraciones-sobre-las-cenizas-del-calbuco-y-el-ganado>
- [31] T. Wilson, J. Cole, S. Cronin, C. Stewart, y D. Johnston, «Impacts on agriculture following the 1991 eruption of Vulcan Hudson, Patagonia: Lessons for recovery», *Natural Hazards*, vol. 57, n.º 1, pp. 185-212, 2011, doi: [10.1007/s11069-010-9604-8](https://doi.org/10.1007/s11069-010-9604-8).
- [32] M. C. Furness, «Technical large animal emergency rescue», *Canadian Veterinary Journal*, vol. 52, n.º 5, p. 540, 2011.

- [33] L. E. Guidelines y Standards, «Livestock emergency preparedness and response for areas at high risk of volcanic eruptions: A technical brief for LEGS». [En línea]. Disponible en: https://www.livestock-emergency.net/wp-content/uploads/2022/04/Livestock-Volcanic-Brief_March-2022.pdf
- [34] E. Garden, G. E. Pérez, G. Acosta-Janett, y B. M. Bronsvoot, «Challenges encountered during the veterinary disaster response: An example from Chile», *Animals*, vol. 3, n.º 4, pp. 1073-1085, 2013, doi: [10.3390/ani3041073](https://doi.org/10.3390/ani3041073).
- [35] C. B. Navarre y D. U. Thomson, «Disaster response for beef cattle operations», *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, vol. 34, n.º 2, p. i, 2018, doi: [10.1016/S0749-0720\(18\)30019-7](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(18)30019-7).

Índice Temático

A

Accidente tecnológico	71, 75
adaptación al cambio climático	1, 7, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22
Agropecuario	95, 117
Alimentación y agua de emergencia para animales de producción	Cap. 5
Amenaza tecnológica	75
Análisis multitemporal de resiliencia	69
Análisis y evaluación del riesgo	33
Animales de producción	93, 97, 99, 101, 102, 106, 107, 108, 113, 114, 115
Apropiación digital	12, 13
Apropiación Social del Conocimiento	1, 2, 6, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 25
Apropiación social del conocimiento	1, 2, 6, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 25
Articulación interinstitucional y comunitaria	35

C

Capacidad	69, 70, 71, 74, 75, 77, 78, 79, 83, 84, 86, 88, 89, 90
Capital financiero	96
Capital físico	96
Capital humano	96
Capital natural	96
Capital social	95, 96
Cartografía participativa	44, 45
Ceniza, efecto sobre animales de producción	Cap. 5
Comunicación del riesgo	34
Comunicación pública de la ciencia	Cap. 1
Comunicación, preparación y respuesta	17, 20
Comunidad	44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 59, 60, 62, 63, 64
Comunidades locales	44, 46, 49, 63
Conexiones territoriales	11
consulta previa	31, 32, 39
Cosmovisión y cosmogonía	31, 34, 35, 36
Cultivos herbáceos, efecto de la caída de ceniza	Cap. 5

D

Desastre tecnológico en la Comuna 10 de Dosquebradas	71
Desastres	93, 94, 95, 97, 101, 102, 106, 107, 108, 114, 115, 116, 118
digna vida	28

Diversidad	27, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39
Diversidad e inclusión	32
Dosquebradas (municipio)	Cap. 4
Drones	44, 46, 47, 51, 63, 66

E

Ejecución de la respuesta y la recuperación	36
enfoque construccionista	28
enfoque etnodiferencial	27, 29, 30, 33, 34, 36, 37, 38, 39
Enfoque etnodiferencial	27, 29, 30, 33, 34, 36, 37, 38, 39
enfoque fiscalista	Cap. 2
Enfoques pedagógicos y didácticos	8
Epizootias	97, 101, 102
Estrategia de los medios de vida	96
Estresores	70, 74, 89
Etnodiferencial	27, 28, 29, 30, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40
Evacuación de animales de producción	101
Evaluación de resiliencia comunitaria	73, 75, 78, 84, 85, 87, 91
Evaluación y cierre	12, 13
Evento de precipitación extremo	4
Evento meteorológico extremo	4
Eventos extremos	3, 4, 5, 22
Eventos extremos de precipitación	4, 5
Eventos hidrometeorológicos extremos	1

F

Fortalecer la gobernanza	75, 83, 90
Fortalecimiento ciudadano	1, 7, 14, 15, 17, 20, 23

G

Ganadería	93, 95, 97, 100, 102, 105
garantías constitucionales	32
Gestión Comunitaria del Riesgo de Desastres	Cap. 2
Gestión del riesgo de desastres	27, 28, 29, 30, 31, 32, 39, 40, 41, 42
Gestión medioambiental de los animales de producción	Cap. 5
Gestión sanitaria de los animales de producción	Cap. 5
Gobernanza	69, 74, 75, 83, 84, 90
Gobernanza abierta e inclusiva	50
Guía LEGS para intervenciones ganaderas	108

H

Herramienta ARC-D	69, 73, 74, 75, 76, 78, 80, 89, 90, 91
Herramienta de evaluación de resiliencia comunitaria	Cap. 4
horizonte de digna vida	Cap. 2

I

Imaginario de la quebrada y mapa	12
Instrumentos de consulta	32, 38
Intervención correctiva	34
Intervención prospectiva	34
Intoxicación del ganado por ceniza volcánica con flúor	113
Investigación acción participativa	34

J

Justicia	27, 28, 37, 39, 43
justicia	27, 28, 37, 39, 43

M

Manejo de desastres en animales de producción	107
Manejo de desastres y enfoque etnodiferencial	30, 34
Mapeo comunitario	44, 48, 49, 50, 51, 62
Mapeo participativo comunitario	45
Mapeo y monitoreo comunitario	47, 65
Medios de subsistencia de los animales de producción	Cap. 5
Medios de vida	93, 95, 96, 106
Medir la resiliencia comunitaria	73, 92
Mejorar la preparación ante desastres	75
Monitoreo	2, 4, 6, 11, 12, 19, 20, 21
Monitoreo y seguimiento del riesgo	33
Múltiple afectación	35, 36

O

OpenStreetMap (OSM)	44, 53, 56, 60
Organismos de socorro	9, 11
Organización comunitaria	31, 35, 36
Ortofoto	56, 57, 58, 59, 61, 63, 67

P

Participación ciudadana	7, 8, 14, 15, 17, 21, 23
Participación comunitaria	44, 47, 50
Pasturas, efecto de la caída de ceniza	Cap. 5
Percepción de la amenaza	45
Percepción del riesgo	69, 70, 77, 78, 90

Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres	45, 52, 67
---	------------

Preparación para la recuperación	35
Preparación para la respuesta	34
Principio de diversidad cultural	29
Principio participativo	29
Principios FAIR	46
Procesos sociales	6, 12
Producción animal	94, 97, 101, 102, 115
Protección de derechos territoriales	32
Protección de los animales de producción: Los sistemas de producción animal son un activo valioso para muchas comunidades, ya que proporcionan alimentos, ingresos y otros recursos esenciales. Cuando se responde a desastres, la gestión eficaz puede ayudar a proteger estos activos de los efectos de calamidades como huracanes, terremotos, inundaciones y erupciones volcánicas.	

Seguridad alimentariaindex{Seguridad alimentaria de los animales de producción	Cap. 5
Protocolo de emergencia	13
Pueblos indígenas	44, 46

R

Reconocimiento y socialización SIATA	12
Red de Educadores Científicos	9, 10, 11
Reducción del riesgo	106, 114
Reducción del riesgo volcánico en animales de producción	Cap. 5
Reducción del riesgo y enfoque etnodiferencial	30, 34
Reducir la vulnerabilidad	75, 83
Rehabilitación de animales de producción	Cap. 5
Resiliencia	1, 7, 8, 22, 23
Resiliencia comunitaria	69, 70, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 82, 83, 84, 85, 87, 89, 90, 91, 92
Resiliencia comunitaria ante desastres	69, 73, 82, 83, 85, 87, 89, 92
Riesgo tecnológico	69, 71, 75, 76, 79, 80, 84, 90, 91, 92

S

Salud animal	93, 97
Salud pública de los animales de producción	Cap. 5
Semilleros de ciudadanos científicos	8, 9, 11
SIATA para la Escuela	9
Silvicultura, efecto de la caída de ceniza	Cap. 5
Simulación	12, 13
Simulacro	12, 13
Sistema de Alerta Temprana del Valle de Aburrá	1, 2
Sistemas de alerta temprana	38
Sistemas de Alerta Temprana C	2, 10, 12, 25
Subalternización	27, 39
subalterno	28, 37, 39, 41

T

Tecnologías abiertas 44, 46, 48, 51

U

Unidad Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres
(UMGRD) 11
Usos y costumbres 33, 35, 36

V

Valle de Aburrá 1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 12, 13, 16, 22, 23, 24, 25
Variabilidad climática 4, 5
voces de las comunidades 29, 37
Volcanes 93, 94

Z

Zoonosis 102