



## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES PARA COLOMBIA (VIGENCIA 2023–2024)

---

Subdirección para el Conocimiento del Riesgo



GOBIERNO DE COLOMBIA



# UNGRD

Unidad Nacional para la Gestión  
del Riesgo de Desastres

Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

# Líneas de investigación en gestión del riesgo de desastres para Colombia (vigencia 2023-2024)

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

Enero de 2023



Gustavo Petro Urrego  
**Presidente de la República**

Javier Pava Sánchez  
**Director General**  
**Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres**

Oscar Goyeneche Durán  
**Subdirector General**

Diana Mireya Parra Cardona  
**Secretario General**

Sandra Sotomonte Nopssa  
**Subdirectora para el Conocimiento del Riesgo**

Elaborado por:  
Mauricio Romero Torres  
**Subdirección para el Conocimiento de Riesgo**

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

Sandra Sotomonte Nopssa, Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD)

Argiro Ramírez Aristizabal, Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (Minciencias)

Omar Joaquín Agudelo, Universidad Nacional de Colombia

Jhon Makario Londoño Bonilla, Servicio Geológico Colombiano (SGC)

Martha Cecilia Cadena, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)

Leonor Aydé Rodríguez Rojas, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

Dorotea Cardona Hernández, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH)

Juan Leonardo Moreno Rincón, Dirección General Marítima (DIMAR)

Zoraida Piedrahita Calle, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Minambiente)

Enrique Bolívar Guzmán, Ministerio de Educación Nacional (Mineducación)

Alfonso Mariano Ramos Cañón, Pontificia Universidad Javeriana, representante universidades privadas

Carlos Arturo García Ocampo, Universidad del Quindío, representante universidades públicas

William Oswaldo Gaviria Gutiérrez, 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)

Citación sugerida:

Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres (CNAIGRD). 2023. *Líneas de investigación en gestión del riesgo de desastres para Colombia (vigencia 2023–2024)*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Bogotá, Colombia.



## Tabla de contenido

<b>Agradecimientos</b>	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>5</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>10</b>
<b>3. METODOLOGÍA</b>	<b>10</b>
3.1 Fases de la metodología Delphi	10
3.2 Definición de línea de investigación	13
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>14</b>
4.1 Tsunami	14
4.2 Ciclones tropicales	15
4.3 Movimientos en masa	16
4.4 Erosión costera	18
4.5 Incendios forestales	19
4.6 Riesgo sísmico	20
4.7 Natech y riesgo tecnológico	22
4.8 Procesos sociales	24
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>25</b>
<b>5. RECOMENDACIONES</b>	<b>26</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>28</b>



## **Agradecimientos**

Por sus aportes al documento, se agradece al equipo Técnico de la UNGRD: Alvaro Parra, Carolina Herrera, Christian Euscategui, Diana Mendoza, Diana Parra, Doralba Restrepo, Hugo Vanstralen, James Copete, Jesús Sergei Durán, Johan Stiven Naranjo García, Johanna Galindo, Joana Perez, Lina Dorado González, Luisa Cadena, Maria Camila Suárez, Miguel Vanegas, Nubia Ramirez, Paola Castañeda, Paola Guzman, Richard Vargas, Sandra Martinez, y Sandra Mendoza. Así mismo, se agradece a más de cien profesionales que participaron en las encuestas Delphi y grupos focales.



## Resumen

La ciencia y la tecnología son fundamentales para construir calidad de vida, bienestar, seguridad y sostenibilidad, y esto ha quedado explícito en los marcos nacionales e internacionales en gestión del riesgo de desastres y cambio climático. La construcción de conocimiento científico tras la gestión del riesgo de desastres precisa acompañarse de una visión de país consensuada, de tal manera que la producción en la materia pueda aportar de manera efectiva en la configuración de políticas de desarrollo y políticas científicas. Reconociendo algunos de los principales fenómenos amenazantes existentes en Colombia, consultamos a 101 expertos de la academia, industria, gobierno y sociedad civil sobre las prioridades de investigación en gestión del riesgo de desastres para los procesos de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo y manejo de desastres. Se empleó el método Delphi para encuestar y alcanzar un consenso entre expertos que resultó en un conjunto de 195 líneas de investigación priorizadas para fenómenos amenazantes por tsunamis, movimientos en masa, erosión costera, ciclones tropicales, incendios forestales, riesgo sísmico, Natech y riesgo tecnológico, así como para procesos sociales donde se vinculan temas como participación, recuperación, apropiación de conocimiento, entre otros. Estas líneas de investigación configuran un insumo para promover la generación de nuevo conocimiento, la formulación de proyectos de ciencia, tecnología e innovación, y su aplicación de toma de decisiones informada.

**Palabras clave:** líneas de investigación, Delphi, amenazas, gestión del riesgo de desastres, ciencia y tecnología



## 1. INTRODUCCIÓN

Decenas de miles de vidas se pierden en todo el mundo cada año por la construcción social de desastres. En las últimas dos décadas 2000–2019, las dinámicas sociales, articuladas con las transformaciones climáticas generaron la pérdida de 1.23 millones de vidas, afectaron a 4,200 millones de personas (muchas en más de una ocasión) y causaron pérdidas económicas por US \$2.97 billones (UNDRR & CRED, 2020). Esta tendencia de pérdidas puede continuar a medida que en todos los países crezca más rápidamente la exposición a las amenazas que la reducción de su vulnerabilidad (UNDRR, 2015).

Esta tendencia de crecimiento en la exposición y vulnerabilidad parece incrementarse en Latinoamérica y el Caribe. En la región entre 1998 y 2017, se produjeron el 53% de las pérdidas económicas mundiales por desastres de origen socio-natural y el 46% de las pérdidas globales por desastres. Hasta el año 2018, el 76% de la población vivía en asentamientos urbanos informales; es decir, 2/3 del crecimiento urbano no es planificado (UNDRR, 2021). Se estima que 340 millones de personas habitan áreas urbanas medianas y pequeñas que concentran el 80% de los desastres de origen climático (UNDRR, 2022).

Las evaluaciones probabilistas de riesgo multi-amenaza sitúan a Colombia con nivel intermedio de pérdidas anuales promedio por millón de dólares (a excepción de sismos) (UNDRR, 2017). Sin embargo, la distribución de las amenazas en Colombia es heterogénea en el territorio, ya que el riesgo de desastres no se asocia únicamente con la ocurrencia de eventos naturales, socio-naturales o antrópicos, sino que se amplifica con las condiciones de vulnerabilidad de las comunidades que en general son aquellas con los niveles altos de pobreza y niveles bajos de gobernanza (UNGRD, 2018; Formetta & Feyen, 2019) (**Cuadro 1**).



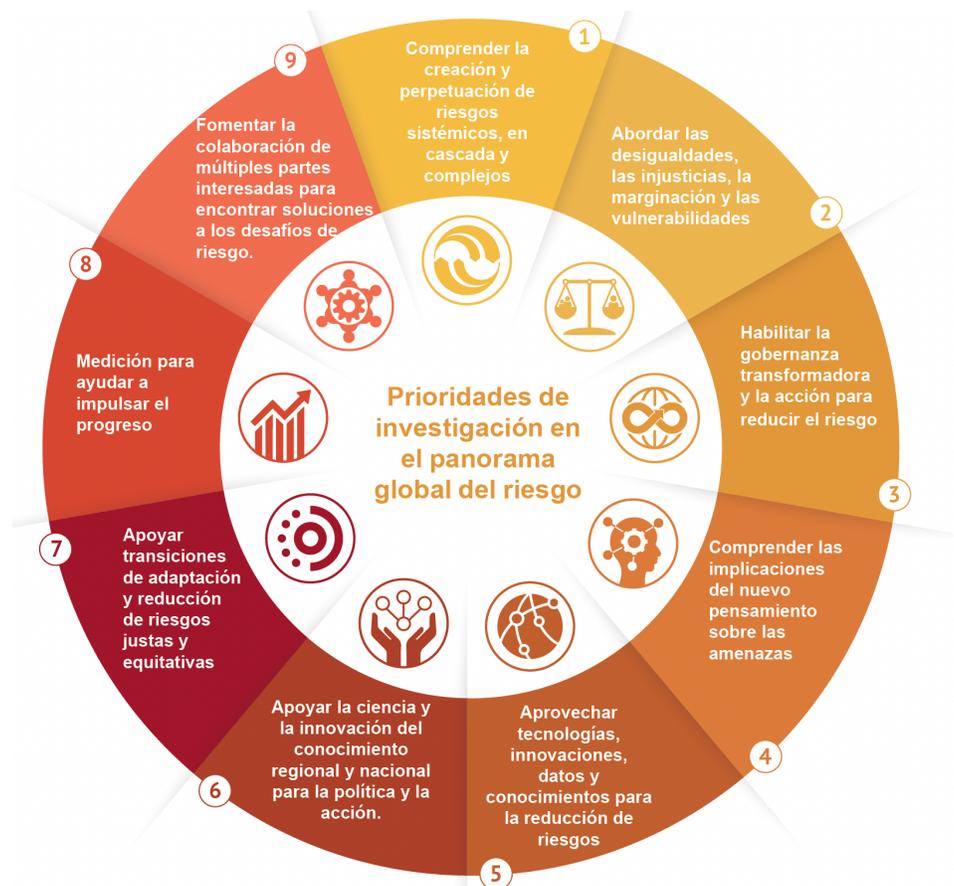
**Cuadro 1.** Información del perfil nacional de riesgo de desastres del Índice Municipal de Riesgo de Desastres Ajustado por Capacidades (DNP, 2021).

- 10,2 millones de hectáreas inundables periódicamente
- 11,7 millones de hectáreas tienen mayor susceptibilidad a movimientos en masa.
- 12,4 millones de hectáreas en el país pueden presentar flujos torrenciales muy altos
- El 29% del territorio nacional tiene las condiciones más críticas de amenaza ante fenómenos hidrometeorológicos.
- En el 75% de los departamentos del país confluyen tres tipos de amenaza.
- 18 millones de personas en el país se localizan en zonas con las condiciones más críticas a amenazas hidrometeorológicas.
- 429 municipios tienen más del 50% de su población con condiciones de vulnerabilidad social.

La ciencia en la gestión del riesgo de desastres (en adelante GRD) tiene como objetivo contribuir a la calidad de vida de las personas, comunidades e instituciones, así como aportar a la sostenibilidad ambiental. Para ello despliega su accionar en la reducción de la mortalidad y morbilidad asociada a desastres, minimización de costes económicos y ambientales a través de la configuración de nuevas formas de prevención, preparación y respuesta ante desastres, determinando qué conocimiento y tecnologías son más eficaces para lo anterior (Gall, Nguyen, & Cutter 2015). La ciencia de los desastres abarca múltiples áreas de conocimiento en las ciencias básicas y sociales, lo que implica que es disciplina científica que combina el conocimiento científico, tecnológico y humanístico. La ciencia de los desastres incluye el medio ambiente, la geología, la economía, la geografía, las ingenierías, la sostenibilidad, la ecología, la sociología, las ciencias políticas, el derecho, la educación, la salud, la antropología y la psicología. También ramas específicas de estas ciencias como la climatología, hidrología, oceanografía, o teledetección, entre otras. La ciencia de los desastres es de naturaleza altamente pluralista, con múltiples interconexiones, dimensiones y escalas (IRDR, 2021).

Tradicionalmente el rango de temas de investigación en GRD se ha dividido en disciplinas que se enfocan en los eventos amenazantes y en temas específicos en muchos casos inconexos entre sí (Gall, Nguyen, and Cutter 2015). Por esto, los ejercicios para identificar áreas de investigación tienen el objetivo de clarificar los temas de interés científico a abordar a futuro de forma integrada. Por ejemplo, los informes bienales de evaluación global de las Naciones Unidas sobre la reducción del riesgo de desastres (GAR), que sintetizan las contribuciones de las naciones en la

ciencia y la investigación relacionadas con el riesgo de desastres, muestran la creciente complejidad de los problemas científicos que se abordan y la necesidad de información científica sólida, con un abordaje inter y transdisciplinar e integrada para los tomadores de decisiones (UNDRR, 2022). Reducir el riesgo de desastres requiere además del conocimiento de los fenómenos amenazantes, una comprensión del comportamiento humano, sus motivaciones, limitaciones y consecuencias, así como los procesos de toma de decisiones frente a los riesgos (Gall, Nguyen & Cutter, 2015).



**Figura 1. Nueve prioridades de investigación globales.** ISC, UNDRR & IRDR (2021) establecieron un marco mundial para la ciencia de los desastres en apoyo del desarrollo sostenible y la salud del planeta. Cada prioridad tiene el objetivo de aumentar la ciencia del riesgo y se determinaron con base en consultas globales y revisión de literatura realizadas entre 2019 y 2020. Implementar estas prioridades puede requerir de cambios o transformaciones importantes en aspectos sociales y conductuales, institucionales, políticos, basados en políticas u otros aspectos del paradigma actual de investigación y

ciencia del riesgo. Para lograr la transformación se requiere identificar diversas vías que conduzcan a una transición y una visión (más de una sola visión) colectiva de dónde debería estar la ciencia del riesgo dentro de una década. Figura de ISC, UNDRR & IRDR (2021) con licencia Creative Commons 4.0.

La síntesis de prioridades y el abordaje interdisciplinar pueden facilitar la transmisión del conocimiento científico a los tomadores de decisiones y potencialmente acelerar el desarrollo y la implementación de una política efectiva de GRD (**Fig. 1**) (ISC, UNDRR & IRDR, 2021). Estas prioridades impulsan un cambio que propone un aumento de la transdisciplinariedad que debe extenderse para incluir formas de conocimiento más allá de la ciencia y científicos. La ciencia tradicional por sí sola ya no es suficiente para hacer frente al complejo entorno de riesgo que enfrentamos actualmente, con sus riesgos emergentes y crecientes incertidumbres (Kreibich et al. 2022).

En Colombia, la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (Ley 1523 de 2012) promueve la toma de decisiones informada en sus tres procesos principales: conocimiento, reducción del riesgo, y manejo de desastres. Para fortalecer el proceso de conocimiento del riesgo, el Estado a través del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) promueve la ciencia, la tecnología y la innovación sobre GRD, lo que ha generado aportes al entendimiento de las amenazas, así como al significado de la vulnerabilidad y la exposición al riesgo como motores fundamentales en la construcción social del riesgo de desastres (UNGRD, 2018b).

**Cuadro 2.** Marco legal y de política pública que se relacionan con el fomento a la investigación en GRD. Se listan la Ley 1523 de 2012, el Decreto 4147 de 2011, la Resolución 795 de 2014, y el Marco de Sendai.

#### **Ley 1523 de 2012**

- **Artículo 20.** Comité Nacional para el Conocimiento del Riesgo. Créase el Comité Nacional para el conocimiento del riesgo como (...).
- **Artículo 21.** Funciones. Son funciones del Comité Nacional para el conocimiento del riesgo las siguientes:
  10. Orientar la articulación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo, el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología y el Sistema Nacional Ambiental.
  14. Fomentar la apertura de líneas de investigación y formación sobre estas temáticas en las instituciones de educación superior.

#### **Decreto 4147 de 2011**

- Promover la articulación con otros sistemas administrativos, tales como el Sistema Nacional de Planeación, el Sistema Nacional Ambiental, el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y el Sistema Nacional de Bomberos, entre otros, en los temas de su competencia.
- Promover y realizar los análisis, estudios e investigaciones en materia de su competencia.
- Prestar el apoyo técnico, informativo y educativo que requieran los miembros del SNGRD.

### Resolución 795 de 2014

- Crea y conforma la Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres para fortalecer los procesos de Conocimiento y Reducción del Riesgo, así como el Manejo de los desastres, con la participación de entidades públicas, privadas e instituciones de educación superior.
- **Artículo 3. Objetivo de la Comisión.** Orientar la construcción de lineamientos y promover procesos investigativos en Gestión del Riesgo de Desastres, para aumentar el conocimiento del riesgo y la cultura de investigación en el país, en el marco del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.
- **Artículo 6. Funciones.** La Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres tendrá las siguientes funciones:
  1. Apoyar técnicamente al Comité Nacional para el Conocimiento del Riesgo para el fortalecimiento del proceso de investigación en Gestión del Riesgo de Desastres y el cumplimiento de sus funciones asignadas por la ley 1523 de 2012.
  2. Construir una agenda anual o un instrumento que permita orientar las acciones, estrategias y proyecciones a realizar desde la Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres.
  3. Consolidar la información relacionada con proyectos de investigación en Gestión del Riesgo de Desastres de las entidades e instituciones que conforman el SNGRD y que por su naturaleza contribuyen en el tema.
  4. **Construir y mantener actualizada la línea base de la investigación que se realiza y que requiere actualmente el país.**
  5. Estructurar y mantener actualizados los lineamientos de investigación en armonía con los procesos y subprocesos de la Gestión de Riesgos de Desastres.
  6. **Impulsar los temas y proyectos de investigación en Gestión de Riesgos de Desastres.**
  7. Definir una estrategia para la articulación interinstitucional, intersectorial y académica de los temas relacionados con la investigación en Gestión del Riesgo de Desastres.
  8. Velar por el desarrollo y proponer ajustes al Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, en su componente de Investigación.
  9. Impulsar la divulgación de todos los aspectos relacionados con la investigación en la gestión del riesgo de desastres.

### Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030

**24 j)** Reforzar la capacidad técnica y científica para **aprovechar y consolidar los conocimientos existentes**, y para elaborar y aplicar metodologías y modelos para evaluar los riesgos de desastres, las vulnerabilidades y el grado de exposición a todas las amenazas.

**25 g)** Intensificar la labor científica y técnica sobre la reducción del riesgo de desastres y su movilización mediante la coordinación de las redes existentes y las instituciones de investigación científica a todos los niveles y en todas las regiones, con el apoyo del Grupo Asesor Científico y Técnico de la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres, a fin de: fortalecer la base empírica para apoyar la aplicación del presente Marco; promover la investigación científica sobre las pautas, las causas y los efectos del riesgo de desastres; difundir información sobre los riesgos haciendo el mejor uso posible de la tecnología de información geoespacial; proporcionar orientaciones sobre las metodologías y normas para la evaluación de riesgos, la creación de modelos sobre el riesgo de desastres y el uso de datos; **detectar las carencias en investigación y tecnología y establecer recomendaciones acerca de las esferas prioritarias de investigación** para la reducción del riesgo de desastres; promover y apoyar la disponibilidad y aplicación de la ciencia y la tecnología para la toma de decisiones; contribuir a la actualización de la

publicación “2009 UNISDR Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres”; utilizar los exámenes realizados después de los desastres como oportunidades para mejorar el aprendizaje y las políticas públicas; y difundir estudios.

**25 i)** Mejorar el acceso y el apoyo a la innovación y la tecnología, así como a la investigación a largo plazo sobre amenazas múltiples y orientada a las soluciones, en la gestión del riesgo de desastres.

Específicamente la ley 1523 en su artículo 21 sobre las funciones del Comité Nacional de Conocimiento (**Cuadro 2**), indica que se deben “Fomentar la apertura de líneas de investigación y formación sobre estas temáticas en las instituciones de educación superior”. Así mismo, la Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres tiene entre sus funciones la de impulsar los temas e investigación (**Cuadro 2**). Para fomentar la apertura de líneas de investigación, este documento tiene como objetivo general su construcción consensuada.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo de este documento es sintetizar las principales líneas de investigación en gestión de riesgos de desastres para el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres para detectar carencias de investigación, promover la generación de nuevo conocimiento en gestión del riesgo de desastres a través de un abordaje multidisciplinar.

## 3. METODOLOGÍA

Para compilar y priorizar los juicios informados sobre temas específicos de investigación, se siguió una encuesta Delphi (Martino, 1976). La metodología Delphi tiene cuatro fases: preparación del cuestionario, selección del panel de expertos, desarrollo de la encuesta, y reporte de resultados.

### 3.1 Fases de la metodología Delphi

**Preparación del cuestionario.** Se utilizaron encuestas Delphi con cuestionario auto-administrado sin reuniones, con preguntas que contenían respuestas de escala likert y preguntas abiertas (Boulkedid et al., 2011). Se construyeron encuestas en

Formularios Google, los cuales se enviaron a expertos por correo electrónico expresando una invitación a participar e instrucciones sobre cómo responder la encuesta.

**Selección de expertos.** Para generar las declaraciones de investigación es clave contar con un grupo diverso de expertos con intereses de investigación heterogéneos (Hasson et al., 2000). Se identificaron expertos para participar en el estudio divididos en grupos para cada fenómeno amenazante o temática. El tamaño y constitución del panel de expertos varió en cada grupo por fenómeno amenazante. Los expertos fueron académicos, profesionales, funcionarios públicos y funcionarios de organizaciones no gubernamentales. Se consideró cómo experto a participantes acorde a su sector y se consideraron atributos como las publicaciones académicas o los años de experiencia profesional. Se definió a un experto como aquel como:

- Estado. Experiencia laboral (mínimo tres años). Reconocimiento o renombre.
- Recomendación por otro experto.
- Afiliación a una institución, organización o empresa vinculada a la temática.
- Experiencia laboral de mínimo de tres años en gestión del riesgo de desastres o áreas conexas, con énfasis en las entidades del SNGRD (sector público, profesionales independientes, servicios, e industria). Experiencia en ejecución de proyectos (consultoría, licitaciones, o servicios).
- Academia. Experiencia en investigación. Tener mínimo tres publicaciones científicas relacionadas al tema. Título de posgrado.
- Sociedad civil. Experiencia en ejecución de proyectos (consultoría, licitaciones, o servicios).
- Diversidad geográfica, género y edad.

**Ronda 1.** El cuestionario de la primera ronda siguió un método Delphi modificado con preguntas estructuradas y abiertas. Para las preguntas estructuradas, primero se generó un listado de enunciados semilla para promover la generación de ideas, los cuales se extrajeron de documentos existentes de planificación de investigación, políticas públicas, páginas web de laboratorios y grupos de investigación, artículos científicos recientes, y declaraciones de expertos acorde a cada temática. Los enunciados semilla se combinaron con preguntas abiertas lo cual permitió a los participantes elaborar con libertad las declaraciones de investigación que proporcionan la base sobre la cual construir el segundo y posteriores cuestionarios (Powell, 2003). En las preguntas estructuradas los participantes calificaron cada

declaración en una escala likert de 1 a 5, donde 1 corresponde a "totalmente en desacuerdo" y 5 corresponde a "totalmente de acuerdo". Se incluyó una categoría de "sin opinión" y otra "Ajustar".

**Desarrollo de la encuesta y reporte de resultados.** Se ha reportado que el porcentaje de expertos que responden todas las rondas es de 39% (Boulkedid et al., 2011). Por esto, para mantener una tasa de respuesta alta durante todo el procedimiento Delphi, se invitó a los participantes a comprometerse con el proyecto. Nuestro proceso tuvo un porcentaje de respuesta promedio del 32%. Se siguió el protocolo de calidad propuesto por Boulkedid (2011), en el cual se establecen 32 indicadores a tener en cuenta en un reporte Delphi.

**Consenso.** Se utilizaron medidas de tendencia central y medias de dispersión para cada declaración en cada una de las rondas. Las declaraciones con consenso tuvieron un puntaje promedio entre 4.0 y 5.0 y se consideraron aceptadas. Las declaraciones con consenso negativo (puntaje promedio entre 1.0 y 1.49 se rechazaron). Las declaraciones que no alcanzaron consenso (puntaje promedio entre 1.50 y 3.99) se editaron para presentar en la segunda ronda. Así mismo, algunos enunciados, aun si tuvieron un puntaje promedio mayor a 4.0, no se aprobaron acorde a dos condiciones. Primero, cuando tuvieron un coeficiente de variación mayor que 0.5, lo cual indica que el puntaje promedio no es estable y debe reformularse el enunciado (von der Gracht 2012). Segundo, cuando existió un número de comentarios para un enunciado mayor al 30% del número de respuestas totales (e.g, tres comentarios a nueve respuestas totales).

**Ronda 2 y posteriores.** Se enviaron cuestionarios con declaraciones ajustadas y nuevas declaraciones que buscan el consenso entre expertos. Las recomendaciones que no alcanzaron un nivel significativo de consenso (puntajes promedio entre 3.01 y 3.99) se utilizarán para crear el segundo cuestionario, algunas declaraciones se ajustarán de ser necesario. También se incluyeron las nuevas declaraciones de las preguntas abiertas de la Ronda 1. Si un enunciado que proviene de la primera ronda no alcanzó consenso en la segunda ronda de puntuación se eliminó. Nuevamente los participantes calificaron cada declaración en una escala del 1 al 5, donde 1 corresponde a "totalmente en desacuerdo" y 5 corresponde a "totalmente de acuerdo". Se comunicaron a los expertos los resultados anónimos de la primera ronda.

En las rondas posteriores los participantes tuvieron acceso a los resultados de rondas anteriores para calificar las recomendaciones. Este proceso se repitió hasta llegar a un consenso sobre la mayor cantidad de recomendaciones posible. La encuesta de procesos sociales empleó una encuesta Delphi junto con dos sesiones de grupos focales con expertos para ajustar las líneas de investigación.

### **3.2 Definición de línea de investigación**

Una línea de investigación científica es una declaración que ofrece un enfoque específico y sistemático para estudiar un fenómeno o para resolver un problema en un campo de la ciencia (Creswell & Creswell, 2017). Una línea de investigación sintetiza y ordena problemas generales a específicos que se resuelven a través de proyectos de investigación (i.e., los programas articulan varias líneas de investigación, y las líneas de investigación contienen y ejecutan proyectos). Las líneas de investigación no son una lista de necesidades, intereses, preguntas o metodologías, pero listar estos aspectos son útiles para su construcción. El concepto de línea de investigación en algunos casos es equivalente al de áreas o temas de investigación y en la literatura se aborda cómo *research themes*, *research topics*, o *research lines* (Bai et al. 2018). Las líneas de investigación pueden emplearse como insumo en la construcción de un programa de investigación (e.g. Lakatos, 1978).



## 4. RESULTADOS

### 4.1 Tsunami

Las amenazas costeras, incluidas las tormentas tropicales y los tsunamis, se catalogan entre las amenazas naturales más mortíferas en la historia humana, y en conjunto son responsables de la mayor cantidad de muertes y pérdidas económicas en zonas costeras. Los tsunamis son generados por grandes terremotos en zonas de subducción, movimientos en masa submarinos, erupciones volcánicas, y por el impacto de meteoritos (Behrens et al. 2021). Los tsunamis desencadenados por sismos comprenden alrededor del 80% de todos los tsunamis en todo el mundo (Harbitz, et al. 2014). Las líneas de investigación propuestas por expertos son las siguientes.

**Tabla 1. Líneas de investigación sobre tsunami.** Enunciados agrupados por los tres procesos principales de la gestión del riesgo de desastres. El valor entre paréntesis corresponde a la calificación promedio generada por el grupo de expertos.

- 1. Conocimiento del riesgo**
  - 1.1. Geomorfología costera, geofísica marina y batimetría del océano Pacífico y Mar Caribe (5.00).
  - 1.2. Educación ambiental y comunitaria para el conocimiento y la reducción del riesgo y el manejo de desastres por tsunami (4.88).
  - 1.3. Apropiación social del conocimiento geocientífico sobre tsunami (4.83).
  - 1.4. Comunicación participativa del riesgo de tsunami (4.80).
  - 1.5. Paleotsunami y recurrencia de eventos tsunamigénicos (4.78).
  - 1.6. Percepción del riesgo y vulnerabilidad social ante tsunami (4.60).
  - 1.7. Geodesia espacial GNSS para detección y evaluación de tsunami (4.44).
  - 1.8. Exposición y vulnerabilidad física, social, ambiental y económica por tsunami (4.40).
  - 1.9. Modelado y simulación hidrodinámica de alta precisión (4.20).
  - 1.10. Fenómenos generadores de tsunami (4.14).
- 2. Reducción del riesgo**
  - 2.1. Tsunami en la ordenación y planificación territorial (5.00).
  - 2.2. Medidas de mitigación blandas y duras que protejan la comunidad según escenarios de amenaza por tsunami (4.44).
  - 2.3. Estrategias participativas para la mitigación del riesgo (4.30).
  - 2.4. Mecanismos financieros para la reducción del riesgo de tsunami (4.00).
- 3. Manejo de desastres**
  - 3.1. Respuesta integrada a desastres por tsunami acorde con la realidad socioeconómica territorial (5.00).
  - 3.2. Evacuación vertical y por otros medios ante inundación por tsunami (5.00).
  - 3.3. Participación ciudadana en la respuesta, evacuación y ayuda ante un tsunami (4.80).
  - 3.4. Fortalecimiento institucional territorial para la preparación ante tsunami (4.71).

### 3.5. Recuperación y rehabilitación tras un tsunami (4.67).

## 4.2 Ciclones tropicales

Las tormentas convectivas y ciclónicas suelen provocar diversos grados de pérdidas humanas y económicas por marejadas ciclónicas, vientos destructivos, deslizamientos de tierra, flujo de escombros o por inundaciones repentinas (Rey et al. 2021). En los últimos 50 años, la población expuesta a los ciclones tropicales se triplicó debido a la migración a las zonas costeras, causando 10 mil muertes y daños por 15 mil millones de dólares anuales en todo el mundo (CRED, 2022).

Hace 30 años se predijo que el cambio climático inducido por los gases de efecto invernadero aumentaría la frecuencia e intensidad de tormentas; sin embargo, hasta ahora este efecto no es claro debido a problemas de calidad de datos que crean desafíos importantes para un análisis estadístico confirmatorio (Mann et al. 2006, Kossin, et al. 2020, Chand et al. 2022). En Colombia, aunque los ciclones tropicales no son tan frecuentes a pesar de los recientes impactos de Iota y Julia, la exposición de la población y bienes ha aumentado, por lo cual es de interés comprender y predecir los impactos futuros de estas amenazas (Ortiz & Conde, 2022). Las líneas de investigación propuestas para ciclones tropicales son las siguientes.

**Tabla 2. Líneas de investigación sobre ciclones tropicales.** Enunciados agrupados por los tres procesos principales de la gestión del riesgo de desastres. El valor entre paréntesis corresponde a la calificación promedio generada por el grupo de expertos.

- 1. Conocimiento del riesgo**
  - 1.1. Sistemas de información de datos abiertos para la gestión del riesgo de ciclones tropicales en el Caribe colombiano (incluye aspectos meteorológicos, climáticos y oceanográficos) (5.00).
  - 1.2. Comportamiento estructural de sistemas constructivos del Caribe colombiano ante fuerzas de viento y marea causadas por ciclones tropicales (5.00).
  - 1.3. Análisis y evaluación del riesgo por ciclones tropicales (4.71).
  - 1.4. Erosión costera natural e inducida y su incidencia en la amenaza por marea de tormenta por ciclones tropicales (4.50).
  - 1.5. Educación ambiental y comunitaria para la gestión del riesgo de desastres por ciclones tropicales (4.38).
  - 1.6. Estrategias comunitarias de comunicación del riesgo (4.25).
  - 1.7. Modelos integrales de riesgo para ciclones tropicales en sistemas costeros (4.20).
- 2. Reducción del riesgo.**
  - 2.1. Métodos de inclusión de los fenómenos naturales en los Planes de Ordenamiento Territorial de las zonas costeras (4.71).

- 2.2. Cumplimiento de normas de construcción en áreas expuestas a ciclones tropicales (5.00).
  - 2.3. Reducción del riesgo de ciclones tropicales utilizando soluciones basadas en la naturaleza (blandas o no estructurales) (5.00).
  - 2.4. Análisis integral de reducción del riesgo por ciclones tropicales (4.50).
  - 2.5. Cumplimiento de normas de uso del suelo en la línea de costa de áreas expuestas a ciclones tropicales (4.25).
- 3. Manejo de desastres**
- 3.1. Sistema integrado de alertas tempranas (4.86).
  - 3.2. Manejo de la erosión y morfología costera después del paso de ciclones tropicales (4.72).

### 4.3 Movimientos en masa

Comprender las causas y la dinámica espacio-temporal de los movimientos en masa, su reducción, y su rápida respuesta ante emergencias ha sido uno de los grandes retos de la gestión de riesgo de desastres colombiana. Especialmente en las regiones montañosas, los movimientos en masa representan una amenaza para las personas y para la infraestructura (ver revisión de García-Delgado et al. 2022). Aristizabal y Sánchez (2019) empleando fuentes de datos nacionales para movimientos en masa como DesInventar y el Sistema de Información de Movimientos en Masa (SIMMA) del Servicio Geológico Colombiano, estimaron para el período 1900–2018 que han ocurrido alrededor de 30 mil deslizamientos que han causado 34 mil muertes y pérdidas económicas de US\$600 millones. La lluvia es el principal factor detonante de los movimientos en masa, especialmente la lluvia antecedente al igual que la ocurrencia de sismos de gran magnitud (Aristizábal et al. 2022); sin embargo, se llama a generar un mayor número investigaciones con datos robustos centrados en amenazas, inventarios y factores desencadenantes y condicionantes para una mejor comprensión del fenómeno (Valdés et al. 2021). Para los tres procesos de la gestión del riesgo se presentan las siguientes líneas de investigación.



**Tabla 3. Líneas de investigación sobre movimientos en masa.** Enunciados agrupados por los tres procesos principales de la gestión del riesgo de desastres. El valor entre paréntesis corresponde a la calificación promedio generada por el grupo de expertos.

### 1. Conocimiento del riesgo

- 1.1. Modelación del riesgo por movimientos en masa (incorpora superficies de falla, distancia de viaje e intensidad, cambio climático, incertidumbre profunda para la toma robusta de decisiones) (4.83).
- 1.2. Estándares y especificaciones técnicas para estudios básicos y detallados de MeM (4.83).
- 1.3. Exposición y vulnerabilidad física, social, ambiental y económica a MeM (4.80).
- 1.4. Información histórica de MeM para los municipios (4.60).
- 1.5. Monitoreo sísmico y pluviométrico de escala local (4.57).
- 1.6. Factores condicionantes y detonantes de MeM (erosión, lluvia, sismos, vegetación, actividad antrópica) (4.53).
- 1.7. Tecnologías geoespaciales, cartografía y zonificación geotécnica para MeM (escala 1:2000) (4.50).
- 1.8. Geomorfología, riesgos e intervención de zonas agrícolas, mineras, acuíferos y represas (4.47).
- 1.9. Infraestructura abierta de datos espaciales (geomorfología, procesos morfodinámicos y suelos superficiales) y datos socioeconómicos (4.47).
- 1.10. Percepción del riesgo, vulnerabilidad social y proceso de apropiación de información técnica por la sociedad (4.44).
- 1.11. Educación y comunicación para la gestión del riesgo de MeM (4.38).
- 1.12. Geotecnia y zonificación de la amenaza a MeM (4.31).
- 1.13. Detección, cartografía y monitoreo de movimientos en masa con sensores remotos y aprendizaje automático (4.31).
- 1.14. Enfoque de MeM hacia la toma de decisiones (4.27).
- 1.15. Caracterización y comportamiento de materiales en ambientes húmedos (4.14).
- 1.16. Educación geológica en educación primaria y secundaria de MeM (4.00).

### 2. Reducción del riesgo

- 2.1. Medidas de mitigación blandas, duras e híbridas según escenarios de amenaza por MeM (4.71).
- 2.2. Fortalecimiento de instrumentos de planificación territorial y sectorial (4.47).
- 2.3. Estrategias para la mitigación del riesgo acordes con la realidad socioeconómica territorial y concertadas con la comunidad (4.33).
- 2.4. Mecanismos de retención o transferencia del riesgo por MeM (4.17).
- 2.5. Reducción del riesgo por movimientos en masa con soluciones basadas en la naturaleza (soluciones blandas e híbridas) (4.00).

### 3. Manejo de desastres

- 1.1. Protocolos para la atención de desastres asociados a MeM (4.67).
- 1.2. Priorización de la atención en municipios con riesgo de MeM (4.47).
- 1.3. Metodologías para definir umbrales en sistemas de alerta temprana (4.36).
- 1.4. Respuesta integrada a desastres por MeM acorde con la realidad socioeconómica territorial (4.13).

#### 4.4 Erosión costera

La problemática de la erosión costera ha aumentado particularmente a lo largo de la costa Caribe de Colombia, por lo cual se ha incrementado la necesidad de proteger la costa con medidas blandas y duras debido a la creciente población costera y las presiones político-económicas (Rangel-Buitrago, 2020). El conocimiento sobre los procesos de erosión costera y las medidas para reducir sus efectos urge a medida que los ecosistemas marino-costeros se deterioran por actividades humanas y por el incremento del nivel del mar por el cambio climático global. Para los tres procesos de la gestión del riesgo se presentan las siguientes líneas de investigación.

**Tabla 4. Líneas de investigación sobre erosión costera.** Enunciados agrupados por los tres procesos principales de la gestión del riesgo de desastres. El valor entre paréntesis corresponde a la calificación promedio generada por el grupo de expertos.

- 1. Conocimiento del riesgo**
  - 1.1. Ascenso del nivel del mar y erosión costera (4.50).
  - 1.2. Análisis de la vulnerabilidad a la erosión costera (física, biológica, social y económica) (4.50).
  - 1.3. Monitoreo costero participativo de la erosión costera (4.50).
  - 1.4. Morfodinámica de la zona SWASH, la erosión costera y las inundaciones (4.33).
  - 1.5. Red de monitoreo estandarizada (4.33).
  - 1.6. Arrecifes de coral y la erosión costera (4.29).
  - 1.7. Factores socioeconómicos y culturales de la percepción del riesgo de desastres por erosión costera (4.25).
  - 1.8. Geomorfología costera, geofísica marina y batimetría del océano Pacífico y Mar Caribe (4.25).
  - 1.9. Modelación numérica del transporte de sedimentos (4.17).
  - 1.10. Educación ambiental y comunitaria para la gestión del riesgo de desastres por erosión costera (4.00).
- 2. Reducción del riesgo**
  - 2.1. Planificación del desarrollo y ordenamiento territorial municipal y departamental con gestión del riesgo y cambio climático (5.00).
  - 2.2. Mecanismos financieros para la reducción del riesgo de erosión costera (5.00).
  - 2.3. Ordenamiento territorial costero (4.83).
  - 2.4. Gobernanza participativa para la reducción del riesgo de desastres por erosión costera (4.75).
  - 2.5. Medidas de reducción basadas en la naturaleza (4.71).
  - 2.6. Financiamiento de proyectos de gestión de riesgos (4.50).
  - 2.7. Soluciones de protección y estabilidad de la línea de costa (4.43).
  - 2.8. Planificación de obras de infraestructura (4.14).
- 3. Manejo de desastres**
  - 3.1. Desarrollo de sistemas de alerta temprana para amenazas costeras (5.0).
  - 3.2. Planes de respuesta a eventos extremos con participación ciudadana (5.0).
  - 3.3. Priorización de la atención en municipios con riesgo de erosión costera (4.43).
  - 3.4. Manejo de la erosión y morfología costera después de eventos meteo-marinos como

ciclones tropicales, frentes fríos, tsunamis, o cambios significativos en descargas fluviales (4.25).

#### 4.5 Incendios forestales

El aumento potencial de incendios forestales en zonas tropicales por la interacción entre el cambio climático y prácticas insostenibles asociadas al cambio en el uso del suelo y actividades humanas requiere anticipar y evaluar sus impactos presentes y futuros (Barreto y Armenteras, 2020). Se conoce que los incendios forestales los determina la interacción de factores como topografía, fuentes de ignición, composición del combustible y clima. Sin embargo, en Colombia se estima que la mayor parte de los incendios forestales los causa la actividad agropecuaria con una intensificación durante los periodos secos en el fenómeno de El Niño (Armenteras et al. 2013). Existen avances en el conocimiento especialmente en teledetección (Anaya et al. 2018, Barreto y Armenteras, 2020) y en comprender los efectos de los incendios sobre la calidad del aire (Ballesteros-González et al. 2020), pero es evidente la falta de conocimiento sobre la ciencia del fuego en reducción del riesgo y manejo de desastres. Existe una propuesta para el manejo integral del fuego en Colombia (Meza Elizalde et al. 2019), la cual puede integrarse con los tres procesos de la gestión del riesgo de desastres para facilitar el abordaje integral de la problemática. Las líneas de investigación propuestas son las siguientes.

**Tabla 5. Líneas de investigación sobre incendios forestales.** Enunciados agrupados por los tres procesos principales de la gestión del riesgo de desastres. El valor entre paréntesis corresponde a la calificación promedio generada por el grupo de expertos.

#### 1. Conocimiento del riesgo

- 1.1. Infraestructura abierta de datos espaciales para incendios forestales (p. ej. clima, cobertura vegetal, uso del suelo, vientos, datos socioeconómicos) (4.80).
- 1.2. Ecología del fuego (4.70).
- 1.3. Modelamiento probabilístico de la ocurrencia de incendios forestales (4.64).
- 1.4. Cambio climático y uso del suelo (4.60).
- 1.5. Información histórica de IF de los municipios (tendencias temporales, factores causales, trayectoria de sucesión y recuperación) (4.50).
- 1.6. Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo de IF (4.45).
- 1.7. Salud pública y calidad del aire por incendios forestales (4.40).
- 1.8. Educación y comunicación para la gestión del riesgo de incendios forestales (4.40).
- 1.9. Predicción y fenómenos precursores de incendios forestales (4.36).
- 1.10. Modelos de transporte de aerosoles por incendios forestales (4.20).
- 1.11. Caracterización y comportamiento de materiales precursores de incendios forestales

- (4.18).
- 1.12. Apropiación social del conocimiento científico sobre incendios forestales (4.10).
- 1.13. Percepción del riesgo por incendios forestales (4.00).
- 1.14. Educación ambiental sobre incendios forestales (4.00).
- 2. Reducción del riesgo**
  - 2.1. Incendios forestales en la ordenación y planificación territorial (4.73). Normatividad de uso del suelo en relación a incendios forestales (4.10).
  - 2.2. Medidas de mitigación blandas, híbridas y duras según escenarios de riesgo por amenaza de incendios forestales (4.67).
  - 2.3. Soluciones basadas en la naturaleza para reducir el riesgo por incendios de la cobertura vegetal (4.50).
  - 2.4. Prácticas agrícolas sostenibles (4.45).
  - 2.5. Manejo integral del fuego (4.45).
  - 2.6. Mecanismos financieros para la reducción del riesgo por incendios forestales (4.40).
  - 2.7. Medidas silviculturales para la reducción y prevención del riesgo por incendios forestales (4.27).
  - 2.8. Estrategias para la mitigación del riesgo por amenaza de incendios forestales acordes con la realidad socioeconómica territorial y concertadas con la comunidad (4.18).
- 3. Manejo de desastres**
  - 3.1. Sistemas de alerta temprana para incendios forestales (4.60).
  - 3.2. Fortalecimiento institucional territorial para la preparación ante incendios forestales (4.60).
  - 3.3. Valoración económica y ambiental de daños y pérdidas ocasionadas por incendios de cobertura vegetal (4.33).
  - 3.4. Simulacros y respuesta comunitaria ante incendios forestales (4.30). Participación de la población en la respuesta a emergencias por incendios forestales (4.22).
  - 3.5. Manejo de emergencias por incendios forestales (4.25).

#### 4.6 Riesgo sísmico

Colombia ha sido marcado por eventos sísmicos destructivos como los terremotos de Armenia en 1999 y Popayán en 1983, que causaron pérdidas económicas equivalentes al 1.9% y 1.5% del PIB (Cardona et al. 2004). Las pérdidas y daños en ambos sismos ocurrieron principalmente debido a la ausencia de edificios sismo-resistentes y por construcciones informales. Los esfuerzos para reducir o mitigar el riesgo sísmico son necesarios en todo el país, pero en particular en ciudades como Bogotá, Medellín y Calí que representan el 34% de la población urbana del país y donde un fuerte sismo tendría consecuencias lamentables por el alto número de personas y bienes expuestos (Acevedo et al. 2020).

La investigación en riesgo sísmico es el área de la GRD con mayor producción de nuevo conocimiento, particularmente en la reducción del riesgo. Existe un progreso considerable en los estudios de amenaza y riesgo sísmico en el país (e.g.



Acevedo et al. 2020; Bernal & Cardona, 2021; Arcila Rivera et al. 2022; Hoyos & Hernandez, 2022; Vargas-Alzate et al, 2022), que son importantes para desarrollar normas y requisitos empleados para diseñar y construir nuevas edificaciones e infraestructura sismorresistente, para reforzar las existentes de acuerdo al nivel de amenaza, o para conocer la probabilidad de ocurrencia de las amenaza sísmicas así como de sus daños esperados (AIS, 2010; AIS, 2013; UNGRD, 2018a). Las líneas de investigación son las siguientes para el riesgo sísmico.

**Tabla 6. Líneas de investigación sobre riesgo sísmico.** Enunciados agrupados por los tres procesos principales de la gestión del riesgo de desastres. El valor entre paréntesis corresponde a la calificación promedio generada por el grupo de expertos.

## 1. Conocimiento del riesgo

- 1.1. Vulnerabilidad física de edificaciones convencionales (5.00).
- 1.2. Vulnerabilidad física de edificaciones indispensables y de atención a la comunidad (5.00).
- 1.3. Vulnerabilidad física de infraestructura de líneas vitales (sector agua potable y saneamiento, energía, telecomunicaciones) (4.91).
- 1.4. Evaluación determinista del riesgo sísmico (escenarios día y noche) (4.90).
- 1.5. Microzonificación sísmica y factores de amplificación espectral (4.91).
- 1.6. Modelos de comportamiento dinámico del suelo (4.90).
- 1.7. Metodologías para asignación de sistemas estructurales en la conformación de modelos de exposición (4.82).
- 1.8. Funciones de atenuación para Colombia (4.73).
- 1.9. Análisis de eventos inducidos por sismo (movimientos en masa, tsunamis, licuefacción, eventos Natech) (4.73).
- 1.10. Apropiación social del conocimiento geocientífico sobre riesgo sísmico (4.73).
- 1.11. Educación y comunicación para la gestión del riesgo sísmico (4.73).
- 1.12. Evaluación probabilística del riesgo sísmico (4.64).
- 1.13. Evaluación de pérdidas indirectas (lucro cesante) (4.64).
- 1.14. Caracterización geológica y neotectónica para la evaluación de la amenaza sísmica (4.64).
- 1.15. Modelamiento probabilista de la amenaza sísmica (4.55).
- 1.16. Evaluación holística del riesgo sísmico (4.55).
- 1.17. Infraestructura abierta de datos espaciales requeridos en la evaluación del riesgo de desastre (geomorfología, procesos morfodinámicos, suelos superficiales y datos socioeconómicos) (4.50).
- 1.18. Análisis basado en desempeño para la reducción de incertidumbre en la evaluación de pérdidas por sismo (4.50).
- 1.19. Información histórica de la amenaza sísmica de los municipios (escala local) (4.50).
- 1.20. Análisis de efectos topográficos (4.50).
- 1.21. Funciones de vulnerabilidad humana para estimación de heridos/fallecidos (4.36).
- 1.22. Evaluación y métricas del riesgo sísmico en viviendas y edificaciones residenciales (4.36).
- 1.23. Caracterización y evaluación del comportamiento de materiales empleados en la construcción de edificaciones (4.30).

## **2. Reducción del riesgo**

- 2.1. Reducción de riesgo sísmico en edificaciones indispensables y de atención a la comunidad (5.00).
- 2.2. Análisis costo-beneficio para selección de medidas de reducción del riesgo sísmico (4.82).
- 2.3. Cumplimiento de normas de construcción en áreas de amenaza sísmica alta e intermedia (4.73).
- 2.4. Amenaza sísmica en la ordenación y planificación territorial (4.45).
- 2.5. Mecanismos de protección financiera ante eventos sísmicos (4.36).
- 2.6. Asentamientos informales y desarrollo urbano (4.27).
- 2.7. Reducción del riesgo sísmico del patrimonio arquitectónico (4.09).

## **3. Manejo de desastres**

- 3.1. Recuperación y rehabilitación tras un sismo (4.90).
- 3.2. Sistemas de alerta temprana multiamenaza (4.60).
- 3.3. Escenarios sísmicos para la definición de estrategias municipales de respuesta (4.50).
- 3.4. Reasentamientos (4.44).
- 3.5. Sistemas de alerta sísmica temprana (4.40).
- 3.6. Geoanalítica para la respuesta humanitaria (4.33).
- 3.7. Simulacros y respuesta comunitaria ante sismos (4.30).
- 3.8. Participación ciudadana en la respuesta, evacuación y ayuda ante sismos (4.20).
- 3.9. Fortalecimiento institucional territorial para la preparación ante sismos (4.20).

## **4.7 Natech y riesgo tecnológico**

La investigación sobre los efectos de los accidentes Natech (amenazas naturales que desencadenan accidentes tecnológicos) y del riesgo tecnológico son uno de los campos de trabajo emergentes en el país en los últimos años (Cruz et al. 2022). Los accidentes que pueden ocurrir por la interacción entre amenazas naturales y riesgos industriales pueden producir efectos adversos en instalaciones industriales, bodegas de almacenamiento, daños a tuberías, o tanques de almacenamiento (Suarez-Paba et al. 2020). La ocurrencia de accidentes Natech ha llamado la atención sobre la necesidad de gestionar el riesgo para las personas, ambiente e infraestructura expuesta a múltiples amenazas como sismos, movimientos en masa, tsunamis o inundaciones (Mesa-Gómez, 2021). Se proponen las siguientes líneas de investigación.



**Tabla 7. Líneas de investigación sobre Natech y riesgo tecnológico.** Enunciados agrupados por los tres procesos principales de la gestión del riesgo de desastres. El valor entre paréntesis corresponde a la calificación promedio generada por el grupo de expertos.

### 1. Conocimiento del riesgo

- 1.1. Desarrollo e integración de tecnologías e innovaciones enfocadas al monitoreo de los fenómenos de riesgo tecnológico y Natech (4.70).
- 1.2. Apropiación del conocimiento sobre riesgo tecnológico y Natech en la industria (4.60).
- 1.3. Lecciones aprendidas en el contexto de riesgo tecnológico y Natech (4.57).
- 1.4. Desarrollo e integración de tecnologías e innovaciones enfocadas al monitoreo de los fenómenos de riesgo tecnológico y Natech (4.56).
- 1.5. Gestión de información sobre fenómenos amenazantes a escala detallada y escala regional como soporte para análisis de riesgos Natech (4.33).
- 1.6. Metodologías para análisis de consecuencias y evaluación de pérdidas económicas derivadas de eventos tecnológicos y Natech (4.30).
- 1.7. Capacitación y educación del riesgo tecnológico y Natech para primeros respondientes (4.30).
- 1.8. Inclusión del riesgo tecnológico y Natech en programas educativos y de formación relacionados con GRD (4.11).
- 1.9. Comunicación del riesgo tecnológico y Natech con enfoque social y territorial (4.10).
- 1.10. Metodologías de análisis sobre vulnerabilidad de equipos industriales ante amenazas naturales, siconaturales y tecnológicas (4.00).

### 2. Reducción del riesgo

- 2.1. Indicadores de desempeño correctivos y prospectivos para la reducción de riesgos de Natech (incluyendo alertas tempranas) (4.67).
- 2.2. Riesgo tecnológico y Natech en el ordenamiento y planificación territorial (4.60).
- 2.3. Construcción participativa de estrategias de reducción del riesgo de desastres (4.33).
- 2.4. Tiempos de inactividad de operaciones por accidentes Natech y tecnológicos (4.33).
- 2.5. Intervención prospectiva y/o correctiva para la reducción del riesgo tecnológico y Natech (4.30).
- 2.6. Percepción del riesgo en la reducción del riesgo tecnológico y Natech (4.25).
- 2.7. Divulgación de información sobre riesgo tecnológico y Natech para la reducción del riesgo (4.20)
- 2.8. Mecanismos de transferencia del riesgo para la reducción del riesgo tecnológico y Natech (protección financiera) (4.00).

### 3. Manejo de desastres

- 3.1. Generación de capacidades territoriales para monitorear y responder ante eventos tecnológicos y Natech (5.00).
- 3.2. Preparación para la respuesta ante eventos tecnológicos y Natech (4.80).
- 3.3. Planificación de la evacuación ante eventos Natech (4.70).
- 3.4. Inventarios de capacidades privadas y públicas para la atención de emergencias de eventos tecnológicos y Natech (4.60).
- 3.5. Tecnologías para el reporte y consolidación de accidentes tecnológicos y Natech (4.50).
- 3.6. Estrategias para la continuidad del negocio en el contexto de riesgo tecnológico y Natech (4.20).



## 4.8 Procesos sociales

Las ciencias sociales informan sobre nuestra comprensión de la dimensión de vulnerabilidad del riesgo con enfoques emergentes en el contexto de los sistemas socioecológicos o humano-ambientales, todos fundamentales para conceptualizar los procesos de la gestión del riesgo de desastres (ISC-UNDRR-IRDR, 2021). Se han producido desajustes entre el estado de los entornos sociales, ecológicos y tecnológicos que cambian rápidamente, incluida la forma en que las personas piensan, perciben y actúan frente al riesgo. A medida que la naturaleza del riesgo se vuelve cada vez más sistémica, la forma en que pensamos y actuamos también debe ser más sistémica para mantener la salud y el bienestar de las personas y el planeta ya que en el complejo e hiperconectado entorno actual, los sistemas socio-ecológicos se vuelven frágiles alcanzando sus puntos de inflexión (van Ginkel et al. 2020). Los conceptos tradicionales de la gestión del riesgo como probabilidad y gestión de riesgos parece ya no son suficientes para confrontar los riesgos emergentes e incertidumbres, por lo cual no podemos abordar las soluciones con la misma mentalidad que creó el problema (Kreibich et al 2022). Se requieren transformaciones importantes en aspectos sociales y conductuales, institucionales, políticos, basados en políticas u otros aspectos del paradigma actual de investigación y ciencia del riesgo (ISC-UNDRR-IRDR, 2021). Estas son las líneas de investigación en procesos sociales.

**Tabla 7. Líneas de investigación sobre procesos sociales.** Enunciados agrupados por los tres procesos principales de la gestión del riesgo de desastres.

- 1. Conocimiento del riesgo**
  - 1.1. Apropiación social del conocimiento del riesgo de desastres a través de procesos creativos y culturales (4.63).
  - 1.2. Seguridad alimentaria y gestión del riesgo de desastres asociados al cambio climático (4.50).
  - 1.3. Salud pública, gestión del riesgo de desastres y cambio climático (4.38)
  - 1.4. Comunicación comunitaria del riesgo de desastres (4.38)
  - 1.5. Educación ambiental para la gestión del riesgo de desastres (4.38)
  - 1.6. Enfoque inclusivo, vulnerabilidad y gestión del riesgo de desastres (4.25).
  - 1.7. Derechos humanos en la gestión de riesgo de desastres e impactos asociados al cambio climático (4.25)
  - 1.8. Comunicación, información pública y cultura para gestión del riesgo con enfoque diferencial (4.14).
  - 1.9. Riesgo territorial que influye en asentamientos y exposición (incluye aspectos sociales y conflicto armado). (4.14)

- 1.10. Ética del cuidado, salud mental y gestión del riesgo de desastres (4.13).
  - 1.11. Ciencia ciudadana en gestión del riesgo de desastres (4.13).
  - 1.12. Innovación educativa en gestión del riesgo de desastres (4.00).
- 2. Reducción del riesgo**
- 2.1. Participación comunitaria, construcción de redes y gobernanza para la reducción del riesgo de desastres (4.38).
  - 2.2. Acción psicosocial y comunitaria en la configuración del territorio y el mejoramiento del hábitat para la reducción del riesgo (4.33)
  - 2.3. Territorialidad, desarrollo urbano y reducción del riesgo de desastres (4.14)
  - 2.4. Protección financiera y construcción de empleo para la reducción del riesgo de desastres en los sectores público, privado y comunitario (4.00)
- 3. Manejo de desastres**
- 3.1. Innovación social en procesos de respuesta y recuperación (4.50).
  - 3.2. Participación ciudadana (pública, privada y comunitaria) en la preparación y respuesta a emergencias y desastres, y en la recuperación post desastre (4.43).
  - 3.3. Manejo de desastres en escenarios multiriesgo (4.29).
  - 3.4. Reasentamiento, reubicación y relocalización en procesos de reducción del riesgo y recuperación pos desastre(4.29).
  - 3.5. Seguridad alimentaria, medios de vida y sostenibilidad ambiental en la preparación, respuesta y recuperación (4.29).
  - 3.6. Recuperación multidimensional e intersectorial para el desarrollo territorial, económico y social (4.29).
  - 3.7. Manejo de los animales en la respuesta y en la recuperación. Salud pública, salud mental, economía, ambiente y sociedad (4.00)

#### **4. CONCLUSIONES**

La compilación de cerca de 200 líneas de investigación ayuda a conectar el conocimiento científico, las políticas públicas y la práctica profesional –incluso el pensamiento innovador– que en algunos casos está disperso para influir efectivamente en la toma de decisiones. La interacción multidisciplinar alentó nuevos tipos de asociaciones que motivan a proponer nuevos enfoques, temas de investigación y la formulación de proyectos de ciencia, tecnología e innovación necesarios para abordar los desafíos globales y nacionales como los sistemas de alerta temprana, el riesgo sistémico, el riesgo en cascada, la necesidad de innovación social, y las nuevas herramientas basadas en inteligencia artificial.



Así mismo, compilar las líneas de investigación implicó conectar con los generadores de conocimiento técnico-científico como profesores, investigadores, sector privado, sociedad civil y profesionales de múltiples disciplinas y sectores, llevando a conocer el tamaño de la comunidad que activamente produce conocimiento. En muchos casos existen investigadores que generan ciencia de gran calidad que no se han visibilizado adecuadamente.

Este documento no busca reemplazar, sino complementar documentos de planificación de investigación existentes como el *Plan Estratégico Nacional de Investigación Ambiental (PENIA) 2021-2030* (Ruiz Rodgers, et al. 2020), el *Plan estratégico del conocimiento geocientífico del territorio colombiano 2022-2032* (SGC, 2022), el *Documento CONPES 4058 para reducir las condiciones de riesgo de desastres y adaptarse a los fenómenos de variabilidad climática* (DNP, 2021), o las líneas de investigación declaradas por los grupos y semilleros de investigación, entre otros documentos. Este documento representa el comienzo de una discusión para alentar y mejorar continuamente los vacíos y necesidades de conocimiento para el país a resolverse en redes de colaboración, institutos públicos de investigación, comunidades profesionales, estudiantes de pregrado y posgrado, y ecosistemas de ciencia con un enfoque de ciencia abierta y participativa.

## **5. RECOMENDACIONES**

Se proponen las siguientes recomendaciones sobre las líneas de investigación:

1. Realizar encuestas Delphi para fenómenos amenazantes como volcanes, variabilidad climática, y amenazas extraterrestres. Estas encuestas deben comunicarse y publicarse rápida e individualmente como documentos de



- trabajo para alimentar la formulación de proyectos de ciencia, tecnología e innovación.
2. Al actualizar las líneas de investigación para los principales fenómenos amenazantes, procesos o temas, también se sugiere se publiquen rápida e individualmente como documentos de trabajo para acelerar la gestión de proyectos de ciencia y tecnología.
  3. La actualización de líneas de investigación debe esforzarse en captar información de la sociedad civil organizada y otros saberes (i.e., a través de facilitadores o grupos focales) para alimentar los enunciados semilla y enriquecer los enfoques actuales de coproducción de proyectos requeridos por las agencias financiadoras.
  4. Se recomienda explorar continuamente los documentos internacionales que sintetizan los temas globales de investigación en gestión del riesgo de desastres para generar enunciados semilla e incluirlos en futuras encuestas Delphi (e.g., ISC, UNDRR & IRDR, 2021; IRDR, 2021).
  5. Para realizar un seguimiento del conocimiento generado en las líneas, se sugiere alinear el monitoreo de nuevo conocimiento en gestión del riesgo de desastres con las declaraciones existentes de las líneas de investigación para establecer los avances en el tema o para reformular los enunciados.
  6. El enfoque del documento se realizó sobre los principales fenómenos amenazantes; sin embargo, al contar con la metodología Delphi, pueden realizarse encuestas para múltiples conceptos, subprocesos de la gestión del riesgo de desastres o temas emergentes (e.g., mapas comunitarios o reasentamientos).
  7. El equipo de análisis de futuras encuestas Delphi desde la UNGRD debe integrarse por integrantes de las tres subdirecciones de conocimiento del riesgo, reducción del riesgo, y manejo de desastres.

## Bibliografía

- Acevedo, A. B., Yepes-Estrada, C., González, D., Silva, V., Mora, M., Arcila, M., & Posada, G. (2020). Seismic risk assessment for the residential buildings of the major three cities in Colombia: Bogotá, Medellín, and Cali. *Earthquake Spectra*, 36(1\_suppl), 298–320. <https://doi.org/10.1177/8755293020942537>
- AIS (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica). (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10*. Comision Asesora Permanente para el Regimen de Construcciones Sismo Resistentes.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica. (2013). *Recomendaciones para requisitos sísmicos de estructuras diferentes de edificaciones*. AIS, 180-213.
- Anaya, J.A., Sione, W.F., Rodríguez-Montellano, A.M. (2018). Identificación de áreas quemadas mediante el análisis de series de tiempo en el ámbito de computación en la nube. *Revista de Teledetección*, 51, 61-73. <https://doi.org/10.4995/raet.2018.8618>
- Arcila Rivera, M.M., García, J., Montejó Espitia, J. S., Eraso, J.F. , Valcárcel Torres, J.A., Mora Cuevas, M. G., Viganò, D. , Pagani, M., & Díaz Parra, F. J. (Eds.). (2020). *Modelo nacional de amenaza sísmica para Colombia*. Volumen 43. Libros del Servicio Geológico Colombiano. <https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/book/38>
- Aristizábal, E., & Sánchez, O. (2019). Spatial and temporal patterns and the socioeconomic impacts of landslides in the tropical and mountainous Colombian Andes. *Disasters*. <https://doi.org/10.1111/disa.12391>
- Aristizábal, E., Riaño, F., & Jiménez-Ortiz, J. (2022). Umbrales de lluvia como detonante de movimientos en masa en el piedemonte de la cordillera Central en los Andes colombianos. *Boletín de Geología*, 44(2), 183–197. <https://doi.org/10.18273/REVBOL.V44N2-2022009>
- Armenteras, D., Rodríguez, N. & Retana J. (2013). Landscape Dynamics in Northwestern Amazonia: An Assessment of Pastures, Fire and Illicit Crops as Drivers of Tropical Deforestation. *Plos One*, 8(1), 1-9, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0054310>
- Bai, X., Dawson, R. J., Üрге-Vorsatz, D., Delgado, G. C., Salisu Barau, A., Dhakal, S., Schultz, S. (2018). Six research priorities for cities and climate change. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/d41586-018-02409-z>
- Ballesteros-González, K., Sullivan, A. P., & Morales-Betancourt, R. (2020). Estimating the air quality and health impacts of biomass burning in northern South America using a chemical transport model. *Science of the Total Environment*, 739, 139755. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139755>
- Barreto, J.S. & Armenteras, D. (2020), Open Data and Machine Learning to Model the Occurrence of Fire in the Ecoregion of “Llanos Colombo–Venezolanos”. *Remote Sensing*, 12, 3921. <https://doi.org/10.3390/rs12233921>
- Behrens J, Løvholt F, Jalayer F, Lorito S, Salgado-Gálvez MA, Sørensen M, Abadie S, Aguirre-Ayerbe I, ... & Vyhmeister E. (2021). Probabilistic Tsunami Hazard and Risk Analysis: A Review of Research Gaps. *Frontiers in Earth Science*, 9:628772. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.628772>
- Bernal, G. & Cardona, O.D. (2021). Actualización de los coeficientes sísmicos de diseño estructural para la Norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR. En: Comisión Nacional Asesora para la Investigación en Gestión del Riesgo de Desastres (CNAIGRD) (Eds.). *Investigaciones en gestión del riesgo de desastres para Colombia. Avances, perspectivas y casos de estudio*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. Bogotá. <http://hdl.handle.net/20.500.11762/32470>



Boulkedid, R., Abdoul, H., Loustau, M., Sibony, O., & Alberti, C. (2011). Using and reporting the Delphi method for selecting healthcare quality indicators: a systematic review. *PLoS One*, 6(6), e20476. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020476>

Cardona, O.D., Wilches-Chaux, G., García, X., Mansilla, E., Ramirez, F. & Marulanda, M.C. (2004). *Estudio sobre desastres ocurridos en Colombia: Estimación de pérdidas y cuantificación de costos*. Reporte, Departamento Nacional de Planeación, ACCI, Banco Mundial, Bogotá, D.C.

CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). (2022). *2021 Disasters in numbers*. Brussels. [https://cred.be/sites/default/files/2021\\_EMDAT\\_report.pdf](https://cred.be/sites/default/files/2021_EMDAT_report.pdf)

Chand, S.S., Walsh, K.J.E., Camargo, S.J., et al. (2022). Declining tropical cyclone frequency under global warming. *Nature Climate Change*, 12, 655–661. <https://doi.org/10.1038/s41558-022-01388-4>

Creswell J.W. & Creswell, J.D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Fifth edition. SAGE Publications.

Cruz, A.M., Aoki, S., Suárez Paba, M.C., Durán Abella, J.S., Romero-Torres, M (Eds). (2022). *Memorias: sexto Simposio Internacional de accidentes tecnológicos desencadenados por eventos de origen natural: una mirada global a la gestión del riesgo Natech*. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. <http://hdl.handle.net/20.500.11762/39100>

DNP (Departamento Nacional de Planeación). (2019). *Índice Municipal de Riesgo de Desastres Ajustado por Capacidades*. Bogotá D.C., Colombia. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/IndicemunicipalRiesgos.pdf>

DNP (Departamento Nacional de Planeación). (2021). *Documento CONPES 4058. Política pública para reducir las condiciones de riesgo de desastres y adaptarse a los fenómenos de variabilidad climática*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4058.pdf>

Formetta, G. & Feyen, L. (2019). Empirical evidence of declining global vulnerability to climate-related hazards. *Global Environmental Change*, 57, 101920. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.05.004>

Gall, M., Nguyen, K.H., & Cutter, S.L. (2015). Integrated research on disaster risk: Is it really integrated? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 12, 255–267.

Garcia-Delgado, H., Petley, D.N., Bermúdez, M.A., et al. (2022). Fatal landslides in Colombia (from historical times to 2020) and their socio-economic impacts. *Landslides* 19, 1689–1716. <https://doi.org/10.1007/s10346-022-01870-2>

Harbitz, C.B., Løvholt, F., & Bungum, H. (2014). Submarine landslide tsunamis: how extreme and how likely?. *Natural Hazards*, 72(3), 1341–1374. <https://doi.org/10.1007/s11069-013-0681-3>

Hasson, F., Keeney, S., & McKenna, H. (2000). Research guidelines for the Delphi survey technique. *Journal of Advanced Nursing*, 32(4), 1008–1015. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2000.t01-1-01567.x>

Hoyos, M.C., & Hernandez, A.F. (2022). Seismic Risk Assessment of Multiple Cities: Biases in the Vulnerability Derivation Methods for Urban Areas With Different Hazard Levels. *Frontiers in Earth Science*, 10, 1213. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.910118>

ISC (International Council for Science).(2008). *A Science Plan for Integrated Research on Disaster Risk: Addressing the challenge of natural and human-induced environmental hazards*. <https://council.science/publications/a-science-plan-for-integrated-research-on-disaster-risk/>



ISC (International Council for Science), United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), & Integrated Research on Disaster Risk (IRDR). (2021). *A Framework for Global Science in support of Risk Informed Sustainable Development and Planetary Health*. Eds: Handmer, John; Vogel, Coleen; Payne, Ben; Stevance, Anne-Sophie; Kirsch-Wood, Jenty; Boyland, Michael; Han, Qunli; Lian, Fang. Paris, France, International Science Council; Geneva, Switzerland, United Nations Office for Disaster Risk Reduction; Beijing, China, Integrated Research on Disaster Risk. <https://doi.org/10.24948/2021.07>

Integrated Research on Disaster Risk (IRDR). (2021). *IRDR Compilation: A ten-year science quest for disaster risk reduction*. <https://doi.org/10.24948/2021.02>

Kreibich, H., Van Loon, A.F., Schröter, K., et al. The challenge of unprecedented floods and droughts in risk management. *Nature* 608, 80–86 (2022). <https://doi.org/10.1038/s41586-022-04917-5>

Kossin, J.P., Knapp, K.R., Olander, T. L., & Velden, C.S. (2020). Global increase in major tropical cyclone exceedance probability over the past four decades. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 117(22), 11975–11980. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1920849117>

Lakatos, I. (1978). *La metodología de los programas de investigación científica*. John Worall y Gregory Curries (Eds). Alianza editorial.

Mann, M.E., & Emanuel, K.A. (2006), Atlantic hurricane trends linked to climate change, *Eos Trans. AGU*, 87(24), 233–241, <https://doi.org/10.1029/2006EO240001>

Martino, J.P. (1976). The Delphi method: Techniques and applications. *Technological Forecasting and Social Change*, 8(4), 441–442. [https://doi.org/10.1016/0040-1625\(76\)90035-4](https://doi.org/10.1016/0040-1625(76)90035-4)

Meza Elizalde, M.C., González Delgado, T. M. & Armenteras Pascual, D. (2019). *Propuesta para el manejo integral del fuego en Colombia*. USAID, University of Colorado Boulder, Universidad Nacional de Colombia

Ortiz, J.C. & Conde, M. (2022). El huracán que pasó sobre la Isla de San Andrés en 1911. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 46(180), 795-806. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1743>

Powell, C. (2003). The Delphi technique: myths and realities. *Journal of Advanced Nursing*, 41(4), 376–382. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2648.2003.02537.x>

Rangel-Buitrago, N., 2020. Are we managing in the right way the coastal erosion along the Caribbean coast of Colombia? In: Malvárez, G. and Navas, F. (eds.), Global Coastal Issues of 2020. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 95, pp. 930–934. <https://doi.org/10.2112/SI95-181.1>

Rey, W., Ruiz-Salcines, P., Salles, P., Urbano-Latorre, C.P., Escobar-Olaya, G., Osorio, A.F., Ramírez J.P., Cabarcas-Mier, A., Jigena-Antelo, B., Appendini, C.M. (2021). Hurricane Flood Hazard Assessment for the Archipelago of San Andres, Providencia and Santa Catalina, Colombia. *Frontiers in Marine Science*, 8, (766258), 1–18. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.766258>

Ruiz Rodgers, N., Carvajal C., Salguero, L.B., Cruz, M., Watson Murcia, T., Ramírez León, S., Solano Pita, A., Fog Corradine, L. (2020) *Plan Estratégico Nacional de Investigación Ambiental (PENIA) 2021–2030*. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá D.C.: Colombia. <https://bit.ly/3G5RYkv>

SGC (Servicio Geológico Colombiano). (2022). *Plan estratégico del conocimiento geocientífico del territorio colombiano 2022-2032*. <https://bit.ly/3HQzVA0>

Suarez-Paba, M.C., Cruz, A.M., & Muñoz, F. (2020). Emerging Natech risk management in Colombia: A survey of governmental organizations. *Safety Science*, 128. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2020.104777>



UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. [https://www.unisdr.org/files/43291\\_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf](https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf)

UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) & CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters). (2020). *The human cost of disasters: an overview of the last 20 years (2000-2019)*. <https://www.undrr.org/publication/human-cost-disasters-overview-last-20-years-2000-2019>

UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction). (2021). *Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe*. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR). <https://www.undrr.org/es/publication/undrr-roamc-informe-de-evaluacion-regional-sobre-el-riesgo-de-desastres-en-america>

UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) (2022). *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2022: Our World at Risk: Transforming Governance for a Resilient Future*. Geneva. <https://www.undrr.org/publication/global-assessment-report-disaster-risk-reduction-2022>

UNGRD (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres), Cardona, O.D., Bernal G.G., Marulanda Fraume, P., Villegas R.C., González C.D., Marulanda Fraume, M.C. (2018a). *Atlas de riesgo de Colombia: revelando los desastres latentes*. <http://hdl.handle.net/20.500.11762/27179>

UNGRD (Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres) (Ed.). (2018b). *Impactos de los eventos recurrentes y sus causas en Colombia*. Bogotá D.C. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. <https://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/27229>

Valdés Carrera, A.C., Mendoza, M.E., Allende, T.C., & Macías, J. L. (2021). *A review of recent studies on landslide hazard in Latin America*. <https://doi.org/10.1080/02723646.2021.1978372>

Vargas-Alzate, Y.F., Hurtado, J.E. & Pujades, L.G. (2022). New insights into the relationship between seismic intensity measures and nonlinear structural response. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 20, 2329–2365. <https://doi.org/10.1007/s10518-021-01283-x>

Van Ginkel, K.C.H., Botzen, W.J.W., Haasnoot, M., Bachner, G., Steininger, K.W., Hinkel, J., ... Bosello, F. (2020). Climate change induced socio-economic tipping points: review and stakeholder consultation for policy relevant research. *Environmental Research Letters*, 15(2), 023001. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/AB6395>

von der Gracht, H.A. (2012). Consensus measurement in Delphi studies. *Technological Forecasting and Social Change*, 79(8), 1525–1536. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2012.04.013>





Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres

