

Educación para la gestión del riesgo por descargas eléctricas atmosféricas en Colombia

Educación para la gestión del riesgo por descargas eléctricas atmosféricas en Colombia

Daniel Esteban Villamil, Francisco Santamaría, Wilson Díaz Gamba





© Universidad Distrital Francisco José de Caldas
© Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico
© Facultad de Ingeniería
© Daniel Esteban Villamil, Francisco Santamaría, Wilson Díaz Gamba

ISBN: 978-958-787-303-0
Primera edición, octubre de 2021

UD
Editorial



Dirección Sección de Publicaciones
Rubén Eliécer Carvajalino C.

Coordinación editorial
Edwin Pardo Salazar

Corrección de estilo
Proceditor

Diagramación
Sonia Lucía Güiza Ariza

Editorial UD
Universidad Distrital Francisco José de Caldas
Carrera 24 N.º 34-37
Teléfono: 3239300 ext. 6202
Correo electrónico: publicaciones@udistrital.edu.co

Catalogación en la publicación – Biblioteca Nacional de Colombia

Villamil, Daniel Esteban
Educación para la gestión del riesgo por descargas eléctricas atmosféricas en Colombia / Daniel Esteban Villamil, Francisco Santamaría, Wilson Díaz Gamba. -- 1a ed. -- Bogotá : Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2021.
pp. 154 -- (Colección tierra y vida)

ISBN 978-958-787-303-0

1. Rayos atmosféricos - Evaluación de riesgos - Colombia 2.
Descargas eléctricas a través de rayos atmosféricos - Protección 1.
Santamaría, Francisco II. Díaz Gamba, Wilson III. Título IV. Serie

CDD: 333.9117 ed. 23

CO-BoBN- a1082946

Todos los derechos reservados.

Esta obra no puede ser reproducida sin el permiso previo escrito de la
Sección de Publicaciones de la Universidad Distrital.
Hecho en Colombia

Contenido

Prólogo	11
Acrónimos y abreviaturas	15
Introducción	17
Diseño del instrumento de evaluación	20
Aplicación del instrumento	21
Capítulo 1.	25
Las descargas eléctricas atmosféricas y sus riesgos	27
Conceptualización de las descargas eléctricas atmosféricas	27
Descargas eléctricas a tierra	28
Parámetros típicos de las descargas a tierra negativas	29
Parámetros de incidencia de las descargas a tierra	31
Mecanismos de lesión por rayos	37
Descripción de los mecanismos de lesión por rayos	37
Reportes de cada mecanismo de lesión	39
Escenarios de riesgo por rayos	41
Muertes por rayos en el mundo	41
Muertes por rayos en Colombia	45
Análisis de escenarios de riesgo en Colombia	52
Población escolar	53
Deportes y recreación	53
Campamentos y parques	54
Equipos de rescate	54

Población rural y agricultores	55
Población urbana y semiurbana	56
Fuerzas militares	56
Animales domésticos	57
Consideraciones finales sobre los escenarios de riesgo con lesiones por rayos en Colombia	57

Capítulo 2. 59

Caracterización y análisis de los programas y recursos de educación en prevención contra descargas eléctricas atmosféricas 61

Contextualización de los programas de educación en prevención contra rayos	61
Componentes de los programas e iniciativas en prevención contra rayos	64
Metodologías educativas por población	72
Indicadores de impacto de los programas integrales en la prevención contra DEAT	74
Reducción en las tasas de mortalidad por rayos	74
Incremento en el número de centros de estudio en prevención contra rayos	75
Incremento en el número de publicaciones asociadas a la prevención contra rayos	76
Recopilación de información primaria como insumo para la prevención contra rayos en el contexto rural	78
Aplicación del instrumento de recolección de información primaria	79
Análisis de la información primaria	81
Insumos obtenidos a partir de la información primaria	91

Capítulo 3. 93

Hacia una política para la prevención contra rayos en Colombia 95

El concepto de desastre y su clasificación	95
--	----

La gestión del riesgo de desastres	98
Políticas públicas en prevención de desastres	101
Normatividad en prevención de desastres en Colombia	104
Necesidades para afrontar el riesgo y fortalecer estrategias de prevención en Colombia	106
Educación en prevención de desastres en Colombia	109
Avances en la prevención y gestión de desastres	110
Estrategias y acciones territoriales para la prevención y gestión de desastres	111
Obstáculos en el camino hacia la gestión del riesgo por rayos	113
Un paso hacia la construcción de una política pública para la prevención contra rayos en Colombia	115
Inclusión del riesgo por rayos en el Comité de Conocimiento del Riesgo de la UNGRD	116
Incorporación de las descargas eléctricas atmosféricas en la aplicación móvil sobre el cambio climático y el sitio web de conciencia ante el riesgo de la UNGRD	116
Creación de una historieta sobre la prevención contra rayos	117
Implementación de anuncios radiales sobre prevención contra rayos	117
Desarrollo de un documental sobre prevención contra rayos para la población rural colombiana	117
Consideraciones finales	117
Referencias	119
Apéndice 1. Lista de expertos en descargas eléctricas atmosféricas	129
Apéndice 2. Reportes de prensa sobre incidentes por rayos ocurridos en Colombia	133
Autores	153

Prólogo

En su definición básica la gestión del riesgo de desastres consiste en identificar, analizar y dar respuesta a los factores que ponen en peligro la vida y seguridad de las comunidades. De esta forma, una adecuada gestión trae consigo el conocimiento detallado del riesgo, su mitigación (en la medida de lo posible) y las acciones que deben seguirse para manejar o controlar el efecto nocivo de futuros eventos que pueden provocar catástrofes.

En este contexto, Colombia, por estar ubicada en la zona tropical del planeta, tener frontera con dos mares, poseer un complejo arreglo de cordilleras y ser un país en vía de desarrollo, se encuentra expuesta a diversas condiciones climáticas, geológicas y ambientales que pueden originar lluvias intensas, largas sequías, deslizamientos, avalanchas, inundaciones, erupciones volcánicas, terremotos y tsunamis, entre otros. Estas posibles causas de desastres han sido estudiadas y analizadas por más de cinco décadas, lo que ha permitido al país estructurar planes nacionales, departamentales y regionales para la gestión del riesgo.

Dentro de esta identificación de los escenarios de riesgo, las descargas eléctricas atmosféricas (rayos) son un fenómeno natural, generalmente asociado a las temporadas de lluvias, con la capacidad de generar afectaciones importantes a la comunidad, tales como muertes y lesiones en personas y animales, incendios, fallas de sistemas eléctricos y daños en equipos, entre otros. Sin embargo, en Colombia aún no se han desarrollado estudios integrales para determinar sus factores de riesgo, la manera de reducir dichos factores y el desarrollo de mecanismos dirigidos a modificar o disminuir las condiciones de riesgo existentes. Esto es más relevante si se tiene en cuenta que el país posee tres de las regiones con mayor actividad de rayos en el mundo, a saber: Cáceres (Antioquia), El Tarra (Norte de Santander) y Norcasia (Caldas).

A partir del estudio, medición, caracterización y entendimiento de los rayos, en las últimas décadas se han planteado diversas iniciativas y programas encaminados a la prevención y reducción del riesgo por rayos a lo largo y ancho del planeta. Dichas iniciativas, basadas en instrucciones, recomendaciones, reglas

generales y normas, han proporcionado información básica para la población en general e información avanzada para técnicos, profesionales y para la comunidad científica. Todo esto con el fin de prevenir lesiones y muertes por rayos en personas, mejorar la protección de equipos e instalaciones y aumentar la confiabilidad de sistemas eléctricos y de comunicaciones.

No obstante, a pesar de la cantidad de información y la variedad de planes e iniciativas de prevención en las regiones tropicales y subtropicales del planeta, en la actualidad se registran elevadas tasas anuales de mortalidad por rayos. De hecho, según estudios realizados durante la última década en Colombia, cada año se reportan de manera oficial en promedio entre 1,5 y 2 muertes por cada millón de habitantes, aunque en departamentos como Vichada, Vaupés y Guainía esta tasa supera las cinco muertes por millón.

Este indicador hace necesario el desarrollo y la puesta en práctica de protocolos y guías, sumado a la integración de diversos mecanismos de difusión que permitan un adecuado manejo de la información, la promoción de estrategias pedagógicas y una manera simple de llegar a la comunidad, con el propósito de gestionar, reducir o mitigar el riesgo por rayos.

En este sentido, este libro, resultado de una investigación transversal realizada por más de cinco años, expresa el propósito de sus autores de impulsar una política de educación pública en Colombia, que esté orientada hacia la prevención del riesgo por rayos, a partir de la integración de una visión social e ingenieril. De esta manera, no solo se involucran las recomendaciones y los criterios técnicos asociados a la protección contra rayos, sino que también se aborda el contexto propio de la sociedad colombiana y su multiculturalidad, la cual es definida en buena medida por las condiciones climáticas, geográficas y económicas de cada región.

Es importante para el lector tener en cuenta que este libro no propone una estrategia única de reducción del riesgo por rayos, sino una metodología para hacer educación y así mitigar el riesgo por este fenómeno natural. A lo largo del documento, los autores se han tomado el trabajo de sintetizar y explicar de manera clara, desde una perspectiva pedagógica y educativa, las metodologías más usadas alrededor del mundo en lo que se refiere a la prevención del riesgo por descargas eléctricas atmosféricas. Esta revisión y una encuesta simple pero efectiva, aplicada a expertos en dicha problemática, son el insumo para identificar los medios de difusión más efectivos para la promoción y capacitación de la prevención contra rayos en la población rural de Colombia que, según las estadísticas del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), es la población más afectada por la ocurrencia de este fenómeno electromagnético.

De esta forma, el libro que tiene en sus manos no solo presenta los resultados de la investigación y la opinión de sus autores, sino también la opinión de un grupo compuesto por más de sesenta científicos e investigadores de diversas regiones del mundo (África, América, Asia y Europa) con amplio conocimiento y experiencia en el estudio de rayos y el riesgo que estos representan. Este grupo significativo de investigadores toma aún más relevancia si se tiene en cuenta que algunos de ellos han trabajado y aunado esfuerzos durante más de cuarenta años para identificar y mitigar el efecto que los rayos pueden ocasionar sobre diversas poblaciones, con especial atención en aquellos asentamientos más expuestos y con menores recursos económicos para modificar las condiciones de riesgo existentes.

Invito al lector a que aborde el documento con la tranquilidad de confesarse no conocedor del tema de rayos, sus efectos y, sobre todo, de sus características físicas y eléctricas. Dentro del libro podrá encontrar una síntesis básica sobre el fenómeno del rayo que incluye una descripción de su proceso de formación y sus parámetros más relevantes (de ocurrencia e incidencia). De esta forma, en los capítulos posteriores podrá comprender de mejor manera la metodología empleada y los resultados obtenidos de la investigación orientada a identificar mecanismos efectivos para la educación y la gestión de riesgo por rayos en Colombia.

Agradezco a los autores por su invitación para escribir este prólogo y por recibir de la mejor manera algunos comentarios y sugerencias en pro de mejorar su contenido. Asimismo, los felicito por abordar una temática tan compleja y poco estudiada en el país. Finalmente, a través de este libro convoco a la comunidad en general a que se vincule a los programas asociados con el estudio, la educación y la mitigación del riesgo por rayos, toda vez que esta es una problemática que nos atañe a todos. Los rayos no distinguen género, profesión, posición social o capacidad económica, y sin importar nuestro lugar de residencia o el sitio de nuestra actividad económica (ciudad, pueblo, aldea, villa o caserío), a diferencia de otros fenómenos naturales, siempre estaremos expuestos a su comportamiento aleatorio, su peligrosidad y su gran poder destructivo.

Prof. Dr. Ing. Herbert Enrique Rojas Cubides

Profesor asociado - tiempo completo

Universidad Distrital Francisco José de Caldas

Bogotá D. C., Colombia, abril del 2021

Acrónimos y abreviaturas

- ACLENet: African Centres for Lightning and Electromagnetics Network
- CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe
- DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística
- DDT: Densidad de Descargas a Tierra
- DEAT: Descargas Eléctricas Atmosféricas
- DIPSE: Dirección de Preservación de la Integridad y Seguridad del Ejército Colombiano
- EMI: Electromagnetic Interference
- GRD: Gestión del Riesgo de Desastres
- GRDEAT: Gestión del Riesgo por Descargas Eléctricas Atmosféricas
- ICLP: International Conference on Lightning Protection
- ICMLCF: Instituto Colombiano de Medicina Legal y Ciencias Forenses
- ICONTEC: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación
- IEC: International Electrothechnical Comission
- IMC: International Meteorology Committee
- LA RED: La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina
- LSR: Lightning Safety Rules
- LSW: Lightning Safety Week
- NBI: Necesidades Básicas Insatisfechas
- NC: Nivel Cerámico
- NFPA: National Fire Protection Association
- NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration
- NTC: Norma Técnica Colombiana
- NWS: National Weather Service

- OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
- PGN: Procuraduría General de la Nación
- PNGRD: Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
- RRD: Reducción del Riesgo de Desastres
- SALAP: South Asian Lightning Awareness Program
- SAT: Sistema de Alerta de Tormentas
- SIPRA: Sistema Integral de Protección Contra Rayos
- SNGRD: Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres
- SNPAD: Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres
- UNESCO: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
- UNGRD: Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres
- UNDRR: United Nations Office for Disaster Risk Reduction (antes UNISDR)
- WBG: World Bank Group

Introducción

Las descargas eléctricas atmosféricas (DEAT) han sido objeto destacado de investigación entre los físicos y los ingenieros electricistas de todo el mundo, además de ser también abordadas en algunos campos de la geografía, la meteorología y las ciencias de la salud. Numerosas investigaciones han sido llevadas a cabo con el propósito de comprender la física del rayo, así como para hallar la forma de obtener protección contra sus efectos negativos. Estos estudios se han enfocado principalmente en desarrollar e implementar métodos que proporcionen seguridad contra la interferencia electromagnética (EMI) debida a los rayos, interferencia tipo conducida e interferencia tipo radiada, la cual puede afectar a seres vivos, dispositivos y estructuras.

Varios años de trabajo realizado por comités técnicos alrededor del mundo han producido normas técnicas integrales donde el conocimiento sobre las DEAT está disponible, ya que presentan términos, definiciones y metodologías relacionadas con la protección contra rayos y la predicción de tormentas eléctricas. Las directrices de la protección son dadas por la norma europea IEC 62305 *Protection Against Lightning* de la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y por la norma norteamericana NFPA 780 *Standard for the Installation of Lightning Protection Systems* de la Asociación Nacional de la Protección contra el Fuego (NFPA), en las cuales la instalación de sistemas de protección contra rayos es el tema central. Por su parte, la norma IEC 62793 *Protection Against Lightning - Thunderstorm Warning Systems*, cuya primera edición fue publicada en el 2016, describe las características de los sistemas de alerta que realizan el monitoreo en tiempo real de las tormentas eléctricas y sus posibles aplicaciones para la prevención del riesgo derivado de ellas. Un sistema de alerta de tormentas (SAT) es definido como un

sistema compuesto por detectores de tormentas eléctricas capaces de monitorear la actividad de la tormenta en el área de monitoreo y medios para procesar los datos adquiridos para proporcionar una alarma (alerta) válida relacionada con los eventos relacionados con rayos para un área objetivo definida. (IEC, 2016, p. 12)

En tal sentido, existe toda una tendencia en la que países y organismos desarrollan códigos y normas de protección contra rayos. En el caso de Colombia, la norma técnica colombiana NTC 4552 *Protección contra Descargas Eléctricas Atmosféricas (Rayos)* ha servido de guía en relación con los criterios para el diseño, la instalación y el mantenimiento de medidas de protección contra rayos desde su primera edición en el 2004. Esta norma incorpora los principios de la norma IEC 62305 y además toma en cuenta los parámetros de los rayos que son específicos para la zona tropical donde Colombia se encuentra localizada (Sánchez *et al.*, 2014), por lo que es la actual hoja de ruta para aquellos que promueven la protección contra rayos en el país.

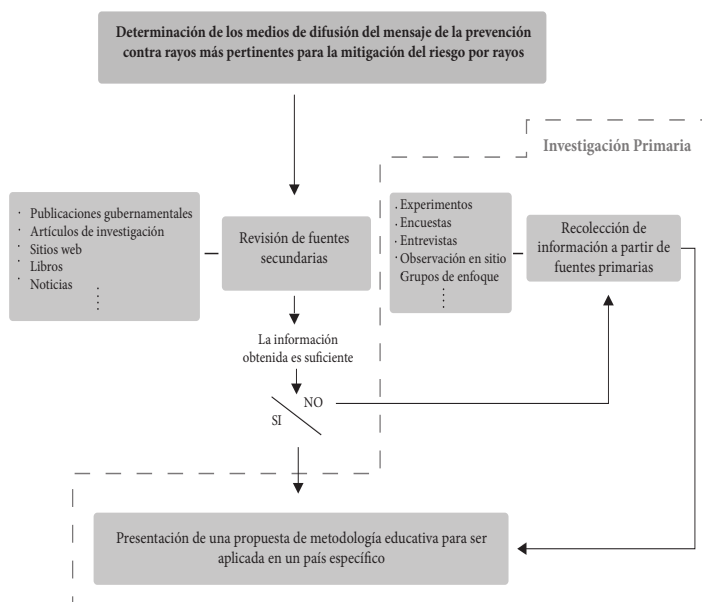
Si bien estas normas establecen pautas para la protección contra rayos de edificios y otros tipos de estructuras, es una realidad que ninguna ofrece orientación para la protección de las personas que viven en las zonas rurales. Los habitantes de estas zonas están especialmente expuestos a ser afectados por los rayos debido a factores cotidianos, tales como el trabajo intensivo en agricultura en campos abiertos, las grandes distancias que existen de un lugar a otro y la falta de información meteorológica actualizada sobre tormentas eléctricas y de respuesta inmediata ante emergencias (Gomes y Ab Kadir, 2011). En estas zonas, también se evidencia que uno de los factores más importantes en la protección contra rayos es la falta de áreas seguras contra estos fenómenos atmosféricos, lo que incluye edificaciones seguras; es decir, aquellas que cuentan con plomería metálica y cableado eléctrico a través de sus muros, y vehículos metálicos no descapotados (Gomes *et al.*, 2012). Por estas razones, en los años recientes la investigación en seguridad contra rayos para las poblaciones rurales ha sido orientada frecuentemente hacia los aspectos sociodemográficos, con el fin de encontrar nuevas formas de ayudar a las personas desde la perspectiva de las ciencias sociales (Aini *et al.*, 2014; Elistina *et al.*, 2014; Holle, 2012; Nicora *et al.*, 2016; Trengove y Jandrell, 2011, 2015).

Más de dos décadas de investigación en procura de unir los estudios sociales con la protección contra rayos han llevado a los investigadores a concluir que la puesta en marcha de programas adecuados de educación pública en prevención contra rayos para todas las personas, dentro de sus propios contextos, es la clave para mitigar el riesgo asociado a los rayos, especialmente en los casos en que no exista la posibilidad de aplicar los estándares técnicos de protección (Cooper y Holle, 2005, 2012; Gomes *et al.*, 2006; Gomes y Gomes, 2014; Jayaratne y Gomes, 2012; Mary y Gomes, 2014; Villamil *et al.*, 2015).

En este sentido, *Educación para la gestión del riesgo por descargas eléctricas atmosféricas en Colombia* es el resultado del interés académico por estudiar los programas de educación para la prevención que han sido implementados para difundir el mensaje de la prevención contra rayos entre personas de diferentes países. Los resultados de este estudio pretenden ser la base para idear una

propuesta de metodología educativa en prevención contra rayos que tenga en cuenta las características particulares y las necesidades específicas de Colombia, en relación con el peligro que representan los rayos, para así dar lugar a la puesta en marcha de programas de educación, de manera especial en áreas donde las personas tienen mayor riesgo de sufrir un desastre (Cruz *et al.*, 2013; Holle, 2015; Navarrete *et al.*, 2014). Con el fin de dar inicio a la creación de una política pública para la gestión del riesgo por DEAT que tenga a la educación en prevención como protagonista (Villamil, *et al.*, 2016), la figura 1 presenta el diagrama de flujo de la estrategia metodológica empleada por los autores para el diseño de un instrumento de recopilación de información que permita determinar cuáles pueden ser los medios de comunicación más pertinentes para la difusión del mensaje de la prevención del riesgo por rayos en zonas rurales.

Figura 1. Diagrama de flujo de la metodología de investigación



Fuente: elaboración propia.

La metodología comienza con la revisión de fuentes de información secundaria¹ relacionada con la aplicación de la prevención contra rayos en el contexto rural. Posteriormente, los resultados obtenidos de esta búsqueda son evaluados para saber si son suficientes para alcanzar el objetivo final; si no es así, el siguiente

1 Información que ya ha sido recopilada y está disponible en otras fuentes.

paso es realizar la recopilación de información a partir de alguna fuente de información primaria.²

Respecto a la recopilación de información secundaria, se tomaron como referente tanto fuentes publicadas o divulgadas como no publicadas. Ejemplos de fuentes divulgadas son las publicaciones gubernamentales, publicaciones internacionales, publicaciones semioficiales, reportes de comités y comisiones, sitios web, noticias de los medios de comunicación públicos, y publicaciones privadas como revistas, libros, periódicos y artículos de investigación. Por otra parte, “en algunos casos se recopila información, pero ésta no se publica. Por ejemplo, algunos investigadores de institutos y universidades, asociaciones comerciales y centros laborales que recolectan información, pero nunca la publican” (Sharma *et al.*, 2009, p. 24).

Con respecto a la recopilación de información en fuentes primarias, se tuvo en cuenta la aplicación de estrategias de investigación cuasiexperimentales, desde el establecimiento de las causales y correlaciones del fenómeno social involucrado en los casos de lesiones por rayos. Para ello, se aplicó un cuestionario estructurado con el fin de capturar información de forma rápida y eficaz a partir de un muestreo por conveniencia (Hox y Boeije, 2005). En referencia a la encuesta aplicada, la población objetivo fue un grupo de expertos mundiales en descargas eléctricas atmosféricas, en tanto que ellos poseen información confiable y actualizada sobre el tema, lo que establece una validación con base en la técnica de juicio de expertos.³

Diseño del instrumento de evaluación

La encuesta diseñada para la recopilación de información primaria se estructuró con dos preguntas de identificación (nombre y país de nacimiento) y dos preguntas en relación con diferentes medios de difusión que podrían utilizarse para la propagación del mensaje de la prevención contra rayos en contextos rurales. La primera pregunta buscó evaluar la pertinencia de una serie de quince medios de difusión seleccionados a partir de la información secundaria revisada. En este sentido, el grado de pertinencia de cada uno de ellos fue

2 Información original recolectada para un objetivo de información específico.

3 “El concepto del juicio de expertos se fundamenta en confiar en individuos o grupos de personas que tengan capacitación, conocimiento especializado o habilidades en las áreas a evaluar. Estas personas pueden ser partes interesadas, consultores, otros expertos en la organización u organizaciones técnicas o profesionales” (Heldman, 2015, p. 69).

evaluado a través de una escala diferencial semántica⁴ compuesta por cuatro opciones: no pertinente, poco pertinente, pertinente y muy pertinente.

Por su parte, la segunda pregunta tuvo por objetivo recolectar sugerencias e ideas a partir de la opinión de los expertos que sirvieran como elementos adicionales para ser incluidos en un programa de educación en prevención contra rayos para la población localizada en zonas rurales. Es importante señalar que las dos preguntas de la encuesta consultaron el juicio de los expertos sobre la prevención para la población rural en general, sin especificar ningún país en particular. El formato completo de la encuesta es presentado en la figura 2.

Aplicación del instrumento

Con el fin de tener la oportunidad de establecer contacto con expertos mundiales en descargas eléctricas atmosféricas, los autores participaron en la Trigésimo tercera conferencia internacional en protección contra rayos (ICLP 2016⁵), evento al que asistieron 296 delegados de 41 países. Con un tamaño de población de casi 300 expertos, la cantidad de encuestados necesaria para obtener resultados estadísticamente significativos se calculó utilizando la ecuación (i)⁶ y se sumió una probabilidad de éxito con valor de 0,95⁷ y unos valores típicos para el nivel de confianza del 95 % (constante asociada $k = 1,96$) y un

-
- 4 “[...] en una escala diferencial semántica, se les pide a los participantes que formulen juicios sobre palabras o frases que describen personas, sucesos, actividades o materiales [...] La escala generalmente se configura de modo que las respuestas positiva y negativa se ubiquen en cada extremo de la escala con su respectiva frecuencia de respuesta [...] Una ventaja del uso de escalas diferenciales semánticas es que las respuestas pueden ser dadas rápidamente porque se requiere poca lectura” (Lodico *et al.*, 2006, p. 108).
 - 5 Llevada a cabo en Estoril, Portugal, del 25 al 30 de septiembre del 2016. El tema “prevención contra rayos, medicina y educación” tuvo su propia sesión técnica, en la cual fueron presentados los resultados de investigación más recientes en este campo, incluyendo un artículo realizado por los autores y cuyo autor principal fue galardonado con el YSA (Premio al Joven Científico Young Scientist Award). La información detallada sobre la conferencia se encuentra disponible en www.iclp-centre.org y www.ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=7781519. Con una trayectoria de más de 60 años, ICLP es el evento más destacado del mundo en el tema de descargas eléctricas atmosféricas.
 - 6 Fórmula para determinar el tamaño de una muestra publicada por la división de investigación de la Asociación Nacional de Educación de Estados Unidos (NEA) en el artículo *Small Sample Techniques*, y utilizada por Krejcie y Morgan en el artículo *Determining Sample Size for Research activities* (Krejcie y Morgan, 1970).
 - 7 Este valor fue asumido debido a que todos los individuos que conformaban el conjunto de la población poseían la característica de estudio.

margen de error del 5 %. A partir de la ecuación (i) se determinó que el tamaño de la muestra requerido para el estudio era de 59 individuos.

$$n = \frac{k^2 * N * P * (1 - P)}{(e^2 * (N - 1)) + (K^2 * P * (1 - P))} \quad (i)$$

Donde:

n = tamaño de la muestra


k = constante asociada con el nivel de confianza

N = tamaño de la población


P = probabilidad de éxito

e = margen de error

Figura 2. Encuesta diseñada para la recolección de información primaria



Universidad Distrital
Francisco José de Caldas
Bogotá, Colombia



NOMBRE:

PAÍS DE NACIMIENTO:

1. Con el objetivo de diseñar e implementar una metodología de educación en prevención contra rayos para la población rural, ¿cómo clasifica los siguientes medios de difusión para difundir de manera efectiva la información para la prevención dentro de esta población?

MEDIOS DE DIFUSIÓN	GRADO DE PERTINENCIA			
	No <i>pertinente</i>	Poco <i>pertinente</i>	Pertinente	Muy <i>pertinente</i>
Sitios Web	0	0	0	0
Aplicaciones Móviles	0	0	0	0
Seminarios	0	0	0	0
Talleres	0	0	0	0
Folleto	0	0	0	0
Historietas	0	0	0	0
Juegos	0	0	0	0
Videos	0	0	0	0
Difusión por Televisión	0	0	0	0
Difusión por Radio	0	0	0	0
Artículos Académicos	0	0	0	0
Libros	0	0	0	0
Documentales	0	0	0	0
Obsequios Alusivos	0	0	0	0
Centros de Investigación	0	0	0	0

2. Teniendo en cuenta su experticia en el campo de la investigación sobre descargas eléctricas atmosféricas, ¿qué otro medio de difusión considera pertinente incluir en un programa de educación en prevención contra rayos para la población rural?

[GRACIAS POR PARTICIPAR]

Fuente: elaboración propia.

Un total de 65 expertos en descargas eléctricas atmosféricas de 27 países, de los cuales once tienen todo o parte de su territorio dentro de la zona intertropical del planeta, respondieron la encuesta (ver apéndice 1). Dentro del grupo en mención, 72 fueron autores o coautores de los artículos presentados en ICLP 2016, y tres de ellos fueron participantes en ediciones previas. Treinta aceptaron llenar la encuesta personalmente y el resto vía correo electrónico. Todos ellos mostraron gran disposición para participar en el estudio.

Después de completar el proceso de recopilación de información, esta fue analizada con el fin de realizar la presentación de una propuesta de estrategia educativa que permita incidir en las acciones y conductas en torno a la gestión y prevención del riesgo contra descargas eléctricas atmosféricas por parte de la población rural.

Este texto consta de tres capítulos que abarcan diferentes temáticas relacionadas con los riesgos que representan los rayos para Colombia y la educación como elemento fundamental en la prevención de estos, por lo mismo sigue una línea de desarrollo que desemboca en el tema de políticas públicas para la gestión del riesgo. El contenido del libro se resume de la siguiente manera:

El capítulo uno proporciona una contextualización de las descargas eléctricas atmosféricas y su riesgo asociado, donde se presentan los parámetros básicos de los rayos y sus mecanismos de afectación. Adicionalmente, se muestran los datos actualizados de mortalidad por rayos en Colombia junto con una descripción de escenarios comunes de riesgo a partir de reportes de noticias de lesiones y decesos.

Por su parte, el capítulo dos aborda la caracterización y el análisis de los programas y recursos de educación en prevención contra descargas eléctricas atmosféricas. Para ello se presentan los elementos pertenecientes a los programas integrales de educación en prevención contra rayos que han sido implementados en el mundo, así como los componentes de algunas de las iniciativas aisladas en el tema. Los componentes de los programas son identificados y sus indicadores analizados. Asimismo, se detallan los resultados de la aplicación del instrumento implementado para determinar los medios de difusión más pertinentes para comunicar el mensaje de la prevención contra rayos a la población rural.

Finalmente, en el capítulo tres, se presenta el fundamento teórico de la gestión del riesgo de desastres y se plantea una recomendación general para la creación de una metodología educativa en prevención contra rayos para la población rural colombiana, la cual pretende ser el primer paso hacia el establecimiento de una política pública para la gestión del riesgo por rayos en Colombia. Para ello, se

consideran los cambios recientes y las nuevas directrices nacionales e internacionales en el campo de la gestión del riesgo de desastres.

El documento que el lector tiene en sus manos es resultado del proyecto de investigación titulado *Evaluación de los programas de educación para la formulación de una política de prevención contra rayos en Colombia*, desarrollado con el apoyo del Centro de Investigaciones y Desarrollo Científico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (CIDC). En este proyecto se enmarcó la necesidad de realizar una valoración de los principales programas de educación en prevención contra rayos que han sido desarrollados en diferentes países, con el fin de comprender las estrategias implementadas en ellos, sus vacíos, sus debilidades y sus fortalezas, esto con el propósito de plantear las bases para una política de prevención contra rayos en Colombia.



Capítulo 1.

Las descargas eléctricas atmosféricas y sus riesgos



Las descargas eléctricas atmosféricas y sus riesgos

A continuación, se presenta una descripción general de las descargas eléctricas atmosféricas, su clasificación y características principales. Se da más atención a las descargas a tierra, pues son estas las que mayor peligro representan para seres vivos e infraestructura. A partir de esta descripción, se analizan los principales mecanismos de lesión por rayos y se presentan las estadísticas disponibles de muertes por rayos en algunos países, incluyendo Colombia, con el fin de proveer una visión general de las tasas de mortalidad anuales asociadas a este fenómeno durante las últimas décadas.

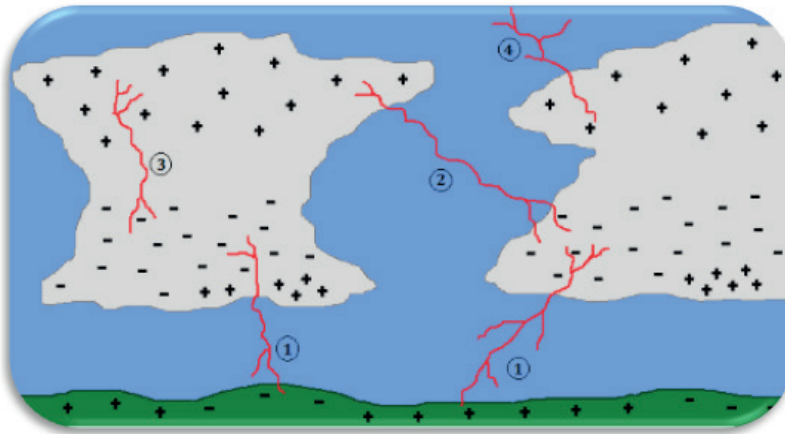
Adicionalmente, se revisan y analizan cien reportes de incidentes por rayos ocurridos en Colombia, haciendo especial énfasis en aspectos asociados con el comportamiento de las personas. Los incidentes son clasificados dentro de ocho grupos poblacionales: población escolar, deportes y recreación, campamentos y parques, equipos de rescate, población rural y agricultura, población urbana y semiurbana, fuerzas militares y animales domésticos. Esta clasificación es el punto de partida para la caracterización de los programas de educación en prevención contra rayos que se abordará en capítulos posteriores.

Conceptualización de las descargas eléctricas atmosféricas

Las descargas eléctricas atmosféricas (DEAT) o rayos son fenómenos naturales transitorios de alta corriente que ocurren en la atmósfera de la Tierra y de otros planetas, cuyas características aún no han sido comprendidas por completo. La mayoría de los rayos son producidos por nubes de tormenta, dentro de las cuales la más común es la cumulonimbus (figura 3). La distribución de la carga eléctrica dentro de una nube es compleja, aunque idealmente la cumulonimbus se puede representar como una estructura con tres niveles de carga (Cooray, 2015), como se observa en la figura 3, en la cual se evidencia una región superior de

carga positiva, la región inferior de carga positiva o bolsa de carga positiva (*positive charge pocket*) y una región inferior de carga negativa.

Figura 3. Tipos de descargas en una nube de tormenta cumulonimbus. 1) rayos nube-tierra; 2) rayos entre nubes; 3) rayos intranube y 4) rayos nube-aire



Fuente: elaboración propia.

Además, la figura 3 muestra los tipos de descargas eléctricas atmosféricas, las cuales se describen con mayor detalle a lo largo del capítulo. Generalmente, debido al camino de la descarga, los rayos se clasifican en: 1) rayos nube-tierra (*cloud to ground*); 2) rayos entre nubes (*cloud to cloud*); 3) rayos intranube (*within cloud*) y 4) rayos nube-aire (*cloud to air*). De este tipo de descargas, el 75 % se presentan dentro de la nube de tormenta o entre nubes; sin embargo, los rayos entre nube y tierra son los que mayor peligro presentan para las personas, animales y estructuras, por consiguiente, son los que mayor interés han despertado en los ámbitos científico y normativo, y entre la población en general (Rakov y Uman, 2003). Este tipo de descargas serán tratadas con mayor detalle a continuación.

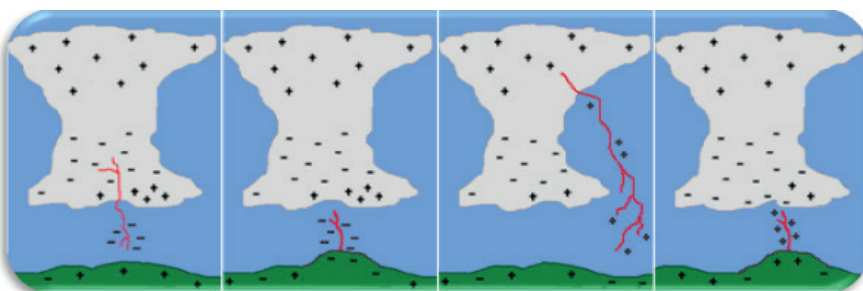
Descargas eléctricas a tierra

Las DEAT que impactan la tierra son cerca del 25 % del total de descargas (Rakov, 2007) y son consecuencia de la ruptura de la rigidez dieléctrica del aire que se produce cuando un campo eléctrico intenso entre las nubes y la tierra provoca un arco eléctrico a través del aire, haciendo que este se convierta en un canal eléctricamente conductor por un periodo muy corto de tiempo (Young y Freedman, 2012). En este sentido, la clasificación típica para las descargas a

tierra es hecha de acuerdo con dos parámetros, ambos relacionados con el líder inicial (National Weather Service, 2021): (i) la dirección de propagación y (ii) la polaridad de la carga a través del canal de la descarga (Dwyer y Uman, 2014). La dirección puede ser descendente (desde la nube hacia la tierra) o ascendente (desde la tierra hacia la nube), mientras que la polaridad clasifica las descargas como de líder positivo (o positivas) y de líder negativo (o negativas). Las combinaciones de estos parámetros son ilustradas en la figura 4.

Las descargas nube-tierra más frecuentes son las descargas a tierra negativas, con una incidencia de aproximadamente del 90 % del total de estas descargas (Rakov y Uman, 2003), en parte gracias a que requieren menos energía que las positivas, debido a que la distancia de aislamiento entre el centro de carga negativa de la nube y la tierra es menor (ver figuras 3 y 4).

Figura 4. Tipos de descargas a tierra. a) líder descendente negativo; b) líder ascendente negativo; c) líder descendente positivo; d) líder ascendente positivo



Fuente: adaptado de Dwyer y Uman (2014).

Parámetros típicos de las descargas a tierra negativas

Son múltiples los parámetros que permiten la caracterización de las descargas a tierra dependiendo de diferentes condiciones tales como latitud, altitud y longitud. Antes de presentar los valores típicos de estos parámetros, se presenta su definición de acuerdo con lo establecido en la norma técnica colombiana NTC 4552-1 (ICONTEC, 2008a):

- **Corriente pico (*peak current*):** valor máximo de la corriente de rayo.
- **Descarga de retorno (*return stroke*):** descarga eléctrica atmosférica simple que asciende por el canal del líder hasta la nube.
- **Descarga sucesiva (*subsequent stroke*):** en algunos casos los rayos están compuestos por múltiples descargas. Todas las descargas que ocurren

después de la primera son llamadas descargas sucesivas. Esta descarga sigue el canal de la descarga previa con un intervalo entre descargas de aproximadamente 50 ms.

- **Duración del rayo (*Lightning flash duration*):** tiempo durante el cual la corriente del rayo fluye en el punto de impacto.
- **Energía específica del rayo (*specific energy*):** representa la energía disipada por la corriente de rayo en una resistencia unitaria. Se obtiene mediante la integral en el tiempo del cuadrado de la corriente de rayo para la duración completa de este.
- **Intervalo de tiempo entre descargas (*inter-stroke interval*):** tiempo transcurrido entre descargas sucesivas de un mismo rayo.
- **Líder escalonado (*stepped leader*):** se inicia por el encendido de la descarga dentro de la nube, son pasos discretos luminosos que avanzan hacia la tierra, recorriendo distancias aproximadas de 50 m por paso con una duración promedio de 1 μ s por paso. Entre paso y paso hay un intervalo de aproximadamente 50 μ s.
- **Multiplidad (*multiple strokes*):** número de descargas de retorno que componen un rayo.
- **Tiempo de ascenso (*rise time*):** parámetro virtual definido como 1,25 veces el intervalo de tiempo entre los instantes en que la señal de corriente alcanza el 10 % y el 90 % del valor máximo.

La tabla 1 presenta los parámetros típicos de las descargas a tierra negativas. Aunque todos los parámetros de la tabla 1 son estudiados en el campo de la física de las DEAT, solamente unos pocos tienen aplicación directa en el campo de la protección contra rayos (Cooray, 2015; ICONTEC, 2008a; Rojas, 2018).

La norma NTC 4552-1 define el sistema integral de protección contra rayos (SIPRA) como un “sistema integral usado para reducir los daños físicos que pueden ser causados por el rayo a un ser vivo o a una estructura, este sistema usualmente consta tanto de una protección externa como de una interna, así como de las medidas de seguridad y protección personal contra rayos” (ICONTEC, 2008a, p. 6). Aunque los parámetros presentados en la tabla 1 son de gran importancia para caracterizar y conocer el comportamiento de los rayos nube-tierra negativos, solo algunos de ellos son empleados para la implementación de sistemas de protección contra rayos.

Tabla 1. Parámetros típicos de las descargas negativas

Parámetro	Valor típico (a)	Colombia
Duración del rayo (ms)	200-300	149(b)
Multiplicidad	3-4	2,6(b)
Porcentaje de descargas a tierra negativas (%)	90	93(b)
Intervalo entre descargas sucesivas (ms)	40-60	61(b)
Porcentaje de rayos con una sola descarga (%)	20	35(b)
Corriente pico de la primera descarga de retorno (kA)	30	45(c)
Tiempo de ascenso de la primera descarga de retorno (μ s)	5	5,6(c)
Tasa de cambio de la corriente de la primera descarga (kA/ μ s)	10-20	19(c)
Carga asociada con la primera descarga de retorno (C)	5	5(c)
Corriente pico de las descargas sucesivas (kA)	12	16(c)
Tiempo de ascenso de las descargas sucesivas (μ s)	0,5	0,7(c)
Tasa de cambio de la corriente de las descargas sucesivas (kA/ μ s)	50-100	30 (c)
Carga asociada con las descargas sucesivas (C)	1	1(c)

a. Tomada de Cooray (2015)

b. Tomada del capítulo 8 de Rojas (2018)

c. Tomada de la tabla A1 - NTC 4552-1 (ICONTEC, 2008a)

Parámetros de incidencia de las descargas a tierra

Los parámetros de los rayos que son aplicados a la ingeniería que se enfoca en la protección contra rayos son polaridad, multiplicidad, duración del rayo, intervalo entre descargas sucesivas, corriente pico de la primera descarga de retorno, carga asociada a la primera descarga de retorno y a las descargas sucesivas, tasa de cambio de la corriente para la primera descarga y las descargas sucesivas, nivel cerámico (NC), densidad de descargas a tierra (DDT). Los dos últimos corresponden a parámetros de incidencia que proveen información histórica sobre el número de descargas a tierra que ocurren durante un año sobre una zona específica; además, son útiles no solamente en aplicaciones de protección, sino también en prevención (Torres, 2010), por lo que es importante entender cómo se determinan estos parámetros:

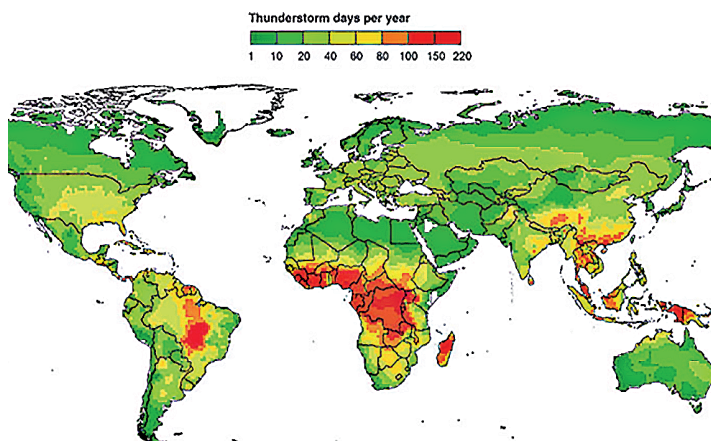
- **Nivel cerámico - NC (*keraunic level*):** es el promedio del número de días tormentosos al año en una región determinada. Este parámetro es utilizado cuando no hay disponibilidad de mediciones directas de la densidad de descargas a tierra. Un día tormentoso es un día en el cual se ha escuchado al menos un trueno por observadores meteorológicos (Cooray, 2014). Este concepto fue inicialmente establecido por el Comité Meteorológico Internacional en 1873, a través de la siguiente declaración: “Para obtener valores que admitan mejor comparación se recomienda sólo contar los días de tormenta [...] Como días de tormenta solo se deben señalar aquellos en los que tanto el relámpago como el trueno han sido observados” (IMC, 1873, p. 14).

En este sentido, los mapas isocerámicos son contornos que indican niveles cerámicos iguales (número de días tormentosos iguales). La figura 5 muestra la distribución global del número de días tormentosos anuales registrados entre el 2002 y el 2009 (contornos hechos con escala de colores). Como se observa, la distribución de días tormentosos en la tierra no es uniforme; no obstante, es evidente que en la zona ecuatorial hay una mayor actividad que hacia los polos. Normalmente, la luz solar calienta la superficie de la tierra y esta a su vez calienta el aire sobre ella, y ese aire caliente se eleva para encontrar aire frío a mayor altura. La interacción entre masas de aire de diferentes temperaturas estimula la formación de tormentas eléctricas. En los polos, el sol no calienta eficazmente sus superficies para producir convección;⁸ además, hay muy poca humedad en el aire, lo cual reduce significativamente la cantidad de rayos producidos cerca de los polos.

De otro lado, la figura 6 presenta un mapa isocerámico de Colombia para 1999, proporcionado por la norma NTC 4552-1 (contornos hechos con líneas). En la figura 6 se observa que en Colombia hay regiones hasta con 250 días tormentosos al año. No obstante, aunque este resultado es importante, debe ser tratado con cuidado, puesto que es información recopilada y analizada en 1999 y existen varios factores tecnológicos, ambientales y sociales que pueden hacer que actualmente estos valores sean diferentes.

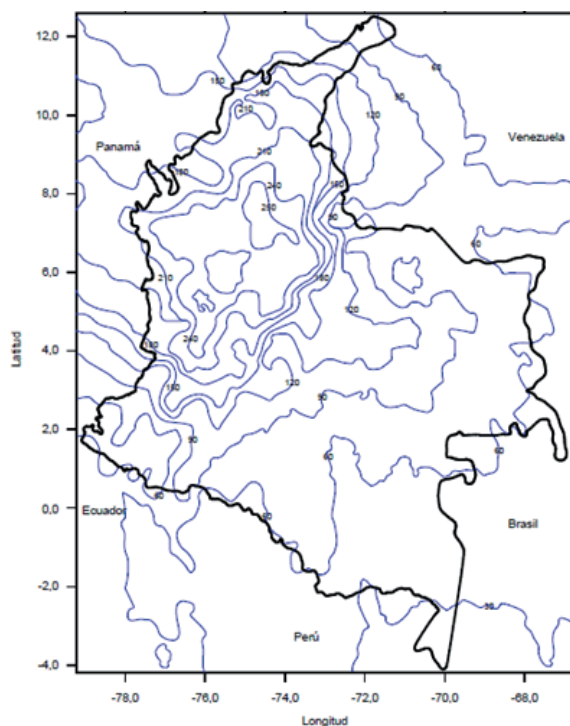
8 “La convección es transferencia de calor por movimiento de una masa de fluido de una región del espacio a otra... si el flujo se debe a diferencias de densidad causadas por expansión térmica, como el ascenso de aire caliente, el proceso se llama convección natural o convección libre” (Young y Freedman, 2013, p. 574).

Figura 5. Distribución global de días tormentosos (2002-2009)



Fuente: Cooray (2015).

Figura 6. Mapa isoceraúnico de Colombia para 1999

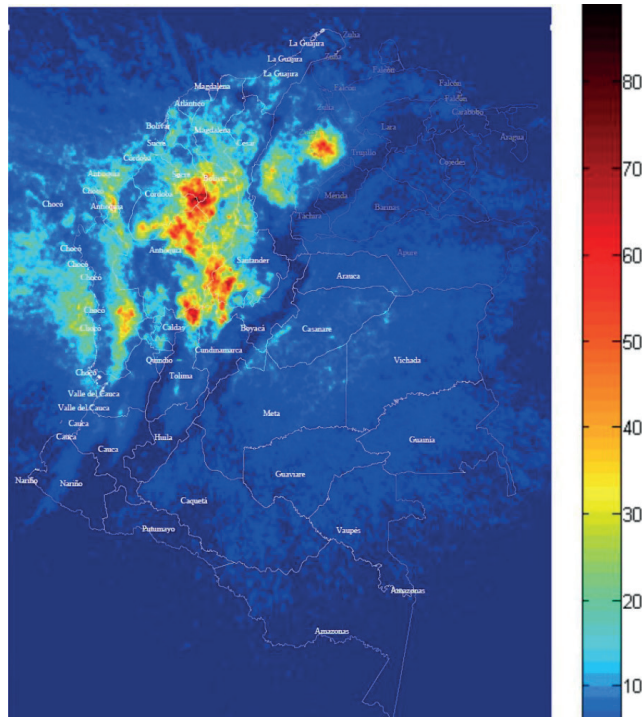


Fuente: ICONTEC (2008a)

- **Densidad de descargas a tierra - DDT (*ground flash density*):** representa el número de rayos por kilómetro cuadrado al año. La técnica de contar los días tormentosos utilizada para determinar el nivel ceráunico se basa en observaciones, por lo que el conteo puede variar entre los observadores, mientras que a través de métodos más confiables de observación es posible estimar el número de descargas nube-tierra que se presentan en un área de manera más precisa. La figura 7 detalla el mapa de DDT para Colombia obtenido a partir de información registrada entre el 2012 y el 2013. En este caso, el valor máximo de DDT fue encontrado en la región del Catatumbo.

De acuerdo con Torres (2010), la tecnología que se requiere para desarrollar mapas de DDT mediante mediciones directas con equipos contadores de rayos, sistemas localizadores de rayos o sistemas satelitales no está disponible en muchas regiones, por lo que se hace necesario emplear un método alternativo mediante ecuaciones empíricas, las cuales relacionan la densidad de descargas a tierra con el nivel ceráunico.

Figura 7. DDT en Colombia (2012-2013)



Fuente: Aranguren *et al.* (2014).

La norma IEC 62305-2 establece que la DDT en regiones templadas, cuando los mapas de DDT no están disponibles, se calcula aproximadamente como una décima parte del nivel cerámico (IEC, 2010):

$$DDT \approx 0,1 NC \quad (1.1)$$

Mientras que para las regiones tropicales no se tiene una expresión única para calcular la DDT. En el caso de Colombia, la norma NTC 4552-2 establece la siguiente ecuación (ICONTEC, 2008b):

$$DDT = 0,0017 NC^{1,56} \quad (1.2)$$

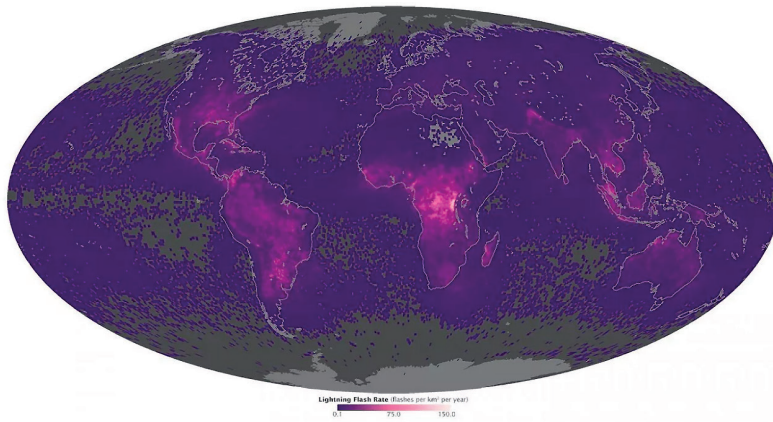
La debilidad de estas ecuaciones empíricas radica en que siguen dependiendo del nivel cerámico, es decir, de la capacidad de observación del responsable de dicha observación, por lo que no es un método confiable para la determinación de la DDT.

- **Densidad de rayos (*lightning flash rate*):** en los últimos años se han implementado métodos más modernos para detectar la frecuencia global y local de las DEAT. Por ejemplo, se están utilizando satélites para registrar las descargas a través de las señales ópticas provenientes de los rayos, con el fin de observar su distribución y variabilidad. Desafortunadamente, según Cooray (2015), esta tecnología no puede distinguir entre las descargas a tierra y los otros tipos de descargas porque los canales de los rayos son oscurecidos por las nubes.

La NASA tiene satélites orbitando la Tierra con sensores diseñados para detectar rayos. Los datos de estos satélites se transmiten a la Tierra y se utilizan para construir un registro geográfico de la actividad de los rayos a lo largo del tiempo. En la figura 8 se observa el promedio anual de rayos por unidad de área entre 1995 y el 2013.

De acuerdo con los registros de la NASA, un área pequeña en el norte de Sudamérica es el lugar con mayor densidad de rayos en el mundo. Ese punto se encuentra en el extremo sur del lago de Maracaibo (Venezuela) y se tiene un registro de hasta 232 rayos/km²-año (Albrecht *et al.*, 2016). También se ha observado una alta densidad de rayos en la República Democrática del Congo en África Central.

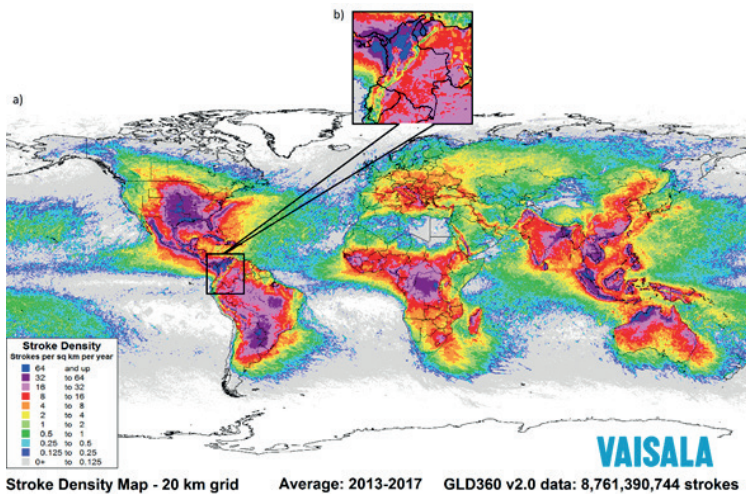
Figura 8. Densidad de rayos (mayo 1995-diciembre 2013)



Fuente: NASA Earth Observatory (2013).

En la figura 9 se muestra la distribución global del total de descargas y un acercamiento sobre el territorio colombiano a partir de datos satelitales entre el 2013 y el 2017. Este mapa es resultado de los datos obtenidos por la tecnología GLD360 (Global Lightning Dataset), con la cual se estima que el 80 % de los eventos registrados son descargas nube-tierra (Holle, 2015). En la figura 9 también se observa que para Colombia hay una actividad de rayos sustancial en las zonas del norte del país.

Figura 9. a) Distribución de rayos por km² para el periodo comprendido entre 2013 y 2017, b) acercamiento sobre el territorio colombiano

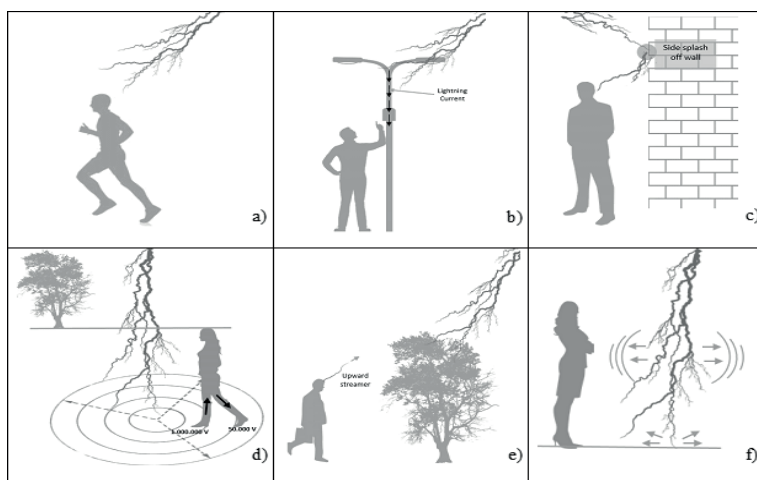


Fuente: VAISALA INC. (2018).

Mecanismos de lesión por rayos

Las formas en las que los rayos interactúan con los seres vivos se denominan mecanismos de lesión por rayos. Existen diferentes mecanismos de lesión por rayos; sin embargo, la mayoría de las personas solo conoce o considera importante uno de ellos, el cual corresponde al impacto directo, aunque en la literatura se aceptan seis mecanismos de lesión a partir de los cuales una persona puede verse afectada por la naturaleza eléctrica de los rayos (Cooper y Holle, 2019). En la figura 10, se muestran ilustraciones de los mecanismos de lesión por rayos.

Figura 10. Ilustración de los mecanismos de lesión por rayos. a) impacto directo; b) lesión por contacto; c) descarga lateral; d) corriente a tierra; e) *streamer* ascendente; f) barotrauma



Fuente: adaptado de Blumenthal (2012).

Descripción de los mecanismos de lesión por rayos

- **Impacto directo:** no existe ningún obstáculo entre la persona y el rayo. En esta descarga la mayor proporción de la corriente del rayo circula por la víctima. En el imaginario popular se percibe como el mecanismo de lesión más común; sin embargo, los estudios muestran que este representa una proporción muy pequeña de lesiones y muertes. En los países desarrollados, se estima que entre el 3 y el 5 % de las muertes por rayos son causadas por impactos directos (Cooper, 2012).
- **Lesión por contacto:** también conocida como tensión de contacto. Ocurre cuando la persona está tocando un objeto que es parte de la trayectoria de la corriente del rayo, como un árbol, una cerca de metal, plomería interior

o cableado. Se estima que las lesiones por contacto causan aproximadamente del 15 al 25 % de las muertes por rayos en los países desarrollados (Cooper y Holle, 2019).

- **Descarga lateral:** ocurre cuando una porción de la energía del rayo salta desde su objeto primario de impacto a una persona cercana en su camino. Alrededor de entre el 20 y el 30 % de las muertes por rayos en los países desarrollados son causadas por este mecanismo (Cooper y Holle, 2019).
- **Corriente a tierra:** también conocida como tensión de paso. Los rayos caen al suelo a una distancia de una persona y se propagan a través del terreno casi radialmente, produciendo una diferencia de potencial entre los pies de la persona. Una persona que tiene un pie más cerca que el otro al punto de impacto presenta una diferencia de potencial entre los pies, de modo que una parte de la corriente del rayo fluye a través de las piernas y el cuerpo en lugar del terreno. En este caso la corriente puede subir por una pierna y bajar por la otra, o de la cabeza a los pies en alguien recostado sobre el terreno. Este tipo de mecanismo causa entre el 40 y 50 % de las muertes por rayos en los países desarrollados (Cooper y Holle, 2019).
- **Streamer⁹ ascendente:** también conocido como líder ascendente. A medida que el líder se acerca al suelo, el gran campo eléctrico induce cargas opuestas en objetos cercanos tales como árboles, edificios, personas y cualquier otro objeto cerca de la tormenta. Estas cargas pueden formar un líder ascendente desde el objeto hacia el frente del líder descendente. Si uno de estos *streamers* ascendentes se conecta con un líder descendente, se produce una descarga eléctrica atmosférica completa. Las personas que se encuentren en el camino de un *streamer* ascendente pueden resultar lesionadas. Incluso si el líder ascendente no se conecta con el líder descendente, puede tener la suficiente energía para dañar a una persona (Cooper, 2002). Se estima que este mecanismo causa del 10 al 15 % de las muertes por rayos en los países desarrollados (Cooper y Holle, 2019).
- **Barotrauma¹⁰:** hace referencia a conmoción cerebral, explosión, fuerza contundente o lesión explosiva. Una persona está lo suficientemente cerca del canal del rayo para ser afectada por un súbito cambio de presión que es generado debido a un rápido movimiento del aire hacia afuera cuando

9 El término *streamer* se refiere a “canales eléctricos de baja energía de forma ramificada o de filamentos que se producen ante la presencia de un campo eléctrico alto” (Torres, 2010, p. 13).

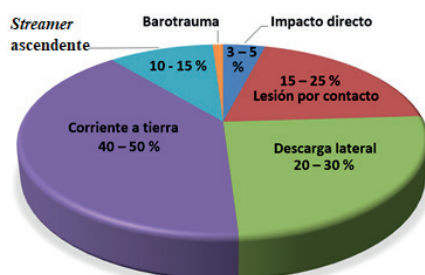
10 En términos generales, el barotrauma es el trauma producido por cambios en la presión del aire o del agua.

el canal del rayo se sobrecalienta instantáneamente y luego se enfría rápidamente después del paso de la descarga, similar a una explosión. En Blumenthal y West (2015) se calculó que la onda de presión de un rayo a una distancia de 10 m del punto de impacto es similar a la fuerza de una bomba TNT de 5 kg.

En la literatura se habla de otros dos mecanismos indirectos de lesión por rayos: lesión de metralla y contusión. En el primer caso la persona recibe un traumatismo penetrante cuando el rayo provoca explosiones de metralla que impactan en la víctima (Blumenthal, 2012). Por su parte, la contusión es una lesión no penetrante en la cual una persona es lanzada a una distancia por la contracción muscular inducida por un rayo. Esto puede resultar en un trauma similar al de una caída (Cooper y Holle, 2019). Estos dos últimos mecanismos no son considerados en los análisis posteriores presentados en este libro.

La figura 11 presenta la frecuencia estimada de los diferentes mecanismos de lesión por rayos en países desarrollados, allí se observa que las lesiones por impactos directos tienen un bajo porcentaje, mientras que las debidas a tensiones de paso, tensiones de contacto y descargas laterales son las de mayor incidencia. Para el caso de barotrauma no hay estadísticas reportadas. La distribución de muertes por rayos es bastante conocida en los países desarrollados, pero no es muy conocida para el caso de lesiones no fatales. Mientras que en los países en vía de desarrollo no se tienen estadísticas claras para ninguno de los dos casos (Cooper, 2012).

Figura 11. Mecanismos de lesión por rayos



Fuente: adaptado de Holle y Cooper (2016b).

Reportes de cada mecanismo de lesión

Una vez identificados los mecanismos de lesión por rayos, en esta sección se extraen algunos de los reportes de incidentes por rayos encontrados en la literatura y se identifica el mecanismo de lesión asociado.

- a. Román *et al.* (2005) presentan un análisis electromagnético de un incidente que involucró a una joven que fue herida por impacto directo de un rayo en una pequeña villa localizada cerca de la ciudad de Gävle, Suecia. La joven jugaba como portera en un partido de fútbol. Aunque la víctima resultó seriamente lesionada, sobrevivió.
- b. Kumaran *et al.* (2014) reportan la muerte de un hombre de 50 años debido a una tensión de contacto por rayo. Una descarga impactó la motocicleta de la víctima mientras estaba manejando cerca de su villa bajo un clima lluvioso. Se concluyó, con base en la autopsia, que una alta corriente había pasado a través de la víctima y las causas de muerte fueron las extensas quemaduras producidas por ella.
- c. Murty (2009) presenta un reporte forense de la muerte de un hombre debido a un rayo en Kuala Lumpur, Malasia. La víctima era un trabajador que iba de regreso a casa caminando por un sendero en donde había árboles de gran tamaño al lado del camino. La evidencia del examen *post mortem* mostró que la corriente de la descarga entró al cuerpo a través del costado derecho, cerca al pecho. Este caso es un ejemplo típico del mecanismo de descarga lateral, en el que los árboles están frecuentemente involucrados como los objetos en donde las descargas impactan primero.
- d. Alrededor de la mitad de los casos reportados de lesiones por rayos en seres humanos están relacionados con tensiones de paso, mientras que la mayoría de los incidentes en los que los animales son afectados en grandes grupos están asociados a corrientes a tierra. Por ejemplo, 22 cabezas de ganado murieron en Sudáfrica luego de que una descarga impactó un lugar cercano al corral en donde se encontraban los animales. El análisis de este incidente se realizó considerando únicamente los cálculos de tensión de paso (Dickson, 2014).
- e. El mecanismo de *streamer* ascendente fue propuesto por Anderson después de analizar un incidente ocurrido en una zona rural de Sudáfrica, en el cual un rayo impactó la tienda de acampar donde 26 niñas, dos adultos y siete perros estaban durmiendo, lo que llevó a la muerte de cuatro de las jóvenes y cuatro de los perros (Carte *et al.*, 2002). Frente a este hecho, Anderson concluyó que en el momento en que ocurrió la descarga de rayo cercana se originaron *streamers* ascendentes desde algunos de los cuerpos, tanto los que estaban de pie como los que estaban reclinados, lo cual plantea peligros que no son debido a tensiones de paso, por lo tanto, se requieren medidas de protección diferentes para prevenir lesiones (Anderson, 2001).

- f. Finalmente, Figgis y Álvarez (2012) presentan el reporte de un caso de un hombre caucásico, quien sufrió ruptura esofágica causada por la onda de choque de un impacto de rayo cercano. A pesar de que el hombre fue arrojado dos metros, no perdió la conciencia en ese momento, pero murió un mes después a causa del trauma mencionado. Un aspecto por destacar en este caso es el hecho de que la lesión fue descubierta cuatro días después de que el paciente fue hospitalizado. La principal recomendación, como consecuencia de este reporte, consiste en sospechar y examinar por barotrauma siempre a aquellos pacientes heridos por rayos sin importar el mecanismo de lesión por el cual se crea que fueron afectados.

Estos reportes permiten evidenciar la complejidad de los diferentes mecanismos y la importancia de contar con información clara de los incidentes con el fin de poderlos clasificar adecuadamente. Esta tarea no es sencilla, ya que, principalmente en los países en vía de desarrollo, gran parte de la información se extrae de notas de prensa, las cuales, por lo general, son poco precisas y tienden a especificar que la mayoría de los eventos son debidos a impactos directos.

Escenarios de riesgo por rayos

Al establecer los diferentes mecanismos de lesiones por rayos, es importante conocer estadísticas disponibles de muertes por rayos en algunos países, incluyendo a Colombia, con el fin de proveer una visión general de las tasas de mortalidad anuales asociadas a las DEAT durante las últimas décadas.

Muertes por rayos en el mundo

En la literatura especializada en rayos no existe una estimación unificada del número anual de víctimas por rayos en el mundo. La primera estimación formalmente presentada fue de 24 000 muertes, con un número de eventos no fatales que puede ser diez veces mayor (Holle y López, 2003). Por otro lado, Cardoso *et al.* (2011) proponen que el número de decesos por rayos anual en el mundo es de 6 000. Mientras que más recientemente Cooper y Holle (2019) establecen que el número documentado de muertes causadas por rayos en todo el mundo supera los 4 000 por año. No obstante, se sabe que este número es muy pequeño, ya que no se cuenta con datos de muchos países en los que, debido a sus condiciones geográficas y demográficas, se presume que hay un alto nivel de riesgo por rayos.

Los factores demográficos varían entre países desarrollados y países en desarrollo, lo cual tiene gran influencia al momento de intentar realizar una

estimación global acertada (Gomes y Ab Kadir, 2011). Este último aspecto, resalta la importancia de contar con información confiable propia de cada país, que permita cuantificar y establecer patrones útiles en la búsqueda de estrategias para reducir el número de lesionados y víctimas fatales a causa de DEAT. Sin embargo, una gran cantidad de víctimas no alcanzan a ser reportadas debido a la dificultad que implica obtener información actualizada sobre los casos que se presentan a diario. La falta de estos datos dificulta en gran manera el proceso para entender y enfrentar el riesgo asociado a los rayos, particularmente en países en vías de desarrollo con un alto índice de DDT. Por esta razón, se han desarrollado algunos estudios con el fin de obtener la mayor cantidad de información posible sobre el número de lesiones por rayos en un lugar y durante un periodo en particular.

Holle (2016b) presenta la más reciente y completa compilación de las estadísticas disponibles por país y de las tasas de mortalidad anual por millón de habitantes. En la tabla 2 se observa la información de los 26 países estudiados, se visibiliza el tipo de recolección de datos, las diferentes fuentes a partir de las cuales se documentaron y la cantidad de decesos por rayos. Además, se presentan las fuentes de información empleadas en cada caso, las cuales se detallan a continuación:

- **Agencias meteorológicas (A):** la recopilación de información es llevada a cabo por agencias meteorológicas nacionales como parte del monitoreo de diferentes condiciones climáticas, incluidas el calor, el frío, los ciclones tropicales y otros fenómenos.
- **Registros médicos (B):** tienen como punto de partida los certificados de defunción, por lo que pueden ser muy confiables (Navarrete *et al.*, 2014). Sin embargo, en algunos casos, en los países en vía de desarrollo, la expedición de certificados de defunción solo se realiza para casos hospitalarios y otros entornos médicos u oficiales, por lo que un alto porcentaje de los casos quedan sin documentar especialmente en zonas rurales.
- **Información personal (C):** una persona, por iniciativa propia, recopila la información de las víctimas en un país, usualmente a partir de la información de la prensa y eventualmente mediante encuestas personalizadas.
- **Medios de comunicación impresos (D):** durante muchos años, la prensa, y más recientemente sus versiones digitales, han reportado la mayoría de los incidentes por rayos. No obstante, se evidencia falta de exactitud en la descripción de los eventos.

- **Bases de datos nacionales sobre riesgo (E):** cuando existen comunidades u organizaciones orientadas a la prevención y mitigación del riesgo, es posible contar con bases de datos. Sin embargo, Cooper y Holle (2019) resaltan que existe una tendencia en tales sistemas de recolección a omitir eventos en los que son afectadas pocas personas, como suele ser el caso de los rayos, por lo que se pueden pasar por alto casos de lesiones y muertes individuales o de pequeños grupos.
- **Múltiples fuentes (F):** la información es obtenida de la combinación de varias de las fuentes de datos antes mencionadas. Se requiere un proceso de filtrado de la información para evitar duplicar eventos.

Tabla 2. Tasas de mortalidad anual por rayos por millón de habitantes

País	Periodo	Tasa de mortalidad anual por millón de habitantes	Decesos por año	Fuente de datos
África				
Burundi	2012-2013	2.5	26	C
Malawi	2007-2010	84.0	1008	F
Sudáfrica	1997-2000	6.3	264	B
Suazilandia	2000-2007	15.5	15	F
Uganda	2007-2011	0.9	30	F
Zimbabue	Desconocido	14 a 21	100-150	F
Asia				
China	1997-2009	0,3	360	E
India	1967-2012	2,0	1755	E
Japón	1990-1997	>0	2	C
Malasia	2008-2011	0.8	22	F
Mongolia	2004-2013	1,5	5	A
Singapur	1970-1979	1,5	3	F
Sri Lanka	2003	2,6	49	C
Australia				
Australia	1980-1989	0,1	2	D
Europa				
Austria	2001-2010	>0	1	D
Francia	1990-1995	0,2	11	B
Grecia	2000-2010	0,1	5	F

País	Periodo	Tasa de mortalidad anual por millón de habitantes	Decesos por año	Fuente de datos
Lituania	1994-2003	0,1	2	A
Polonia	2001-2006	0,3	8	F
Turquía	2012-2014	0,4	28	F
Reino Unido	1988-2012	>0	2	F
Norteamérica				
Canadá	1990-2004	0,2	9	A
México	1979-2011	2,7	230	B
Estados Unidos	2006-2015	0,1	31	A
Sudamérica				
Brasil	2000-2009	0,8	132	F
Colombia	2000-2009	1,8	76	B

Fuente: Holle (2016b).

A partir de los datos reportados en la tabla 2 se obtuvo una estimación de 4176 muertes al año por rayos en los 26 países. El caso de Malawi es interesante y merece un análisis adicional. Mientras que el promedio de muertes por año en los demás países varía entre 2 y 264, en este país del suroriente africano este valor es de 1 008 decesos. Lo mismo se observa al comparar la tasa de mortalidad por millón de habitantes, en Malawi es de 84, mientras que en el segundo país con tasa más alta es de aproximadamente 20. Esta notable diferencia puede tener tres lecturas, por un lado, los métodos de recolección y análisis de información en Malawi son muy buenos y, por lo tanto, cuentan con una base de datos mucho más completa que el resto de los países estudiados. Una segunda interpretación está relacionada con que, por el contrario, en el país no se cuenta con una base de datos confiable y, por lo tanto, la información reportada tampoco lo es. La tercera alternativa apunta a que los datos son correctos y las condiciones geográficas y demográficas de Malawi hacen que la población de este país se encuentre en un alto riesgo de lesión por rayos y por ende requiere de medidas urgentes para mitigar dicho riesgo (Kalindekafé *et al.*, 2018).

Teniendo en cuenta la dificultad evidente de contar con información completa y confiable del número de muertes por rayos, algunos autores han fomentado otros enfoques que proponen realizar una estimación del número de muertes de manera indirecta. En este sentido, Roeder *et al.* (2015) presentan un nuevo

método que utiliza el *software* GIS para multiplicar la densidad de descargas y la densidad de población en un área (cuadrícula) y mostrar los resultados en un mapa, al cual denominan mapa de riesgo de mortalidad por rayos. Al realizar la comparación entre los datos conocidos de muertes por rayos y los obtenidos mediante el método propuesto, se encontró una buena correlación, por lo que los autores sugieren que este método puede ser útil para los países en vía de desarrollo, donde los informes de mortalidad por rayos pueden no ser confiables. En este mismo sentido, Cooper y Holle (2019) sugieren que el siguiente paso para verificar y refinar este método es aplicarlo a un país menos desarrollado que cuente con buenos registros de muertes, como Colombia (Cruz-Bernal *et al.*, 2018; Navarrete *et al.*, 2014).

Muertes por rayos en Colombia

Ya se ha establecido que Colombia posee una alta actividad de rayos. Durante varios años el municipio de Ocaña, ubicado en el departamento de Norte de Santander, fue documentado como el noveno lugar de mayor densidad de descargas a tierra del mundo (Christian, 2003) y el segundo del continente americano, con un valor de 39.9 rayos/km²-año (Christian *et al.*, 2003). Publicaciones recientes presentan registros de zonas con una DDT muy superior, como los municipios de Majagual en el departamento de Sucre (61,1 rayos/km²-año), Turbo en Antioquia (65,2 rayos/km²-año) y Norcasia en Caldas (77,9 rayos/km²-año) (Inampué *et al.*, 2017), y en la región del Catatumbo, frontera con Venezuela, se ha registrado un valor de DDT de 60 rayos/km²-año (Torres *et al.*, 2015). Además, en el caso de Bogotá, algunos datos obtenidos a partir de sistemas de localización de rayos (LLS) muestran una actividad de rayos muy superior en comparación con las zonas rurales adyacentes, probablemente asociada con el efecto urbano (Del Rio *et al.*, 2015). En general, se presume que la ocurrencia de rayos en Colombia se puede estar incrementando a causa de los gases de efecto invernadero y el cambio climático que presenta el planeta (Díaz y Román, 2015).

A pesar de los avances, es evidente que todavía hace falta realizar estudios sobre el número de personas afectadas por rayos en Colombia, además de mejorar los procedimientos para adquirir y tratar esta información. Actualmente, hay disponibles tres reportes de escala nacional, dos en relación con todo tipo de casos (Cruz-Bernal *et al.*, 2018; Navarrete *et al.*, 2014) y otro que considera los casos relacionados con el Ejército Nacional (Cruz *et al.*, 2013).

Como se observa en la tabla 2, la tasa de mortalidad anual por rayos por millón de habitantes en Colombia fue de 1,8 para el periodo 2000-2009. Este

resultado se obtuvo a partir del primer reporte exhaustivo sobre la cantidad de muertes al año por DEAT en Colombia, presentado por Navarrete *et al.* (2014). Para llevar a cabo este reporte, los autores revisaron los certificados de defunción del Instituto Colombiano de Medicina Legal y Ciencias Forenses (ICMLCF) y verificaron los códigos asociados a los rayos de la *Tabla de clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud CIE-10*, los cuales se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Códigos CIE-10 asociados a los rayos

COD_3	Descripción	COD_4	Descripción
T75	Efectos de otras causas externas	T750	Efectos del rayo
X33	Víctima de rayo	X330	Víctima de rayo: vivienda
		X331	Víctima de rayo: institución residencial
		X332	Víctima de rayo: escuelas, otras instituciones y áreas administrativas públicas
		X333	Víctima de rayo: áreas de deporte y atletismo
		X334	Víctima de rayo: calles y carreteras
		X335	Víctima de rayo: comercio y áreas de servicio
		X336	Víctima de rayo: área industrial y de la construcción
		X337	Víctima de rayo: granja
		X338	Víctima de rayo: otro lugar especificado
		X339	Víctima de rayo: lugar no especificado

Fuente: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2015).

Además, en dicho estudio analizaron la estadística de muertes por rayos realizada por el DANE, que incluye el año y el mes en los que los eventos tuvieron lugar, el género y la edad de las víctimas, así como la ubicación de los incidentes. Como resultado del estudio, se contaron 757 muertes relacionadas con DEAT para el periodo 2000-2009, distribuidas en 31 de los 32 departamentos del país. Además de Bogotá D. C., el único departamento en el que no se reportaron víctimas fatales a causa de rayos fue San Andrés.

Siguiendo la misma metodología propuesta por Navarrete *et al.* (2014) y Cruz-Bernal *et al.* (2018), se presenta un estudio sobre la cantidad de muertes y la tasa de mortalidad por rayos en Colombia para el periodo 1997-2014. Los resultados obtenidos muestran que la tasa de mortalidad anual por rayos por

millón de habitantes en Colombia fue de 1,51, es decir, ligeramente menor que la reportada por Navarrete *et al.* (2014). Adicionalmente, para este periodo se contaron 1 173 muertes relacionadas con DEAT. Los años con mayores eventos fueron 2003 y 2005 con 98 y 93 personas fallecidas, respectivamente, y los años con menos reportes de muertes a causa de DEAT fueron 1997 con 34, el 2010 con 44 y el 2011 con 46.

A partir de la información presentada en Cruz-Bernal *et al.* (2018), es posible organizar a los departamentos de Colombia en orden descendente con respecto al número de muertes al año causadas por rayos por millón de habitantes. En la tabla 4, se muestra el número de muertes y la tasa de mortalidad anual por rayos por millón de habitantes para cada departamento para el periodo de estudio, incluyendo la población y el porcentaje de población rural. Inicialmente, se observa alguna tendencia a ver una relación entre la ruralidad y las muertes por rayos, esto se puede deber a que en estas zonas no se cuenta con planes de prevención y sistemas de protección contra rayos. Además, la infraestructura en las regiones rurales no favorece la protección de las personas ante DEAT. No obstante, este no es el único factor que puede influir en la tasa de muertes por rayos, ya que también, como se ha mencionado antes, existen otros factores técnicos (DDT) y geográficos que afectan estas estadísticas.

Tabla 4. Muertes, población media, tasa anual de mortalidad por rayos por millón de habitantes y porcentaje de población rural por departamento entre 1997 y 2014

Departamento	Muertes	Población media 2005	Muertes anuales/ millón habitantes	% Población rural 2005
Vichada	8	56 608	7,85	61,7
Guainía	4	35 538	6,25	64,0
Cauca	124	1 273 507	5,41	61,1
Guaviare	9	96 343	5,19	37,8
Vaupés	3	3 951	4,22	47,7
Arauca	14	233 690	3,33	31,6
Magdalena	59	1 154 980	2,84	30,9
Boyacá	57	1 256 755	2,52	47,8
Caquetá	17	423 133	2,23	43,6
Santander	77	1 963 063	2,18	26,4
Córdoba	57	1 478 826	2,14	49,5
Antioquia	218	5 720 140	2,12	23,4

Departamento	Muertes	Población media 2005	Muertes anuales/ millón habitantes	% Población rural 2005
Meta	30	791 933	2,1	26,6
Norte de Santander	45	1 249 124	2	22,9
Cesar	31	909 662	1,89	28,9
Bolívar	64	1 888 756	1,88	24,4
Casanare	10	298 324	1,86	30,3
La Guajira	23	695 151	1,84	45,1
Putumayo	10	311 629	1,78	53,6
Caldas	30	969 619	1,72	28,8
Sucre	21	775 779	1,5	36,2
Chocó	12	456 185	1,46	49,9
Cundinamarca	48	2 299 559	1,16	35,3
Risaralda	17	900 233	1,05	22,8
Valle del Cauca	74	4 183 349	0,98	13,4
Atlántico	37	2 180 898	0,94	4,9
Nariño	26	1 551 282	0,93	54,0
Tolima	23	1 367 462	0,93	33,5
Amazonas	1	6 817	0,81	55,4
Quindío	7	536 018	0,73	13,4
Huila	4	1 018 572	0,22	40,3
Bogotá D. C.	13	6 892 666	0,1	0,2
San Andrés	0	70 815	0,00	28,4
Total nacional	1173	43 147 274	1,51	25,0

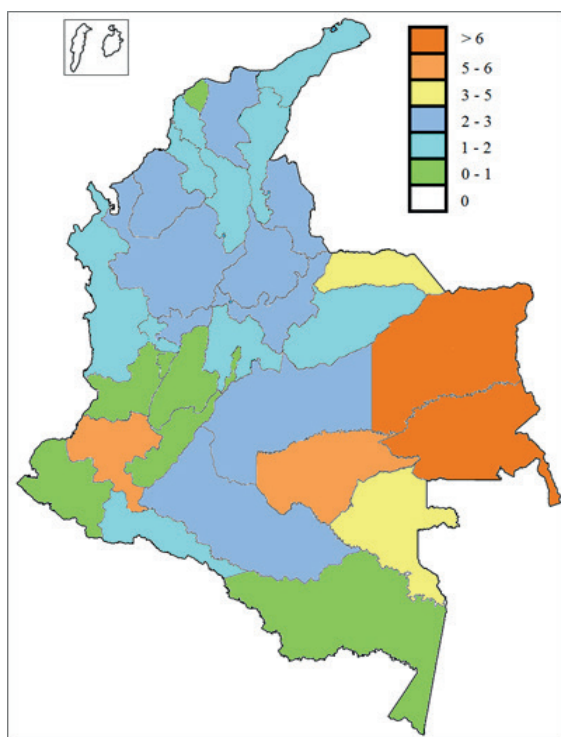
Fuente: Cruz-Bernal *et al.* (2018).

En la tabla 4 y en la figura 12 se estableció un código de colores con el fin de agrupar a los departamentos que tienen un número similar de muertes al año por rayos por millón de habitantes. En la zona centro-norte del país prevalece un rango entre 2 y 3 muertes al año por rayos por millón de habitantes, mientras que en la región oriente se encuentran la mayoría de los departamentos con el nivel más alto (entre 3 y 6). De otro lado, en las regiones centro-occidente y sur se concentran los departamentos con la tasa más baja (0-1). Esta información muestra alguna tendencia relacionada con las condiciones geográficas del país.

Al comparar el mapa de la figura 7, que presenta la DDT de Colombia, con el de la figura 12, no se evidencia una relación directa entre la densidad de descargas a tierra con el número de muertes a causa de rayos. Esto se puede deber a dos

factores; por un lado, en las zonas sur y sur-oriente del país no hay estaciones de monitoreo que permitan recopilar la información necesaria para completar el mapa de la figura 7 (Cruz-Bernal *et al.*, 2018), y es justamente en la región oriental en donde se evidencia el mayor número de muertes al año por millón de habitantes. De otro lado, puede que la información de alguno de los dos mapas o de ambos no sea correcta, lo cual afecta esta comparación. Esto ratifica la necesidad de contar con información suficiente y confiable para poder abordar estrategias para la mitigación y prevención de incidentes causados por rayos. Adicionalmente, las mayores tasas de mortalidad por rayos por millón de habitantes están concentradas en las zonas más rurales y menos pobladas de Colombia, país en el que menos de un quinto de la población fue clasificada como rural para el año 2019 (WBG, 2020).

Figura 12. Código de colores para la identificación del número de muertes al año por rayos por millón de habitantes



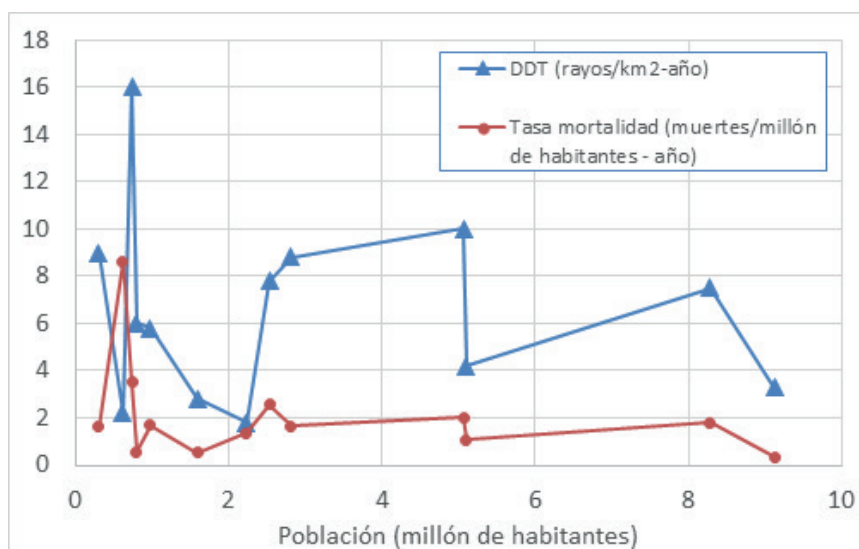
Fuente: elaboración propia.

En Cruz-Bernal *et al.* (2018), dividen el país en trece regiones naturales y al evaluar la relación entre DDT y muertes por DEAT en función de la población de cada región (figura 13), se observa que para las regiones con mayor población

hay un comportamiento similar entre la densidad de descargas a tierra y la tasa de mortalidad, mientras que en las regiones menos pobladas esta relación no es evidente. Esto último puede deberse a que las regiones menos pobladas justamente corresponden a las que presentan mayor grado de ruralidad y, por lo tanto, presentan mayor grado de vulnerabilidad.

El tercer estudio que se ha adelantado en Colombia fue realizado por Cruz *et al.* (2013). En este trabajo se presenta un detallado reporte de las muertes y lesiones por DEAT dentro del Ejército Nacional de Colombia. En la tabla 5 se presenta un resumen del número de reportes, decesos, personas lesionadas y el total de bajas por rayos entre el 2003 y el 2012. Un total de 72 muertes y 210 lesiones fueron reportadas para el periodo 2003-2012 (el 2008, el 2011 y el tercio final del 2012 fueron excluidos debido a falta de información). En este caso, la Dirección de Preservación de la Integridad y Seguridad del Ejército Colombiano (DIPSE) proporcionó las estadísticas.

Figura 13. DDT vs. población y tasa de mortalidad vs. población para el periodo 1997-2014



Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Número de reportes, decesos, personas lesionadas y bajas totales por rayos dentro del Ejército Nacional (2003-2012)

Departamento	Reportes	Decesos	Personas lesionadas	Bajas totales
Amazonas	0	0	0	0
Antioquia	26	20	23	43
Arauca	2	0	9	9
Atlántico	1	0	3	3
Bogotá D. C.	2	1	1	2
Bolívar	2	1	1	2
Boyacá	2	1	3	4
Caldas	6	4	13	17
Caquetá	11	8	5	13
Casanare	4	1	5	6
Cauca	10	2	13	15
Cesar	8	5	9	14
Chocó	2	0	2	2
Córdoba	4	1	9	10
Cundinamarca	1	0	1	1
Guainía	2	0	2	2
Guaviare	0	0	0	0
Huila	3	0	13	13
La Guajira	8	3	8	11
Magdalena	7	4	14	18
Meta	10	5	11	16
Nariño	1	1	0	1
Norte de Santander	11	6	13	19
Putumayo	2	1	3	4
Quindío	0	0	0	0
Risaralda	1	1	0	1
San Andrés	0	0	0	0
Santander	6	3	4	7
Sucre	0	0	0	0
Tolima	8	2	25	27
Valle del Cauca	7	2	17	19
Vaupés	1	0	1	1
Vichada	1	0	2	2
Total	149	72	210	282

Fuente: Cruz *et al.* (2013).

Debido a las condiciones geográficas y sociales del país, algunas guarniciones militares, campamentos provisionales y puestos de control se encuentran ubicados en zonas de alto riesgo de DEAT y, por ello, se presentan estos eventos, los cuales se podrían mitigar, en su gran mayoría, teniendo una mayor comprensión del fenómeno y de los hechos que han ocasionado las muertes y lesiones, a partir de lo cual se podrían tomar las medidas de protección y prevención adecuadas. En este sentido, recientemente se han adelantado estudios con el objetivo de explorar, reconstruir y evaluar los escenarios de eventos en los que miembros de las tropas del Ejército han sido afectados por rayos (Cristancho *et al.*, 2015; Latorre *et al.*, 2016; Martínez *et al.*, 2016). Estos estudios buscan obtener una comprensión más profunda de los aspectos involucrados en tales eventos y diseñar nuevos y mejores esquemas de protección contra rayos para esta población vulnerable (Rojas *et al.*, 2017).

Análisis de escenarios de riesgo en Colombia

Los escenarios de riesgo por DEAT han sido tradicionalmente analizados a través de técnicas de alta tensión y compatibilidad electromagnética en las que las pruebas de laboratorio y las simulaciones por ordenadores son las herramientas típicas para realizar dichos análisis. Sin embargo, estudios recientes han sido dirigidos a explorar también las características sociales y los aspectos psicológicos de las personas involucradas en lesiones por rayos, así como a realizar comparaciones entre diferentes grupos sociales a partir de estos elementos (Gomes y Gomes, 2014; Hajikhani *et al.*, 2016; Holle, 2016a; Holle y Cooper, 2016a; Mary y Gomes, 2014).

Con el mismo propósito, se revisaron y analizaron cien reportes de incidentes por rayos ocurridos en Colombia, haciendo especial énfasis en aspectos asociados a comportamiento, liderazgo, educación y autocuidado de las personas. Las notas de prensa que se presentan en el apéndice 2 fueron editadas para una mejor presentación y comprensión, pero no se modificó el sentido de estas, por lo que el lector podrá observar que en algunos casos la información es confusa, en otros casos se hacen afirmaciones que probablemente no son correctas, especialmente las relacionadas con el mecanismo de lesión, y en la mayoría de las notas la información presentada es insuficiente para poder realizar un análisis completo.

Las notas de prensa recopiladas permiten identificar que en algunas ocasiones estas suministran información coloquial, imprecisa e incompleta, lo cual dificulta determinar la causa real de las lesiones o muertes. Incluso en algunos casos se evidencia un gran desconocimiento de la población acerca de las causas

y efectos de las DEAT, esto también debido a creencias populares que no tienen ningún soporte científico; por ejemplo, enterrar a aquellos que han sido lesionados a causa de rayos para que se “des-energicen” o manifestar que la manipulación del teléfono celular es la que atrae la descarga del rayo. Además, los titulares empleados en este tipo de noticias suelen ser amarillistas, por lo que es muy probable que no se registren todos los incidentes, especialmente si no se presentan víctimas fatales.

A partir de esta información, los incidentes son clasificados dentro de ocho grupos, a saber: población escolar, deportes y recreación, campamentos y parques, equipos de rescate, población rural y agricultores, población urbana y semiurbana, fuerzas militares y animales domésticos.

Población escolar

Noticias 10, 87, 95 y 98 (apéndice 2). En relación con este grupo, no se encontró ningún reporte sobre impactos directos de rayos en escuelas colombianas. No obstante, medios locales reportaron el caso de un joven que fue herido por un rayo que impactó en el campus de su universidad mientras estaba caminando. También se reportaron los casos de algunos estudiantes de escuelas que resultaron lesionados cuando estaban de regreso a sus casas después de clases.

Los campus universitarios frecuentemente poseen extensos terrenos al aire libre donde los edificios están separados por largas distancias, lo cual constituye un factor de riesgo para las personas que se desplazan a pie, especialmente cuando una tormenta eléctrica se aproxima. El estudiante que fue herido por un rayo mientras caminaba por el campus podría haber garantizado su seguridad permaneciendo dentro de uno de los edificios durante la lluvia y por al menos 30 minutos después de que la tormenta cesara, aun cuando hacer esto pudiera implicar llegar tarde a clase.

En relación con los casos de los estudiantes de escuelas, en zonas rurales es típico que existan largas distancias entre la escuela y los hogares de los niños. Estos desplazamientos se hacen comúnmente en bicicleta, en moto o a pie. Esta es una situación compleja debido a que los niños no tienen alternativas de transporte que les brinden seguridad ante la amenaza de los rayos. No obstante, las autoridades de las escuelas podrían ayudar en gran manera impartiendo de forma permanente charlas informativas sobre prevención contra rayos, entre ellas, no quedarse en ningún punto a lo largo del camino durante una tormenta eléctrica, no buscar refugio bajo árboles o kioscos e ir a casa en grupo y lo más rápido posible.

Deportes y la recreación

Noticias 21, 24, 32, 37, 74 y 84 (apéndice 2). A excepción de la noticia número 32, todos los involucrados en este bloque de noticias fueron lesionados por rayos durante partidos de fútbol. La forma efectiva para prevenir este tipo de incidentes es detener todas las actividades deportivas al primer sonido de un trueno, buscar refugio en una edificación segura y reiniciar actividades después de que el último trueno sea escuchado. Aunque esto parezca ser responsabilidad del árbitro, en realidad todo individuo es responsable de su seguridad y puede también exigir la suspensión inmediata del juego para salvaguardar su propia seguridad, en caso de que el árbitro no sea consciente del peligro o de que no ejerza liderazgo.

Una posible interpretación de los hechos ocurridos al joven de 19 años que murió por un rayo mientras cruzaba el campo de fútbol después de que el partido fue pospuesto debido a la fuerte lluvia, es la falta de instrucción sobre prevención contra rayos, con la cual es posible que se hubiese evitado el deceso de dicho joven.

Campamentos y parques

Noticia 91 (apéndice 2). En octubre del 2014, once indígenas murieron y quince más resultaron heridos por un rayo durante una de sus celebraciones tradicionales. La descarga eléctrica del rayo impactó la choza donde ellos se encontraban reunidos. Una detallada descripción del escenario del incidente es presentada por Cristancho *et al.* (2019). Este acontecimiento fue reportado por los medios y llegó a ser ampliamente conocido a lo largo del país, pues causó gran consternación debido a su magnitud y a la rareza de incidentes por rayos con múltiples víctimas en Colombia. El incidente ocurrió dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Natural Tayrona, administrado por el Sistema de Parques Nacionales Naturales, uno de los parques más populares en Colombia para el ecoturismo y el camping.

Los parques nacionales naturales son el hogar de gran cantidad de indígenas nativos, quienes hoy continúan practicando sus costumbres y tradiciones. En consecuencia, es necesario que las autoridades, tanto de los parques como de las comunidades indígenas, inicien esfuerzos de colaboración para aumentar la conciencia sobre los peligros de los rayos en estas áreas.

Equipos de rescate

Noticia 2 (apéndice 2). Un salvavidas murió debido a un impacto de rayo en el momento en el que los bañistas requerían ser evacuados de un escenario

peligroso. Una tormenta eléctrica estaba sobre la playa y el salvavidas comenzó a pedirle a la gente que abandonara el lugar. Infortunadamente, el rescatista murió y otras tres personas resultaron heridas.

Este reporte es un claro ejemplo del conflicto que puede existir entre el liderazgo y el autocuidado al enfrentar una situación de riesgo por DEAT. Aun cuando ayudar a las personas era su responsabilidad, el salvavidas no debió haber descuidado su propia seguridad, no solo por él mismo sino también porque la mejor manera de ayudar a otros es garantizar primero la seguridad propia. Este comportamiento es común entre equipos de rescate, en gran parte debido a que en su entrenamiento no reciben instrucción alguna sobre prevención contra rayos. Asimismo, si las personas que en ese momento estaban en la playa hubieran sido educadas previamente en relación con la información en prevención contra rayos, hubieran abandonado la playa por su propia cuenta debido a las condiciones climáticas.

Población rural y agricultores

Noticias 7, 12, 13, 15, 16, 18, 22, 23, 26, 30, 31, 40-44, 46, 47, 49-51, 54-56, 59, 61-63, 69, 73, 76, 79, 82, 83, 86, 90, 97 y 100 (apéndice 2). La mayoría de ellas reportan lesiones por rayos a campesinos que viven o trabajan en zonas rurales. Los incidentes involucraron a personas que realizaban sus trabajos cotidianos como pesca, recolección de café, corte de madera, agricultura y cosecha. Infortunadamente, cuando alguien tiene que escoger entre trabajar y buscar refugio seguro contra rayos, puede ser que no escoja la mejor opción y continúe trabajando. Sumado a lo anterior, los habitantes y trabajadores de zonas rurales, en su mayoría, necesitan recorrer largas distancias entre el trabajo y sus hogares, y lo hacen a caballo, en bicicleta, en moto o a pie. Además, en otras ocasiones, algunas de estas personas fueron lesionadas por rayos cuando buscaron refugio debajo de árboles o dentro de estructuras no seguras.

La noticia 31 presenta el ejemplo de una creencia común errónea que considera que cuando una persona ha sido afectada por un rayo, la carga eléctrica permanece en el cuerpo y por tanto este debe ser descargado enterrando a la víctima. El incidente involucró a una joven de 17 años que fue enterrada luego de ser impactada por un rayo en lugar de ser llevada al hospital, al cual fue remitida una hora después del incidente. Este caso revela cuán peligroso puede ser actuar siguiendo creencias incorrectas y sin una debida capacitación frente a cómo proceder en caso de una lesión por rayos.

Otro aspecto en el cual hacer hincapié es el retraso en la atención médica inmediata, debido a que las lesiones por rayos se presentan en lugares distantes

o de difícil acceso, y muy retirados de los centros de salud. En estos casos, la asistencia en primeros auxilios es más crítica, lo que evidencia la necesidad de que más personas sean instruidas y capacitadas en primeros auxilios para prestar ayuda inmediata a aquellos que son lesionados por DEAT. Sin embargo, se puede concluir que el acceso a tal entrenamiento fuera de los centros urbanos es limitado y normalmente pocas personas tienen la voluntad de participar.

Población urbana y semiurbana

Noticias 1, 3-6, 8, 9, 14, 19, 29, 34-36, 38, 45, 48, 52, 53, 57, 64-68, 71, 75, 77, 78, 80, 81, 88, 92 y 99 (apéndice 2). Un menor número de habitantes urbanos en Colombia resultan lesionados por rayos en ciudades principales y ciudades intermedias en comparación con los numerosos casos reportados en zonas semiurbanas. Sin embargo, se han identificado varias prácticas peligrosas como permanecer en techos o en espacios abiertos dentro de las casas, tales como patios y pequeños lotes, durante una tormenta eléctrica. Un número pequeño de casos se presentó cuando los lesionados se encontraban al aire libre, en parques municipales y cementerios.

Los comportamientos que amenazan la seguridad de la población solo se pueden cambiar a través de una formación constante y persistente en prevención contra rayos. No debemos olvidar que, aunque existen normas y regulaciones para protección contra rayos aceptadas internacionalmente, estas son para la protección de estructuras y ninguna está orientada directamente a la protección de personas (Gomes *et al.*, 2012; Gomes y Gomes, 2014; Gomes *et al.*, 2016).

Fuerzas militares

Noticias 11, 17, 20, 25, 28, 33, 39, 58, 60, 70, 72, 85, 89, 93, 94 y 96 (apéndice 2). Se puede evidenciar que algunas veces los eventos relacionados con DEAT dentro del Ejército Nacional involucran más de una muerte. Los incidentes han ocurrido mientras los soldados se encuentran patrullando en campo abierto o mientras realizan guardia desde refugios no seguros. En este sentido, las fuerzas militares han expresado su preocupación por el gran número de muertes y lesiones sufridas por su personal debido a descargas de rayos.

Es evidente la necesidad de instalar sistemas adecuados de protección contra rayos dentro de las bases y los campamentos militares. Además, el personal militar debería considerar la prevención contra rayos en el momento de planear sus actividades, particularmente aquellas como patrullaje, guardia y operaciones ofensivas. No obstante, la gran mayoría del personal militar no ha recibido ninguna instrucción con relación a lesiones por rayos. Por otra parte, soldados y

comandantes pueden estar divididos al mismo tiempo entre tomar acciones de autocuidado, como evitar trabajar o hacer guardia en espacios desprotegidos durante una tormenta eléctrica, las órdenes de sus superiores y las necesidades de las misiones militares. En ocasiones, ellos se enfrentan a una difícil decisión: garantizar su propia seguridad en una situación riesgosa o ser castigados por desobedecer órdenes. Por esta razón, siempre es mejor educar a todo el personal militar sobre los peligros de las DEAT, de tal forma que las instrucciones de prevención contra rayos puedan ser acordadas antes de que alguien sea puesto en peligro durante una tormenta eléctrica.

Animales domésticos

Noticia 27 (apéndice 2). Entre los grupos analizados, probablemente la situación más difícil es prevenir la muerte de animales domésticos por rayos, dado que la seguridad de los animales depende enteramente de las medidas que sus dueños decidan tomar. Los esquemas de protección contra rayos para cercas no son siempre viables debido a los altos costos y a los desafíos técnicos, por lo que la implementación de tales esquemas es raramente vista en las fincas colombianas.

Por desgracia, los refugios para animales son probablemente menos seguros contra rayos que los refugios para personas. No obstante, los granjeros podrían considerar algunas recomendaciones de prevención contra rayos, como evitar ubicar los rebaños en áreas abiertas durante tormentas eléctricas.

Consideraciones finales sobre los escenarios de riesgo con lesiones por rayos en Colombia

Aunque las DEAT nube-tierra son comúnmente las más conocidas y a las que mayor atención se presta al momento de hablar de riesgo por rayos, en este capítulo se ha demostrado que existen al menos seis mecanismos de lesión por rayos, los cuales tienen diferentes características y producen diferentes afectaciones en las víctimas. En este sentido, es necesario contar con información más completa que permita identificar y clasificar los eventos de heridos y muertes por rayos, dependiendo del mecanismo de lesión. Lamentablemente, en la actualidad los esquemas de protección contra rayos y los SAT solo se encuentran disponibles para algunos sectores de la industria y no para las comunidades rurales que más los necesitan, debido a que a estas poblaciones no les es posible asumir los costos elevados de su diseño, implementación y operación.

Por otra parte, la discusión presentada sobre algunos de los principales escenarios de riesgo por DEAT muestra la evidente necesidad que hay de

contar con programas de educación en prevención contra rayos en Colombia. Estos programas deben realizarse cuando las personas están sin riesgo, no en el momento en el que ocurre una tormenta eléctrica. En ocasiones, proveer educación pocas semanas después de que un incidente ha ocurrido, puede ser la mejor oportunidad para influenciar a la audiencia y así ayudar a cambiar su comportamiento.

Finalmente, también es recomendable escuchar a aquellos que han sido afectados por incidentes relacionados con rayos mientras las emociones están todavía alteradas, para considerar los posibles traumas, creencias y temores populares e incorporarlos en los procesos de educación (Cooper y Holle, 2019). Un gran número de variables se encuentran presentes cuando ocurre una lesión por rayos, sin importar cuál tipo de población sea afectada, por lo que tenerlas en cuenta es esencial para avanzar en el desarrollo de más y mejores métodos de prevención contra rayos que sean prácticos y sencillos de implementar en cualquier ocasión.

A dramatic black and white photograph of a stormy sky. Dark, heavy clouds fill the upper two-thirds of the frame. A bright, jagged lightning bolt strikes down from the center-left, with several smaller, branching bolts visible below it. The lower third of the image shows the dark silhouette of a mountain range or hills against the lighter sky.

Capítulo 2.

**Caracterización y análisis de los programas
y recursos de educación en prevención
contra descargas eléctricas atmosféricas**



Caracterización y análisis de los programas y recursos de educación en prevención contra descargas eléctricas atmosféricas

En este capítulo se describen los componentes y los indicadores de impacto de los programas de educación en prevención contra rayos que han sido implementados desde comienzos de este siglo. Debido a su extensión, estos programas frecuentemente son tomados como los principales referentes en la búsqueda de lograr impactos nacionales y continentales a través de la promoción de la concientización sobre la prevención contra rayos. Además, los indicadores de impacto son una evidencia de la efectividad que han tenido desde su inicio hasta ahora.

Después de haber adquirido un mejor entendimiento de las metodologías educativas para la prevención contra rayos existentes y de haber explorado sus medios de difusión, se presentará el análisis de resultados de la aplicación de la metodología propuesta por los autores para determinar cuáles podrían ser los medios de difusión más efectivos en la propagación del mensaje de la prevención entre la población rural.

Contextualización de los programas de educación en prevención contra rayos

Como lo plantea la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco), la reducción del riesgo de desastres (RDD) tiene por objeto aumentar la resistencia de la sociedad y su capacidad para afrontar esos peligros. En tal sentido, “la educación debe desempeñar una función esencial en esa tarea, al dotar a la gente de conocimientos y competencias que puedan salvar vidas y configuren un ecosistema sostenible desde el punto de vista medioambiental” (Unesco, 2011, p. 19). Por lo tanto, la afirmación de que la educación es el camino para empoderar a las personas en relación con la seguridad y con la sostenibilidad, reafirma la necesidad de que los programas en prevención contra rayos deban ser diseñados para proveer educación en lo concerniente a la seguridad de los seres vivos contra las lesiones que puedan sufrir por las DEAT.

“La educación pública puede hacer la diferencia” es la premisa principal que ha estado impulsando a investigadores y profesionales de diferentes campos a trabajar juntos, como nunca se había hecho antes, para prevenir las lesiones provenientes de los DEAT. En este sentido, la formación de equipos interdisciplinarios en los que múltiples áreas de conocimiento y experticia abordan este tema ha sido recomendada por algunos investigadores en prevención contra rayos, con el fin de crear e implementar métodos diversos para educar a tantas personas como sea posible (Cooper y Holle, 2004).

En efecto, todas las iniciativas y los programas relacionados con la prevención contra rayos se enfocan en proveer instrucción a las personas sobre las reglas generales de este tipo de prevención (*lightning safety rules* - LSR). Las LSR buscan abarcar toda la información básica que las personas deben conocer para prevenir lesiones por rayos, incluyendo un conocimiento elemental sobre la naturaleza de las DEAT, una serie de instrucciones sobre qué hacer antes, durante y después de una tormenta eléctrica, y consejos sobre cómo reducir el riesgo al interior de edificaciones y al aire libre. El siguiente es un ejemplo de LSR presentadas al público general a través de un sitio web gubernamental de Estados Unidos (NWS, 2017a):

Los rayos: lo que necesitas saber

- ¡*Ningún lugar* al aire libre es seguro cuando hay tormentas eléctricas en el área!
- Si logras escuchar un trueno, los rayos están lo suficientemente cerca de ti para poder hacerte daño.
- Cuando escuches un trueno, *inmediatamente* ve a un refugio seguro: una edificación con electricidad o plomería metálica o un vehículo con cubierta metálica y con las ventanas cerradas.
- Permanece en el refugio hasta al menos 30 minutos después de que hayas escuchado el último trueno.

Seguridad al interior

- Mantente alejado de teléfonos con cables, computadoras y otros equipos eléctricos que te pongan en contacto directo con la electricidad.
- Evita las tuberías, incluidos lavabos, bañeras y grifos.
- Permanece alejado de ventanas y puertas, y mantente lejos de los pórticos.
- No te acuestes en los pisos de concreto ni te apoyes en las paredes de concreto.

Consejos como último recurso para la reducción del riesgo al aire libre.

Si eres sorprendido al aire libre sin un refugio seguro cercano, las siguientes acciones pueden reducir tu riesgo:

- Evacua inmediatamente áreas elevadas como colinas, crestas montañosas o picos.
- Nunca te acuestes en el piso.
- Nunca te refugies bajo un árbol que esté solitario.
- Nunca utilices un acantilado o una proyección rocosa como refugio.
- Sal inmediatamente de estanques, lagos y otros cuerpos de agua.
- Mantente alejado de objetos que conducen electricidad (cercas de alambres de púas, líneas eléctricas, molinos de viento, etc.).

Aunque el mensaje de la prevención contra rayos es el mismo para todos, no todas las personas pueden beneficiarse de la protección que ofrecen las edificaciones seguras y los vehículos. Por ejemplo, el 90 % de las viviendas subsaharianas son no seguras contra rayos (Holle y Cooper, 2016b); la mayoría son pequeñas estructuras de ladrillo de barro cubiertas con paja o con techos de hojas metálicas, las cuales poseen pocas o ninguna de las características de una edificación segura contra rayos.¹¹

Adicionalmente, algunas personas en ciertos países de Asia y África habitan en pequeñas estructuras que, de acuerdo con los estándares de evaluación del riesgo, no necesitan ninguna protección estructural contra rayos, pero las lesiones reportadas muestran que en realidad no ofrecen protección contra las DEAT, pues son refugios inadecuados cuando la tormenta eléctrica se aproxima (Gomes *et al.*, 2016).

Al menos tres programas de educación en prevención contra rayos, a escala nacional y continental, han sido implementados desde el inicio de la década pasada. Los presentamos a continuación del más antiguo al más reciente:

- *US Lightning Safety Week (LSW¹²)*, llevado a cabo en Estados Unidos desde el 2001 (Cooper y Holle, 2012).

11 Se define como una edificación habitable con cableado y tubería que va a través de sus paredes y simula una jaula de Faraday, la cual dirige la corriente de rayo a tierra, sin importar en qué parte de la estructura haya golpeado la descarga atmosférica, haciéndola inofensiva para cualquiera de sus habitantes.

12 Sitio web: weather.gov/iln/lightningsafetyweek

- *South Asian Lightning Awareness Program (SALAP¹³)*, realizado en Sri Lanka, Bangladesh y Bután entre octubre del 2004 y marzo del 2005 (Gomes *et al.*, 2005; Jayaratne y Gomes, 2012).
- *African Centres for Lightning and Electromagnetics Network (ACLENet¹⁴)*, el cual se ha enfocado en abarcar todo el continente africano desde febrero del 2014 (Cooper *et al.*, 2016; Cooper *et al.*, 2018).

Asimismo, diferentes organizaciones públicas y privadas, incluyendo algunos centros de investigación, han estado proponiendo e intentando implementar iniciativas en prevención contra rayos que puedan educar a las personas sobre los peligros de las DEAT.

Componentes de los programas e iniciativas en prevención contra rayos

Numerosas lecciones pueden ser aprendidas al explorar los componentes de los programas integrales y de algunas de las principales iniciativas aisladas en prevención contra rayos. Estos componentes fueron recopilados y luego clasificados en la tabla 6 y en la tabla 7, en las cuales los países involucrados, la ventana de tiempo, las poblaciones objetivo, su justificación, objetivos, proyectos y medios de difusión son presentados.

La tabla 6 expone las principales metodologías educativas utilizadas en los programas integrales en prevención contra rayos enumerados anteriormente. Los elementos pertenecientes a estas metodologías varían de acuerdo con los países en los que los programas se desarrollan. Por ejemplo, los países desarrollados tienen una mayor probabilidad de implementar recursos educativos masivos, como sitios web y espacios televisivos, mientras que en los países en vía de desarrollo las personas son en su mayoría educadas recibiendo el mensaje de la prevención contra rayos personalmente en los lugares donde viven. De igual forma, los contextos sociales influyen puntualmente en los contenidos de las metodologías educativas, particularmente en los países con una marcada desigualdad, donde las brechas en el acceso a la educación y al empleo formal son barreras para la difusión del mensaje de la prevención contra rayos, lo que resulta en un gran número de personas que viven sin estar conscientes del posible riesgo que representan las DEAT en los lugares de vivencia o trabajo.

13 Documento descriptivo disponible en: pdf.usaid.gov/pdf_docs/Pnadd530.pdf

14 Sitio web: aclenet.org

Tabla 6. Componentes de los programas integrales en prevención contra rayos

South Asian Lightning Awareness Program - SALAP	
Continente	Asia
Países	Sri Lanka, Bangladesh, Bután
Tiempo	Octubre 2004-marzo 2005
Población objetivo	Público en general
Justificación	Cada año, en el sur de Asia mueren más de 500 personas y varios miles sufren lesiones de diversos grados debido a los rayos. El daño causado por los rayos en los sectores eléctrico, de comunicaciones e industrial, e incluso en el ámbito doméstico, supera los varios cientos de millones de dólares por año. Muchas de las amenazas de rayos pueden minimizarse brindando la educación adecuada a ingenieros, científicos, administradores y público en general con respecto a la cultura de prevención contra rayos.
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Educar al público en general y a la comunidad de ingenieros en el sur de Asia en relación con los aspectos básicos de los rayos, sus peligros asociados y la protección contra estos. • Tener el nivel más bajo posible de daños por rayos en industrias, instituciones proveedoras de servicios, almacenes electrónicos y eléctricos, centrales eléctricas, refinerías de petróleo en Bangladesh y Bután para que el costo de reemplazo de equipos y las pérdidas por tiempo de inactividad se mantengan en el nivel mínimo. • Tener sistemas de potencia y comunicación con una exposición mínima a las amenazas por rayos, para que se pueda brindar un servicio confiable e ininterrumpido a los consumidores. • Tener un público en general con conocimientos en protección contra rayos para que las muertes, lesiones y daños a la propiedad en los hogares, etc. se mantengan al mínimo.
Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> • Transmitir el mensaje de la prevención contra rayos a la sociedad a través de los alumnos de escuelas. Los maestros de escuelas también son un medio de comunicación poderoso entre los expertos y la sociedad. Especialmente, en las zonas rurales, el maestro desempeña un papel vital en la comunidad y, con mayor frecuencia, asume el liderazgo en programas comunitarios (Sri Lanka). • Desarrollar un foro interdisciplinario para la educación y el intercambio de conocimientos sobre las últimas investigaciones y desarrollos en el área relacionada con la física atmosférica y con los rayos, la protección, así como las descargas de rayos, a fin de promover vínculos y colaboraciones entre los ingenieros y científicos activos en la región (Bután).
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Seminarios en cinco recintos escolares con alta densidad de rayos (Sri Lanka). • Talleres para maestros de colegios y trabajadores sociales (Bangladesh). • Taller para ingenieros, docentes y funcionarios gubernamentales (Bután).

Lightning Safety Week - LSW	
Continente	Norteamérica
Países	Estados Unidos
Tiempo	2001 hasta ahora
Población objetivo	Público en general
Justificación	<p>Los rayos son una de las mayores amenazas relacionadas con tormentas en Estados Unidos. Durante los últimos 30 años, la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional (NOAA) y el Servicio Meteorológico Nacional (NWS) han documentado alrededor de 1900 muertes causadas por rayos en Estados Unidos según las estadísticas hasta el 2006. Estas estadísticas muestran que los rayos son la segunda causa de muertes relacionadas con tormentas, superados únicamente por las inundaciones. Para reducir el número de víctimas de rayos (muertes y lesiones) en este país, la NOAA y el NWS han trabajado para encontrar formas de llamar la atención sobre este asesino subestimado.</p>
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • El objetivo principal del esfuerzo de concientización sobre la prevención contra rayos de la NOAA es reducir la cantidad de muertes y lesiones por rayos en Estados Unidos. • Educar y crear conciencia sobre los peligros de los rayos para reducir la cantidad de muertes y lesiones causadas por los rayos. • Ofrecer una visión sobre la ciencia de los rayos.
Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> • La Semana de la Prevención Contra Rayos (LSW) se realiza anualmente durante la última semana de junio.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • El sitio web de la LSW se ha convertido en el principal de su tipo en prevención contra rayos con información general, estadísticas actualizadas de lesiones, juegos, rompecabezas, anuncios de servicio público y secciones especializadas para los medios, los maestros, los navegantes y mucho más. • Los materiales, los obsequios alusivos y las actualizaciones de los contenidos de la LSW han sido distribuidos a las 120 oficinas del Servicio Meteorológico Nacional de los Estados Unidos. • El equipo central de la LSW y otras personas se han puesto a disposición para miles de entrevistas con periódicos, radio y televisión, han trabajado en docenas de documentales y continúan sus propias investigaciones y publicaciones. • “León, el león de la prevención contra rayos”, se ha convertido en un personaje amigable y útil para enseñar a los niños qué hacer cuando escuchen los truenos.

Red de Centros Africanos para los Rayos y el Electromagnetismo - ACLENet	
Continente	África
Países	Todos los países
Tiempo	Febrero del 2014 hasta ahora
Población objetivo	Público en general
Justificación	<p>Durante los últimos años, se ha observado en la Red de Centros Africanos para los Rayos y el Electromagnetismo (ACLENet) que la cantidad de muertes y lesiones por rayos en África es abrumadoramente alta en comparación con Estados Unidos, Europa y otros países “desarrollados”, incluso en comparación con otros países con alta densidad de rayos como Malasia y Singapur. Mientras que frases como “Cuando los truenos rugen, ¡Todos Adentro!” pueden ser efectivas en países desarrollados donde hay edificaciones generalmente seguras, el 90 % de las edificaciones subsaharianas no son seguras contra los rayos. De hecho, las investigaciones muestran que la mayoría de los informes de muertes múltiples en África involucran a personas que buscaron refugio en las “estructuras permanentes” disponibles en sus comunidades.</p>
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar a los centros nacionales para la prevención contra rayos en África mediante la transferencia de conocimientos, el desarrollo de habilidades, la capacitación de educadores, el intercambio de estudiantes y expertos, la canalización de posibles fondos, el suministro de las instalaciones técnicas necesarias y demás asistencia. • Establecer un equipo de investigación sólido para trabajar en aspectos de meteorología, física, ingeniería, salud, sociedad y otros aspectos de los rayos con resultados científicos de prestigio internacional. • Desarrollar una red regional africana sólida de promoción de la conciencia sobre la prevención contra rayos que irrumpa en áreas rurales remotas. • Abogar por la instalación de sistemas nacionales y regionales de detección y alerta de rayos y alentar el intercambio de datos entre todas las comunidades africanas involucradas. • Capacitar a ingenieros y personal técnico en sistemas de protección contra rayos científicamente aceptados con énfasis en soluciones de bajo costo y formar una red regional de expertos. • Desarrollar una base de datos de rayos que incluya información sobre muertes y estadísticas en la región. • Comprometerse a cumplir otros objetivos incluidos en la Declaración de Colombo (24 de mayo del 2007), la Resolución de Katmandú (14 de octubre del 2011) y la Resolución de Kampala (7 de febrero del 2013) sobre Protección y Prevención contra Rayos que fueron respaldadas por los participantes internacionales interesados.

Proyectos	<ul style="list-style-type: none"> • Detección de rayos. • Investigación. • Educación. • Concientización y prevención: trabajar con maestros y estudiantes para difundir información sobre prevención contra rayos, formar clubes meteorológicos, etc. • Protección contra rayos: diseño de sistemas de protección contra rayos (LPS) para cada escuela. • Salvar una vida en África - Recaudación de fondos. • Proyecto de alerta temprana en el lago Victoria.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Entrenamiento (entrenamiento técnico formal, talleres, seminarios. • Encuestas en escuelas. • Folletos. • Educación de posgrado en física de las descargas eléctricas atmosféricas y otras áreas técnicas para capacitar a los expertos de África.

Fuente: elaboración propia.

Por su parte, entre los medios de difusión identificados como parte de las metodologías educativas implementadas por instituciones públicas y privadas y por organizaciones gubernamentales (tabla 7) se resaltan los sitios web, guías, folletos, obsequios alusivos, aplicaciones para alertas climáticas, videos, documentales, libros, seminarios, talleres, artículos, consultoría, entre otros. Aunque en ocasiones no es posible observar la efectividad a largo plazo de las iniciativas aisladas, su implementación es un factor clave para ayudar a que aquellas personas que viven en países donde todavía no existen programas integrales de prevención contra rayos puedan conocer el riesgo asociado a las DEAT y sean educadas para enfrentarlo.

Tabla 7. Componentes de algunas de las principales iniciativas aisladas en prevención contra rayos

National Collegiate Athletic Association (NCAA) ¹⁵	
Continente	Norteamérica
Población objetivo	Personas involucradas en actividades de recreación y deporte
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar información específica sobre seguridad contra rayos, la prevención y el tratamiento de lesiones y brindar recomendaciones de prevención para los entrenadores atléticos certificados y para aquellos que participan en actividades deportivas y recreativas.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Sitios web. • Guías. • Artículos y secciones de libros.

15 Documento descriptivo disponible en: ncaapublications.com/productdownloads/MD15.pdf#page=19

Lightning Protection Institute (LPI)¹⁶	
Continente	Norteamérica
Población objetivo	Profesionales, consumidores y público en general
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la educación en protección contra rayos, sensibilización y seguridad. • Divulgar la información a los consumidores / usuarios potenciales de manera agresiva y ofrecer servicios de apoyo a los miembros para promover este esfuerzo. • Convertirse en la autoridad líder en seguridad a través de sistemas completos de protección contra rayos en el mercado de la construcción. • Extender el tamaño del mercado de protección contra rayos mediante educación, especificaciones adicionales e ingresos de los miembros.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Sitios web. • Guías. • Videos. • Folletos. • Artículos científicos. • Consultoría.
National Lightning Safety Institute (NLSI)¹⁷	
Continente	Norteamérica
Población objetivo	Profesionales, investigadores y público en general
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Promover, a través de la educación, la prevención contra rayos para el bien público. • Proporcionar foros a través de los cuales se pueden informar, discutir y publicar los principios y técnicas de prevención contra rayos. • Proporcionar un puente entre investigadores profesionales y aquellos que necesitan información objetiva sobre la prevención contra rayos. • Establecer protocolos específicos de auditoría y certificación, así como programas de inspección en sitio de ingeniería, para mejorar la protección contra rayos cuando sea necesario. • Fomentar la inclusión de la información de prevención contra rayos en los currículos técnicos de las escuelas. • Cooperar con organizaciones nacionales e internacionales que tengan objetivos comunes o relacionados.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Sitio web. • Consultoría. • Entrenamiento. • Reportes técnicos. • Libros.

¹⁶ Sitio web: www.lightning.org

¹⁷ Sitio web: www.lightningsafety.com

National Fire Protection Association (NFPA)¹⁸	
Continente	Norteamérica
Población objetivo	Bomberos y público en general
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Enseñar cómo mantener a las personas y a sus familias a salvo cuando se presentan tormentas eléctricas.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Sitio web. • Guías.
Struck by Lightning Organization¹⁹	
Continente	Norteamérica
Población objetivo	Público en general
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la educación en prevención y protección contra electricidad y rayos. • Hacer que el eslogan "Cuando los truenos rugen, ¡Todos Adentro!" sea tan efectivo para la prevención contra rayos como "Parar, echarse al suelo y rodar" es para la seguridad contra incendios. • Proporcionar imanes con el mensaje de prevención a cada niño de escuela primaria en el país.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Sitio web. • Consultoría. • Base de datos de impactos de rayos. • Estadísticas de impactos de rayos. • Entrevistas. • Videos. • Imanes relacionados a la prevención contra rayos.
Environment and Climate Change²⁰	
Continente	Norteamérica
Población objetivo	Público en general
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Mantener informada a la gente sobre los rayos y sus peligros, así como predecir cuándo y dónde caerá un rayo.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Sitio web. • Guías. • Mapa de riesgo por rayos. • Videos oficiales. • Quizzes. • Documentos técnicos.

18 Sitio web: [nfpa.org/news-and-research/fire-statistics-and-reports/fire-statistics/fire-causes/lightning-fires-and-lightning-strikes](https://www.nfpa.org/news-and-research/fire-statistics-and-reports/fire-statistics/fire-causes/lightning-fires-and-lightning-strikes)

19 Sitio web: struckbylightning.org

20 Sitio web: canada.ca/en/environment-climate-change/services/lightning/safety.html

Lightning Awareness Research Centre (LARC)²¹	
Continente	Asia
Población objetivo	Investigadores y público en general
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Difundir información sobre la prevención contra rayos entre el público para proteger vidas y bienes valiosos. • Capacitar a las partes interesadas en las últimas tecnologías y sistemas de protección contra rayos. • Asegurar que los dispositivos de protección contra rayos comercializados en el país cumplan con los estándares prescritos. • Ofrecer asesoría política y técnica en las áreas relacionadas con los rayos. • Fomentar la inclusión de información sobre prevención contra rayos en los planes de estudio de las escuelas y las actividades de IEC de todas las organizaciones interesadas. • Cooperar y establecer redes con organizaciones nacionales e internacionales que tengan objetivos similares.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Sitio web. • Clases, seminarios, programas de entrenamiento y talleres. • Consultoría y servicios de inspección. • Publicación de libros, posters, folletos y documentos en temas relacionados con los rayos.
Royal Society for the Prevention of Accidents (ROSPA)²²	
Continente	Europa
Población objetivo	Sector educativo y público en general
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Proveer educación en prevención contra el riesgo para cubrir las necesidades del sector educativo y el público en general.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Sitio web. • Consultoría en educación para la prevención. • Guías.
Lightning Safety Council²³	
Continente	Norteamérica
Población objetivo	Público en general
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> • Promover la educación y concienciación sobre la prevención contra rayos.
Medios de difusión	<ul style="list-style-type: none"> • Sitio web. • Eventos. • Guías.

Fuente: elaboración propia.

21 Sitio web: cissa.co.in/activities/projects/lightning-protection

22 Sitio web: rospa.com/leisure-safety/advice/lightning

23 Sitio web: lightningsafetycouncil.org/LSC-Home.html

Metodologías educativas por población

Uno de los desafíos más grandes que enfrentan los programas de educación en prevención contra rayos es encontrar los medios efectivos para difundir su mensaje con éxito entre personas que pueden tener diversas características, hablar múltiples idiomas o trabajar en condiciones variables. Como Gomes y Gomes (2014) indican, “no hay un módulo de prevención uniforme que pueda ser aplicado a todas las comunidades con éxito” (p. 1). Teniendo en cuenta esto, Villamil *et al.* (2015) afirman:

Aunque la información relacionada a las muertes y lesiones debidas a los rayos es limitada y solamente está disponible en un pequeño número de países, principalmente en los desarrollados, una variedad de metodologías públicas de educación en prevención contra rayos han sido implementadas con el fin de dar atención a la urgente necesidad de brindar educación sobre el tema en varios lugares, llevadas a cabo de acuerdo a las características de cada grupo de personas, las cuales han sido identificadas por los investigadores como la clave para hacer la diferencia. (p. 1)

Estos autores realizan una revisión de las metodologías públicas de educación en prevención contra rayos existentes, con el objetivo de identificar los recursos y las estrategias que han sido incluidas en ellas para difundir el mensaje de la prevención, unificándolas dentro de los diferentes grupos poblacionales considerados en el capítulo 1 (excluyendo las fuerzas militares, para las cuales no se encontraron metodologías educativas). Los resultados son resumidos en la tabla 8.

Tabla 8. Recursos y estrategias de las metodologías de educación en prevención contra rayos por población

Población	Descripción
Población escolar	Los trabajadores y los estudiantes de los colegios se han convertido en uno de los principales blancos de los programas de prevención contra rayos a causa del gran potencial que tienen para replicar la información aprendida. Guías para la seguridad, cuestionarios a modo de encuesta, capacitación en centros científicos, talleres, seminarios, exhibiciones científicas, videos, sitios web, juegos, concursos de preguntas y respuestas, posters, boletines, libros para colorear, calendarios, camisetas, pancartas, íconos de promoción, entre otros, son parte de los recursos de los programas de prevención en escuelas para estudiantes y maestros.
Deportes y recreación	Los expertos recomiendan seguir las instrucciones en prevención contra rayos existentes junto con los planes de acción que han sido específicamente diseñados para enfrentar situaciones de emergencia por rayos. Las instrucciones son presentadas a los participantes, por ejemplo, empleando megáfonos y poniendo instrucciones en los programas, pancartas y sitios de los eventos.

Población	Descripción
Campamentos y parques	Uno de los mecanismos necesarios para difundir eficazmente el mensaje de la prevención es crear conciencia sobre el peligro de los rayos entre los administradores y el personal de campamentos y parques, ya que estos son capaces de proporcionar información, capacitación y apoyo, a partir de la aplicación de procedimientos estándar previamente establecidos de acuerdo con el contenido de los lineamientos y las publicaciones existentes en el tema.
Equipos de rescate	Los equipos de rescate a menudo pueden estar en peligro porque atienden una situación peligrosa en un momento en el que las condiciones climáticas pueden no haberse estabilizado. También pueden carecer de conocimiento sobre cómo protegerse antes, durante o después de una tormenta eléctrica. Lo fundamental para cualquier rescate es que los rescatistas no se conviertan en víctimas por llevar al equipo a situaciones peligrosas. La seguridad de ambos, rescatistas y rescatados, debe ser siempre la prioridad.
Población rural y agricultores	Llegar a los habitantes de las zonas rurales con el mensaje de la prevención contra rayos es un objetivo ambicioso y de alta prioridad. Los programas de educación en prevención han tenido en cuenta factores como las creencias, los mitos y los posibles conceptos erróneos sobre el fenómeno del rayo, así como la tasa de alfabetización de las personas, los múltiples idiomas y el acceso a la tecnología y a la medicina. Aunque se están desarrollando estructuras protectoras de bajo costo, ninguna ha sido probada hasta la fecha en cuanto a su eficacia y seguridad.
Población urbana y semiurbana	Los patrones de los rayos nube-tierra que afectan las zonas urbanas defieren de aquellos que afectan a las zonas rurales, principalmente en términos de protección. No obstante, las áreas rurales y las áreas urbanas pequeñas pueden enfrentar las mismas dificultades al intentar difundir el mensaje de la prevención contra rayos, particularmente debido a las ideas preconcebidas de las personas y al uso común de pequeños refugios que son inseguros durante tormentas eléctricas. En respuesta, se han realizado esfuerzos educativos entre las comunidades urbanas y semiurbanas, por ejemplo, empleando encuestas y materiales de lectura, como folletos y cartillas.
Animales domésticos	Los investigadores han afirmado que se deben implementar medidas de protección para disminuir el número de animales domésticos víctimas de los rayos. Las recomendaciones incluyen consejos para la ubicación conveniente de los rebaños (lejos de las áreas abiertas) e instrucciones técnicas sobre cómo hacer que los corrales y las cercas sean más seguros contra los rayos. Este tema ya está empezando a ser una parte importante de algunos programas de educación en prevención contra rayos.

Fuente: adaptado de Villamil *et al.* (2015).

La atención de las necesidades de las personas considerando las particularidades de sus propios contextos hace que los esfuerzos pedagógicos para la prevención contra rayos sean más efectivos, por lo mismo las estrategias educativas y los recursos invertidos en ellas son de mayor provecho para las comunidades.

Indicadores de impacto de los programas integrales en la prevención contra DEAT

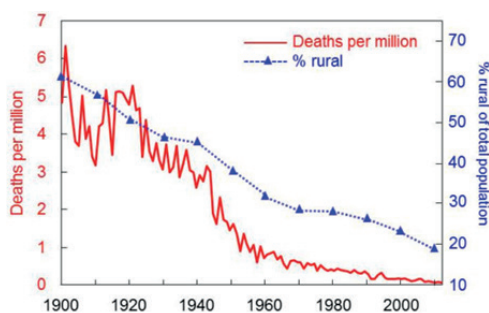
Para establecer el efecto que los programas de educación en prevención contra rayos han tenido, se tienen en cuenta tres indicadores de impacto: la tasa de mortalidad, el número de centros de estudio en prevención contra rayos y el número de publicaciones asociadas a la prevención contra rayos. Cada uno de estos indicadores de impacto es descrito y analizado a continuación.

Reducción en las tasas de mortalidad por rayos

El resultado más esperado de todos los programas para la prevención contra rayos es salvar vidas y evitar lesiones. Por tanto, el indicador principal de la efectividad de los programas son las tasas de mortalidad y morbilidad, antes y después de ser implementados. No obstante, recolectar la información necesaria para calcular estas tasas no es una tarea fácil, ya que es un proceso a largo plazo, las fuentes de información no son siempre uniformes (como puede verse en los datos presentados en la tabla 2) y no todos los casos son reportados. Sin embargo, en el caso de Estados Unidos, la implementación del programa en prevención contra rayos ha estado acompañada por estadísticas actualizadas de mortalidad por millón de habitantes que cuentan con registros de información incluso desde inicios del siglo pasado.

La figura 14 ilustra la tendencia de las muertes relacionadas con rayos junto con el porcentaje de población rural hasta el 2013.

Figura 14. Muertes en Estados Unidos relacionadas con rayos por millón de habitantes y porcentaje de población rural desde 1900 al 2013



Fuente: Holle y Cooper (2016b).

Al respecto Cooper y Holle (2012) resaltan que:

[...] Ha habido una firme disminución en la tasa de mortalidad por rayos dentro de la población estadounidense durante los últimos 20 años de trabajo, con una tasa de menos de 0.1/millón en cada uno de los últimos

tres años, en parte debido a los esfuerzos educativos de este grupo (el equipo de la LSW) y el apoyo de los medios de comunicación en la difusión de la información para la prevención contra rayos. (p. 1)

Desafortunadamente, este tipo de datos históricos anuales no está disponible para los países involucrados en los programas SALAP y ACLENet; en el primero debido a que no se han publicado tasas de mortalidad después de su finalización, y en el segundo porque se encuentra aún en construcción y la ventana de tiempo desde que inició es todavía muy pequeña. Se espera que durante los próximos años se puedan obtener las tasas de mortalidad y morbilidad por rayos de los países africanos que están siendo beneficiados por el programa ACLENet, así como de otros lugares del mundo en los que se ha venido avanzando en el tema de la prevención.

Incremento en el número de centros de estudio en prevención contra rayos

“Hay relativamente pocos centros donde los rayos son estudiados y un pequeño número de personas que los estudian en estos centros”, esta es la segunda premisa en la que Cooper y Holle (2014) fundamentan la necesidad de la movilización de la información en prevención para reducir las lesiones por rayos en las personas. Después de quince años de ser presentada esta reflexión, esta premisa continúa siendo cierta hoy.

Después de la finalización del programa SALAP hubo un acuerdo para crear los centros para la investigación y concientización en rayos de Bangladesh y Bután (Gomes *et al.*, 2005). Asimismo, se obtuvo la aprobación de las autoridades de Sri Lanka para el establecimiento de un centro nacional para la prevención contra rayos (Jayaratne y Gomes, 2012). En el caso del programa de África, su organización paraguas ACLENet, con sede principal en Uganda, y sus primeros centros nacionales ACLE-Zambia y ACLE-Malawi son una realidad hoy, mientras que otros países como Kenia, Ruanda y Sudáfrica han manifestado su interés en formar los propios (Cooper *et al.*, 2016; Cooper, *et al.*, 2018).

Con respecto a Estados Unidos, hasta el 2015 la LSW había sido parte de los servicios ofrecidos por el Servicio Meteorológico Nacional (NWS), que es una de las oficinas de la Administración Oceánica y Atmosférica Nacional (NOAA), agencia perteneciente al Departamento de Comercio de los Estados Unidos. Esto significa que el programa LSW estaba directamente conectado con el Gobierno estadounidense, por lo que no había sido necesario tener una institución diferente para la investigación en DEAT a escala nacional. No obstante, dado que la tasa de muertos por rayos alcanzó un nivel muy bajo, las prioridades dentro la NOAA cambiaron y la LSW no fue llevada a cabo en el 2016. Un lamentable resultado de ello tuvo que ver con que las muertes por

rayos pasaron de un promedio anual de 26 para los últimos 5 años previos (2011-2015) a 39 casos en el 2016, un salto del 50 % en un año (NWS, 2017b).

Incremento en el número de publicaciones asociadas a la prevención contra rayos

El número de publicaciones relacionadas con la educación en prevención contra rayos también se ha incrementado desde que los programas de prevención empezaron, lo que contribuyó en gran manera a la difusión y apropiación del trabajo realizado en ellos por más de quince años. Algunas de las publicaciones más destacadas son:

Lightning Safety Week - LSW

- Cooper, M., y Holle, R. (2004). *How to Mobilize the Information Systems in Your Country to Change Lightning Safety Standards (and Save Lives and Injuries)*. 18th International Lightning Detection Conference, ILDC 2004, Helsinki, Finlandia.
- Cooper, M., y Holle, R. (2005). *How to Use Public Education to Change Lightning Safety Standards (and Save Lives and Injuries)*. 14th Symposium on Education, San Diego, California, USA.
- Hodanish, S., Torgerson, K., Jensenius, J., Cooper, M., Utley, M., y Roeder, W. (2008). *Leon the Lightning Safety Lion Says: "When thunder roars - go indoors:" - NOAA's Efforts Regarding Children's Lightning Safety*. 3rd Conference on Meteorological Applications of Lightning Data, Nueva Orleans, Luisiana, USA.
- Jensenius, J., Franklin, D., y Hodanish, S. (2008). *Lightning Kills - Play It Safe NOAA's Continuing Efforts to Educate the Public on Lightning and Lightning Safety*. 20th International Lightning Meteorology Conference, ILDC 2008, Tucson, Arizona, USA.
- Cooper, M., y Holle, R. (2010). *Mechanisms of Lightning Injury Should Affect Lightning Safety Messages*. 21st International Lightning Meteorology Conference, ILDC 2010, Orlando, Florida, USA.
- Lengyel, M., Cooper, M., Holle, R., y Brooks, H. (2010). *The Role of Multi-disciplinary Teams and Public Education in Decreasing Lightning Casualties Worldwide*. 30th International Conference on Lightning Protection, ICLP 2010, Cagliari, Italia.
- Jensenius, J., y Franklin, D., (2012). *A Review of NOAA's Lightning Safety Awareness Campaign and It's Impact Across the United States*. 22nd International Lightning Detection Conference, ILDC 2012, Broomfield, Colorado, USA.
- Cooper, M., y Holle, R. (2012). *Lightning Safety Campaigns - USA Experience*. 31st International Conference on Lightning Protection, ICLP 2012, Viena, Austria.

- Cooper, M. (2012). *A brief history of lightning safety efforts in the United States*. 22nd International Lightning Detection Conference, ILDC 2012, Broomfield, Colorado, USA.
- Jensenius, J., y Franklin, D. (2014). *NOAA's Efforts to Reduce Lightning Fatalities through Public Education and Awareness*. 23rd International Lightning Detection Conference, ILDC 2014, Tucson, Arizona, USA.
- South Asian Lightning Awareness Program - SALAP
- Gomes, C., Hussain, F., Abeysinghe, K., y Ahmed, M. (2006). Lightning accidents and awareness in South Asia: Experience in Sri Lanka and Bangladesh. 28th International Conference on Lightning Protection, ICLP 2006, Kanazawa, Japón.
- Gomes, C., Kithil, R., y Ahmed, M. (2006). Developing a lightning awareness program model for third world based on American-South Asian experience. 28th International Conference on Lightning Protection, ICLP 2006, Kanazawa, Japón.
- Jayaratne, K., y Gomes, C. (2012). Public Perceptions and Lightning Safety Education in Sri Lanka. 31st International Conference on Lightning Protection, ICLP 2012, Viena, Austria.
- African Centres for Lightning and Electromagnetics Network - ACLENet
- Tushemereirwe, R., Cooper, M., Tuhebwe, D., y D'ujanga, F. (2016). The Most Effective Methods for Delivering Severe Weather Early Warnings to Fishermen on Lake Victoria. 24nd International Lightning Detection Conference, ILDC 2016, San Diego, California.
- Cooper, M., Blaise, N., Gomes, C., Ataremwa, E., Tushemereirwe, R., y Lubasi, F. (2016). The Development of the African Centres for Lightning and Electromagnetics Network. 33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016, Estoril, Portugal.
- Cooper, M., Holle, R., Tushemereirwe, R., y Andrews, C. (2018). African Centres for Lightning and Electromagnetics Network (ACLENet) - Progress Report. 34th International Conference on Lightning Protection, ICLP 2018, Rzeszów, Polonia.
- Cooper, M., Holle, R., Tushemereirwe, R., y Villamil, D. (2019). African Centres for Lightning and Electromagnetics Network (ACLENet) - Application to South America? 15th International Symposium on Lightning Protection, XV SIPDA, São Paulo, Brasil.

La exploración de las estrategias de los programas de educación y las iniciativas aisladas en prevención contra rayos, desde el punto de vista de sus componentes y sus indicadores, conduce a considerar la importancia de analizar y evaluar

sus características cualitativas dentro de un contexto global en constante cambio. Al mismo tiempo, se requiere contar con tasas actualizadas del número de víctimas por descargas eléctricas atmosféricas que permitan evaluar cuantitativamente el impacto de las estrategias educativas en prevención contra rayos. Además, se espera que con el tiempo haya más centros de investigación para el estudio de los rayos y un mayor número de publicaciones, fruto de su trabajo y de la labor realizada dentro de los programas de prevención.

En la siguiente sección, se toma la situación actual de la educación en prevención contra rayos como punto de partida para idear una metodología que pueda ser seguida por aquellos que deseen ser promotores de la prevención contra rayos en contextos rurales.

Recopilación de información primaria como insumo para la prevención contra rayos en el contexto rural

Como se ha venido planteando, las condiciones tecnológicas y sociodemográficas de los habitantes de zonas rurales los convierten en la población con mayor riesgo de sufrir lesiones por DEAT, en comparación con aquellos que viven en centros urbanos, donde es más probable encontrar lugares que les brinden seguridad. Por ejemplo, el gran número de noticias reportadas en Colombia que involucran incidentes por rayos dentro de la población rural, analizadas en el capítulo 1, son evidencia de tal desproporción. Por esto, el análisis de cómo los factores de prevención contra rayos pueden ser aplicados en zonas rurales donde no hay refugios disponibles es un importante desafío. Sobre el número de casos de lesiones por rayos dentro del contexto rural de países en desarrollo, Cooper y Ab Kadir afirman:

En los países menos desarrollados, muchas personas continúan participando en la agricultura manual intensiva y viven en estructuras sin sistemas de puesta a tierra. La frecuencia de las descargas eléctricas atmosféricas es alta en estas zonas y los aldeanos y trabajadores del campo son vulnerables. Muchos casos involucran actividades al aire libre como la pesca, la agricultura, la recreación y la búsqueda de refugio en sitios no seguros o inadecuados para la protección. La falta de reconocimiento del peligro de los rayos y de educación sobre las señales de advertencia también puede contribuir al número de lesiones. (2010, p. 3)

A partir de la afirmación anterior, es evidente que la aplicación de la prevención contra rayos en el ambiente rural es principalmente una problemática social.

Este hecho conduce a pensar en cómo llevar a cabo un proceso de recopilación de información para determinar cuáles de los métodos de difusión identificados previamente podrían ser los más adecuados para las poblaciones rurales.

Aplicación del instrumento de recolección de información primaria

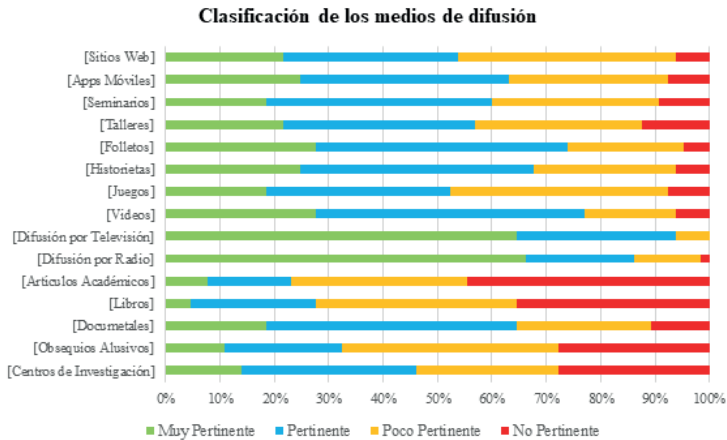
Con el fin de obtener información de fuentes primarias, se aplicó una encuesta orientada a expertos en descargas eléctricas atmosféricas, en tanto que ellos tienen información confiable y actualizada sobre el tema, lo que establece una validación con base en la técnica de juicio de expertos (Heldman, 2015). La primera pregunta buscaba evaluar la pertinencia de una serie de quince medios de difusión seleccionados a partir de la información secundaria revisada. En este sentido, el grado de pertinencia de cada uno de ellos fue evaluado a través de una escala diferencial semántica compuesta por cuatro opciones: no pertinente, poco pertinente, pertinente y muy pertinente. Por su parte, la segunda pregunta buscaba recolectar sugerencias e ideas de los expertos que sirvieran como elementos adicionales para ser incluidos en un programa de educación en prevención contra rayos para la población localizada en zonas rurales.

La figura 15 muestra el diagrama de resumen de resultados para la primera pregunta de la encuesta. Solamente cuatro de los medios de difusión fueron calificados por la mayoría de los expertos encuestados como no pertinentes para propagar el mensaje de la prevención contra rayos entre la población rural, a saber, artículos académicos (76,92 %), libros (72,31 %), obsequios alusivos (67,69 %) y centros de investigación (53,85 %).

Por su parte, en la figura 16 los medios de difusión son ordenados desde el menor hasta el mayor de acuerdo con su valoración de pertinencia, la cual fue obtenida de la suma de los porcentajes de las opciones “pertinente” y “muy pertinente”. En este caso se evidencia que la estrategia de educación recomendada por los expertos se orienta al uso de la televisión, la radio y videos como principales medios de difusión.

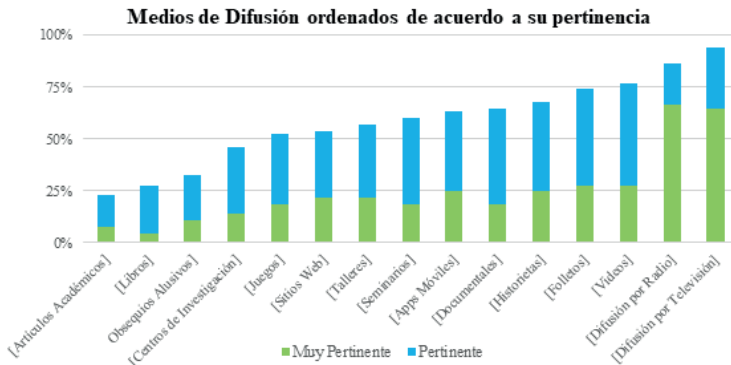
La pregunta número 2, respondida por 58 de los 65 expertos, recopiló varias ideas útiles que pueden ser consideradas además de los medios de difusión cubiertos en la pregunta número 1. Aunque algunas de las ideas son similares, se presentan para conservar la propuesta realizada por los expertos:

Figura 15. Diagrama de resultados para la pregunta número 1. De los 15 medios de difusión, únicamente cuatro (artículos académicos, libros, obsequios alusivos, y centros de investigación) fueron considerados por más del 50 % de los expertos como no apropiados para el contexto rural



Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Medios de difusión ordenados de menor a mayor de acuerdo con la valoración de pertinencia realizada por los expertos. La difusión por TV y radio es la más recomendada



Fuente: elaboración propia.

- Creación de puntos de referencia para ilustrar la necesidad de procedimientos de seguridad contra rayos
- Charlas para niños
- Divulgación local a pequeñas comunidades por entidades oficiales
- Enseñar el tema en clases de ciencias obligatorias para estudiantes o de una vez en el nivel de la escuela primaria

- Trabajo en grupo
- Presentaciones itinerantes sobre los principios de los rayos
- Incorporar información sobre tormentas eléctricas y rayos, así como sobre la prevención contra rayos en lecciones (específicas) en la escuela temprana
- Interacción con redes sociales
- Entrenamiento de campo
- Identificar un interés común de la comunidad y hacer la publicidad allí, por ejemplo, la iglesia, partidos de fútbol, festivales de música, entre otras
- Educación secundaria
- Discusiones con los líderes de las iglesias sobre el problema
- Visita personal a los hogares
- Voz a voz - visitar a las personas periódicamente
- Enseñar en las escuelas primarias - educar a los maestros de escuelas
- Anuncios publicitarios
- Incluir la asignatura en educación como un tema complementario relacionado con la seguridad en general, es decir en las escuelas
- Enviar reportes del clima a teléfonos que utilicen mensajes de texto
- Dramatizaciones en las calles y en los mercados para personas analfabetas, utilizadas en India/Nepal —charlas de prevención para niños pequeños (6-10) con juegos e historias— reglas públicas
- Contacto directo con la población a través de delegaciones científicas
- Experimentos demostrativos
- Prensa local
- Consejos a través de recibos de energía, a través del Gobierno municipal
- Anuncios en la cubierta de buses
- Teatro callejero
- Vallas publicitarias
- Campañas de concientización
- Días de concientización al inicio de cada temporada de rayos
- Participación del servicio meteorológico local
- Compromiso constante con el liderazgo de las comunidades

Análisis de la información primaria

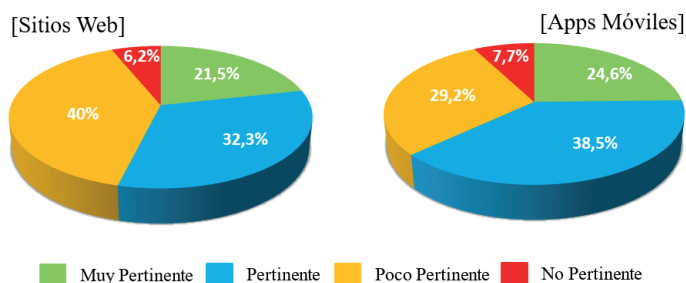
Con el fin de analizar las respuestas que los expertos dieron en la primera pregunta de la encuesta, los medios de difusión que comparten características similares fueron analizados por grupos. Este análisis se basó en información

relacionada con el contexto global actual en el que estos medios de difusión están presentes y se prestó especial atención al posible impacto que podrían tener dentro de la población rural de Colombia.

Sitios web y aplicaciones móviles

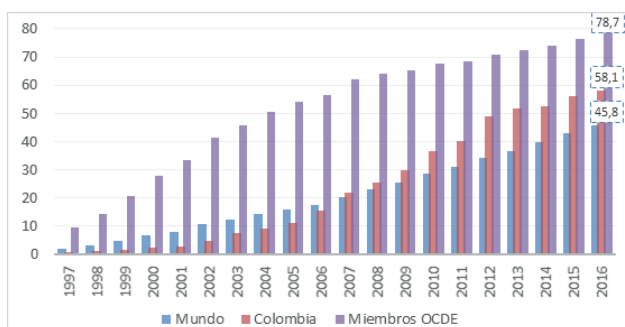
Los diagramas de resultados para los sitios web y las aplicaciones móviles presentados en la figura 17 muestran que la mayoría de los expertos los consideraron como pertinentes para difundir el mensaje de la prevención contra rayos entre la población rural. Este hecho es cada vez más relevante porque el número promedio de usuarios de internet en el mundo tiene una tendencia creciente cada año (ver figura 18), donde a finales del siglo XX menos del 10 % de la población mundial tenía acceso internet, mientras que en el 2016 este valor se sitúa por encima del 45 %.

Figura 17. Diagramas de resultados para sitios web y aplicaciones móviles



Fuente: elaboración propia.

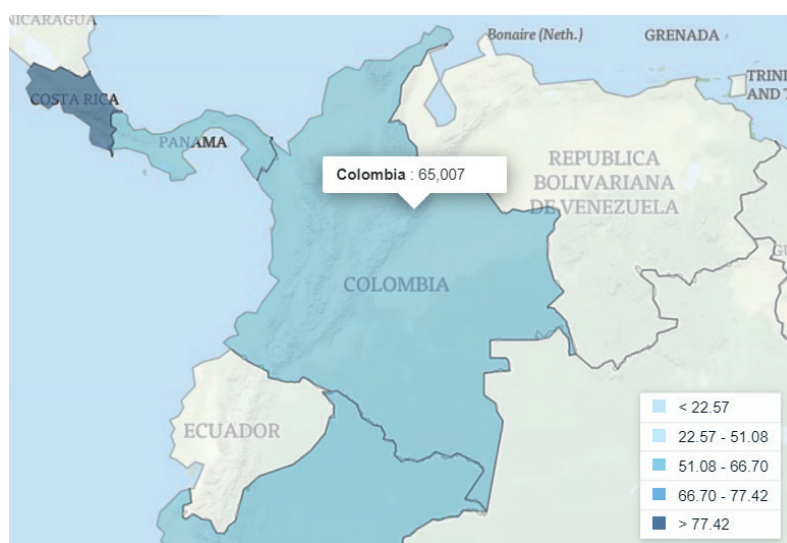
Figura 18. Porcentaje de población con acceso a internet banda ancha en el mundo, Colombia y los países de la OCDE, 1997-2016



Fuente: Banco Mundial²⁴

Como se observa en la figura 18, Colombia ha aumentado significativamente el acceso a internet, pasando de prácticamente cero en 1997 a 58,1 % en el 2016, superando en más de 12 % el promedio mundial. Sin embargo, este porcentaje se encuentra aún muy por debajo del valor promedio de los países miembros de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE),²⁵ el cual en el 2016 fue de 78,7 %. Para el 2019, el Banco Mundial ya presentó los resultados de Colombia y otros países, y evidenció que la tendencia sigue creciendo, alcanzando un 65 % de la población colombiana con acceso a internet, tal como se observa en la figura 19 .

Figura 19. Mapa del porcentaje de población con acceso a internet de Colombia para el 2019



Fuente: Banco Mundial²⁶

Es importante mencionar que, de acuerdo con Katz (2015), Colombia tenía una diferencia de más del 30 % en el acceso a internet por conexión fija entre zonas urbanas y rurales para el 2013, mientras que respecto a la conexión móvil es más difícil conocer esta diferencia con precisión.

25 Mediante la Ley 1950 del 8 de enero de 2019 el Congreso de Colombia aprobó el ‘Acuerdo sobre los términos de la adhesión de la República de Colombia a la convención’, suscrito en París, el 30 de mayo del 2018 y la ‘Convención de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos’, hecha en París el 14 de diciembre de 1960.

26 Disponible en: datos.bancomundial.org/indicador/it.net.user.zs?type=shaded&view=map

El número de suscripciones a la telefonía móvil también está en aumento. De acuerdo con la información reportada por el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MINTIC), para el 2017 el número de abonados de telefonía móvil en Colombia era de 62 222 011²⁷, teniendo en cuenta que las proyecciones del DANE para el 2017 estimaron una población aproximada de 45 500 000 de personas²⁸, el porcentaje estimado de suscripciones fue de 138 %, mientras que a escala mundial este porcentaje para el mismo año fue de 104,49 % (WBG, 2018). Trengove y Jandrell señalan que:

[...] este surgimiento de una cultura de telefonía móvil y mensajes de texto dominante en África podría brindar la oportunidad de difundir información para concientizar acerca de las descargas eléctricas atmosféricas y las alertas meteorológicas en zonas donde ello podría reducir el número de muertes anuales por rayos. (2012, p. 1)

Teniendo en cuenta el creciente nivel de penetración de estas tecnologías, en Colombia se podrían desarrollar estrategias similares que permitan fortalecer la comunicación con las comunidades y facilitar la divulgación del mensaje de prevención contra rayos. Además, la misión de la OCDE es promover políticas que mejoren el bienestar económico y social de las personas alrededor del mundo, por lo que esta iniciativa puede verse como una oportunidad para incrementar estos indicadores de conectividad en el país.

Seminarios y talleres

La figura 20 muestra la similitud de los resultados para los seminarios y los talleres. A pesar de que a los expertos no se les dieron detalles de los posibles contenidos para ser cubiertos en los talleres y seminarios, la mayoría de ellos recomendaron estos dos métodos para compartir el conocimiento de la prevención contra rayos en el contexto rural, probablemente porque estos permiten una interacción entre los oradores y la audiencia, lo cual se traduce en una experiencia de aprendizaje más participativa para el público.

Los seminarios han sido típicamente concebidos como una forma de instrucción académica en la que se expone un tema a una audiencia. Por otro lado,

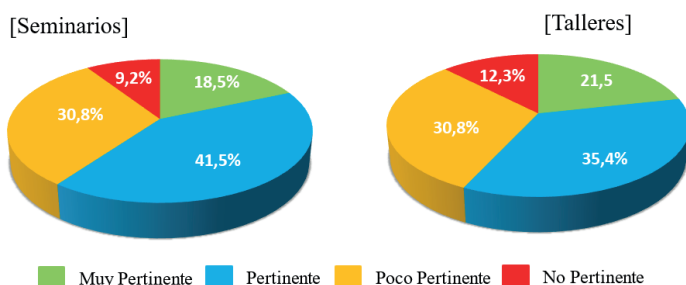
27 Información disponible en: colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-75854_presentacion_cifras.pdf

28 Información disponible en: dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018/cuantos-somos

los talleres pretenden ser espacios en los cuales las personas puedan involucrarse en la discusión.

Tanto los seminarios como los talleres requieren de personas capacitadas y con pasión por la enseñanza, aun cuando los recursos sean limitados, ya que en ocasiones algunos de estos pueden no estar disponibles en áreas rurales, por lo que la creatividad y la sencillez son fundamentales.

Figura 20. Diagramas de resultados para seminarios y talleres



Fuente: elaboración propia.

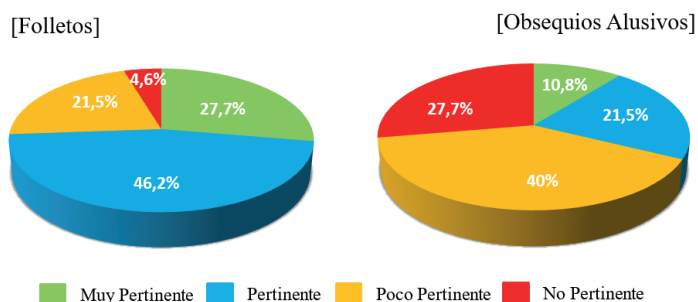
Folletos y obsequios alusivos

Los folletos y los obsequios alusivos son cosas que las personas pueden llevarse a casa. Esto es una gran ventaja cuando la intención es ayudar a que las personas tengan recuerdos a largo plazo del mensaje de la prevención contra rayos. Sin embargo, existen diferencias entre los folletos y los obsequios alusivos, lo cual puede ser la causa de que los expertos tengan una opinión diferente sobre los últimos, como se observa en la figura 21.

La mayoría de los expertos no consideraron a los obsequios alusivos como pertinentes para propagar el mensaje de la prevención contra rayos entre la población rural. Obsequios alusivos como imanes para refrigeradores a menudo tienen costos elevados y el mensaje puesto debe ser corto. No obstante, podrían ser una buena herramienta para complementar otras estrategias de difusión como los seminarios y los talleres.

En el caso de los folletos, los costos asociados son menores y la cantidad de información que puede ser incluida en ellos es mayor. Adicionalmente, pueden ser entregados fácilmente. Sin embargo, los folletos deberían ser entregados después de que las personas escuchen las instrucciones para la prevención contra rayos, de tal forma que tengan un mejor entendimiento del tema y así realicen una correcta interpretación de los contenidos que encontrarán en ellos.

Figura 21. Diagramas de resultados para folletos y obsequios alusivos



Fuente: elaboración propia.

Historietas y juegos

Las historietas no son solo una forma de divertirse, sino también un poderoso método de enseñanza. Sharpe e Izadkhah (2014) afirman:

[...] el elemento visual de las historietas permite a los lectores progresar a su propio ritmo, lo que les permite controlar su aprendizaje, mientras cuentan con tiempo para la comprensión entre cuadros. Esto tiene una ventaja sobre otras formas de multimedia utilizadas a menudo para involucrar a los estudiantes, tales como el cine y la animación. (p. 139)

La afirmación anterior es consistente con lo que dice Marston (1944), citado por Sharpe e Izadkhah (2014), en un momento en que los comics comenzaron a tener un gran auge, con respecto a la ventaja de las historias con imágenes sobre textos escritos:

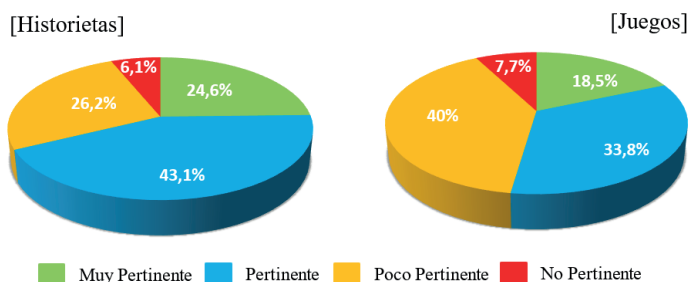
La potencialidad de la historia pictórica no es una cuestión de la teoría moderna, sino una verdad establecida desde la antigüedad. Antes que el hombre pensara en palabras, se sintió en imágenes [...] Es una lástima para nosotros los entusiastas “literarios”, pero ciertamente es verdad que las imágenes cuentan cualquier historia más eficazmente que las palabras. (Sharpe y Izadkhah, 2014, p. 144)

Estas particularidades de las historietas las hacen adecuadas para la población rural, especialmente para los niños, quienes podrían sentirse motivados a considerarlas como una de sus formas favoritas para aprender sobre la prevención contra rayos. Es probable que la mayoría de los expertos tuvieran estos factores en mente y por esa razón calificaran a las historietas como pertinentes para difundir el mensaje de la prevención entre la población rural (ver figura 22).

Los juegos fueron menos preferidos por los expertos, probablemente porque los habitantes de las zonas rurales tienen acceso a un limitado conjunto de posibilidades en comparación con los que viven en áreas urbanas. Los videojuegos y los juegos en internet no están siempre disponibles en el campo, y los juegos de mesa son usualmente la única opción.

El diseño de juegos sobre la prevención contra rayos para el contexto rural no es tarea fácil. Sin embargo, los promotores deberían siempre considerar usarlos como un desafío de enseñanza, dado que estos han sido exitosamente incluidos dentro de algunas campañas de prevención contra rayos (Cooper y Holle, 2012; Villamil *et al.*, 2015).

Figura 22. Diagramas de resultados para historietas y juegos

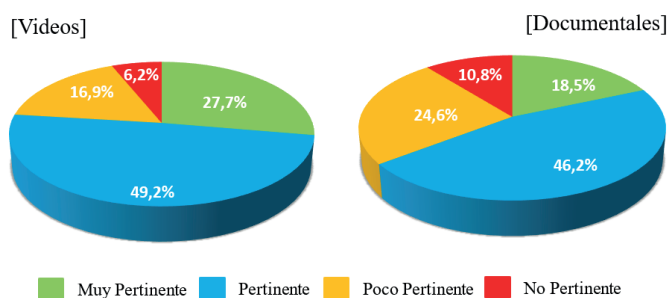


Fuente: elaboración propia.

Videos y documentales

Los diagramas de resultados para los videos y los documentales se presentan en la figura 23. Puede verse con claridad en los gráficos circulares que los videos son altamente recomendados por los expertos para educar a la población rural sobre la prevención contra rayos.

Figura 23. Diagramas de resultados para videos y documentales



Fuente: elaboración propia.

Tanto los videos como los documentales han estado presentes en los programas de prevención contra rayos. Por ejemplo, los videos fueron una de las herramientas utilizadas para mostrar el concepto de la protección contra rayos como parte de exhibiciones científicas móviles llevadas a cabo en Sri Lanka (Jayaratne y Gomes, 2012). Personas de todo el país visitaron las exhibiciones, las cuales estaban albergadas en vagones de trenes. Asimismo, documentales sobre la prevención contra rayos han sido producidos por organizaciones como la *Lightning Strike and Electric Shock Survivors International* (LSESSI),²⁹ para aumentar la conciencia sobre el peligro de las DEAT entre el público en general (Cooper y Holle, 2005; Cooper y Marshburn, 2005).

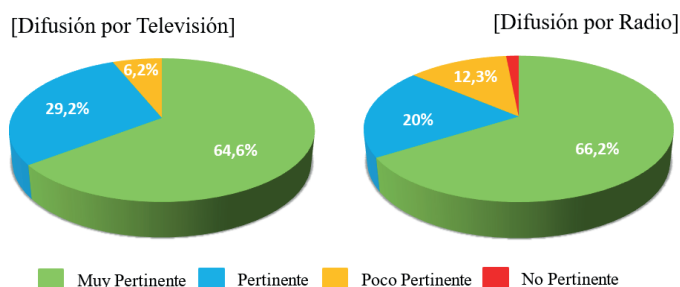
Estos medios audiovisuales son ampliamente utilizados para impartir conocimiento científico de cualquier tema al público, ya que pueden presentar gran cantidad de información a la vez y están disponibles para ser reutilizados tantas veces como los instructores quieran.

Difusión por televisión y difusión por radio

Como se observa en la figura 24, la televisión y la radio fueron consideradas por los expertos en DEAT como los medios de difusión más pertinentes entre la lista de quince posibilidades. Los expertos creen que la televisión y la radio son, entre todos los medios de difusión enumerados en la encuesta, las formas más efectivas de llegar a la población rural con el mensaje de la prevención contra rayos, debido principalmente a que hoy son los medios masivos más populares en el mundo. Solo unos pocos lugares no cuentan con señales de radio y televisión disponibles gracias a los avances en las tecnologías de las telecomunicaciones.

La radiodifusión tiene la posibilidad de llegar a lugares remotos, incluso a aquellos inaccesibles por otros medios. Las personas que viven en cimas de montañas o bosques densos pueden conocer el mensaje de la prevención contra rayos al escuchar la radio. Además, los aparatos receptores de radio usualmente no son costosos.

29 Lightning Strike & Electric Shock Survivors International, Inc. es un grupo de apoyo sin ánimo de lucro compuesto por y para sobrevivientes de lesiones por rayos, sus familias y otras partes interesadas. Más información disponible en: lightning-strike.org

Figura 24. Diagramas de resultados para la difusión por televisión y la difusión por radio

Fuente: elaboración propia.

La primera emisora en Colombia se inauguró en 1929, y desde entonces la radio ha tenido un desarrollo notable hasta la actualidad (Gómez, 2009). Las estaciones de radio se escuchan en todas partes del país, incluyendo los corregimientos rurales. En relación con la situación de la radio en Colombia, Arango *et al.* (2009) señalan:

La radio en Colombia ha experimentado una disminución en el tamaño de su audiencia. En 1999, el 82,7 por ciento de la población escuchaba radio; en 2007, este porcentaje cayó al 68,9 por ciento [...]. No obstante, la radio sigue siendo el segundo medio de comunicación de mayor consumo después de la televisión, y ha comenzado a transmitir sus contenidos a través de plataformas de internet. (p. 70)

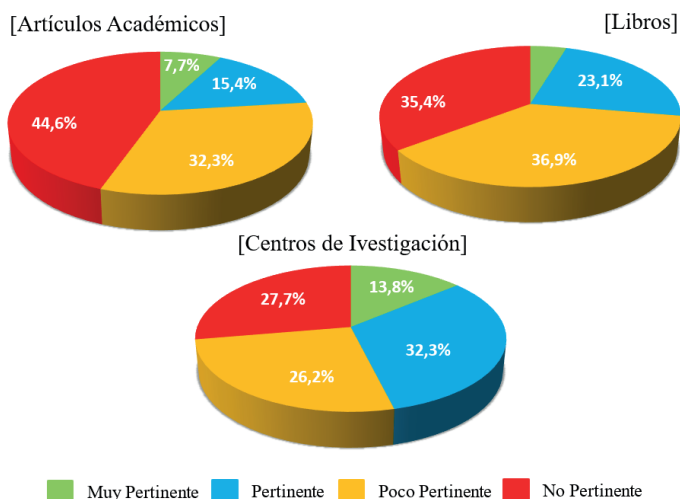
Por su parte, a través de la televisión se podría llegar a millones de personas con el mensaje de la prevención contra rayos al mismo tiempo, incluida una gran parte de la población rural, al mostrar un breve comercial dentro del horario de máxima audiencia. La familia entera, o al menos una parte importante de sus miembros, podría recibir instrucciones de prevención en un instante. Sin embargo, el alto costo de tener un espacio en televisión dedicado exclusivamente a promover la prevención contra rayos obstaculiza la creación e implementación de dichos comerciales. Por otro lado, usualmente los habitantes de zonas rurales tienen un acceso más fácil a los canales públicos que a los canales privados, por lo que transmitirles el mensaje de la prevención por la televisión dependería en gran medida de la voluntad que tenga el Gobierno para apoyar esta iniciativa.

Artículos académicos, libros y centros de investigación

Los gráficos de la figura 25 son una clara evidencia de que los expertos consideran que los artículos académicos, los libros y los centros de investigación son

inapropiados para difundir el mensaje de la prevención contra rayos dentro de la población rural.

Figura 25. Diagramas de resultados para artículos académicos, libros y centros de investigación



Fuente: elaboración propia.

Aunque los artículos académicos y los libros han sido recursos cruciales para el desarrollo y la difusión del conocimiento sobre las DEAT entre los investigadores, las personas que viven en áreas rurales desconocen la mayor parte de la información que estos contienen. Esto se debe a que los habitantes de las zonas rurales no están familiarizados con las teorías y los términos allí presentados, debido principalmente a que los conceptos sobre las DEAT se exponen utilizando un lenguaje científico. Además, el acceso a bibliotecas y bases de datos académicas suele ser difícil para quienes viven fuera de las zonas urbanas.

Los centros de investigación son una fuente de conocimiento y de nuevas ideas. Sin embargo, el beneficio de contar con centros de investigación dedicados a apoyar la prevención contra rayos en zonas rurales está condicionado a la manera en la que los investigadores involucran a la comunidad y a sus necesidades en su trabajo. Por lo tanto, aunque la opinión de la mayoría de los expertos los descalifica, la presencia de centros de investigación dentro del contexto rural podría generar la creación y ejecución de proyectos innovadores que ayuden en gran medida a la población.

Insumos obtenidos a partir de la información primaria

Varias conjeturas pueden ser extraídas a partir de las ideas dadas por los expertos, entre ellas, que la educación sobre prevención contra rayos en escuelas es recomendada reiteradamente, ya sea mediante charlas, lecciones, clases de ciencias o actividades similares que los niños puedan aprovechar.

Con respecto a la implementación de avisos publicitarios sobre prevención contra rayos, algunos expertos prefieren la prensa local. Por otro lado, algunos otros creen que los anuncios en las redes sociales son un recurso apropiado. Adicionalmente, una idea como proporcionar información para la prevención contra rayos en los recibos de energía es innovadora y podría convertirse en una herramienta destacada en el futuro.

Del mismo modo, algunos de los expertos proporcionaron opiniones y comentarios adicionales:

- El trabajo debe hacerse con los niños en las escuelas.
- Difusión en las escuelas —eduque a los niños— proporcione material que puedan llevar a casa —involucre a las personas del reporte del clima en radio y televisión para difundir el mensaje—.
- Dependiendo del grupo de edad, los medios de difusión pueden cambiar.
- ¡Siempre funciona mejor enseñar a los niños!
- Pienso que la mejor manera son los seminarios en las regiones.
- Creo que sería bueno educar a los niños en las escuelas porque ellos les transmitirán el mensaje a sus mayores.
- La televisión será lo mejor.
- Desarrollen su metodología y luego emprendan un estudio piloto o dos en áreas rurales muy diferentes para evaluar su éxito y comprender qué cambios pueden ser necesarios. Sería un buen proyecto involucrar a estudiantes de pregrado.

Teniendo en cuenta la metodología propuesta, que parte de la recopilación de información primaria y secundaria, con base en los componentes de los programas e iniciativas para la prevención contra rayos existentes, junto con las opiniones e ideas de los expertos mundiales en DEAT, es posible idear estrategias educativas en prevención contra rayos para Colombia que lleguen a los habitantes de las zonas rurales como punto de partida para luego alcanzar al resto de las poblaciones.





Capítulo 3.

Hacia una política para la prevención contra rayos en Colombia



Hacia una política para la prevención contra rayos en Colombia

Este capítulo aborda el accionar social relacionado con los desastres naturales y los ecosistemas construidos, así como la concepción teórica que se ha desarrollado en torno a estos, para generar una clasificación de los desastres y los factores que intervienen en su desarrollo. Se examinan las políticas, prácticas y estrategias en torno a la gestión y prevención del riesgo, y la normatividad en Colombia para la configuración de una cultura preventiva frente a los desastres naturales, así como el sentido y el alcance de la educación en la prevención del desastre.

Dado que el objetivo final del proyecto de investigación que dio origen a este libro es ser la base para la creación de una política pública para la prevención contra rayos en Colombia, en este último capítulo se propone una ampliación a la metodología de investigación seguida por los autores para la determinación de los medios más pertinentes para la difusión del mensaje de la prevención contra rayos en zonas rurales, a fin de que pueda ser articulada con la formulación, implementación y evaluación de una política pública en gestión del riesgo por descargas eléctricas atmosféricas. Esta propuesta incorpora las recomendaciones dadas por los expertos que contribuyeron con sus respuestas e ideas al desarrollo del proyecto de investigación, además de los aspectos más relevantes de las fuentes de información secundaria analizadas.

El concepto de desastre y su clasificación

Los primeros análisis y estudios realizados en torno al accionar social con respecto a los desastres naturales, se pueden rastrear en la década del setenta, con los trabajos realizados por los investigadores norteamericanos Quarantelli y Dynes (1972), quienes quisieron construir, desde un enfoque sociológico, un análisis de las situaciones de desastres y el accionar colectivo frente a estos fenómenos, enfocando sus estudios hacia la configuración de herramientas y protocolos de acción para las personas que atienden desastres.

En esta misma década, los investigadores O'Keefe *et al.* (1976), desde la Universidad de Bradford en Inglaterra, realizaron estudios sobre la exposición de las comunidades a eventos naturales catastróficos y la forma de dar respuesta a ellos por parte de los habitantes y las instituciones. Posteriormente, otro investigador, el arquitecto inglés Davis (1978), centró su atención sobre la relación entre los desastres naturales y la infraestructura.

Así, desde el ámbito académico se ha venido postulando que los desastres no son provocados por la naturaleza, sino por la interferencia que el ser humano hace de los procesos y ciclos naturales, lo que plantea que el concepto de desastre no se origina dentro de la naturaleza misma, sino que, más bien, es una aproximación a una múltiple conexión de sucesos cotidianos de una población determinada en interacción con el medio ambiente, cuya característica principal es la pérdida de vidas humanas y bienes materiales a causa de la acción inadecuada y emplazamientos sin prevención en zonas de riesgo y alta accidentalidad (Banco Mundial Colombia, 2012). En este sentido, los desastres se pueden definir como un “fenómeno social” cuya transcendencia se remonta al proceso histórico del desarrollo o subdesarrollo de una región específica (Lavell Thomas, 1993).

Esta interacción que se da entre la acción social y un entorno geográfico es lo que se denomina ecosistema construido, el cual no solo abarca el reino vegetal o animal, sino que integra a los seres humanos y el medio físico que sustenta la interacción y desarrollo dado dentro de estos (Armenteras *et al.*, 2016). Luego, los ecosistemas construidos son propiciados y configurados por los sistemas sociales, en donde el equilibrio y la estabilidad de dichos ecosistemas depende de las dinámicas que se entretienen en las relaciones entre cada organismo o elemento que lo conforma para permitir su evolución al igual que su conservación (CEPAL, 2002).

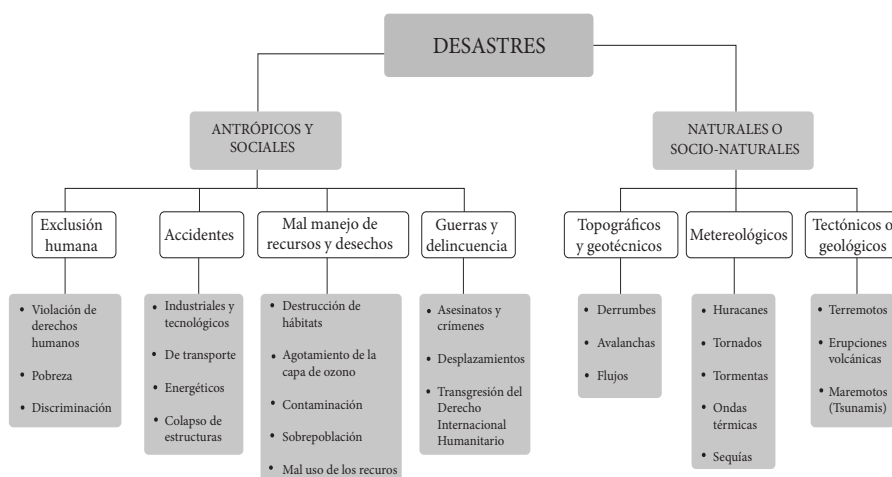
En el marco de los sistemas ecológicos construidos, y siguiendo a autores como Ulrich Beck (2006), se podría afirmar que vivimos en lo que él denomina “sociedad de riesgo”, la cual sustenta y acoge dificultades en una amplia diversidad de peligros y fatalidades que se han venido adquiriendo progresivamente en el camino de la modernización y el desarrollo. En este sentido, se presenta una clara diferenciación entre una sociedad desarrollada distribuidora de bienes materiales y monetarios, y las sociedades en vías de desarrollo que, en su transición y ampliación demográfica, van ampliando sus sistemas ecológicos, con el consecuente aumento del potencial de peligro y riesgo.

La figura 26 presenta un esquema de la clasificación típica de los desastres, los cuales se definen según la fuente que lo origina y se agrupan en dos grandes tipos: desastres naturales o socio-naturales y desastres antrópicos y sociales.

El primero hace alusión a la relación de coexistencia y mutualismo entre los seres humanos y la naturaleza, donde los fenómenos naturales terminan por afectar las dinámicas de las poblaciones y comunidades; se destacan los siguientes:

- Meteorológicos: causados por factores de clima y atmósfera.
- Topográficos y geotécnicos: causados por deslizamientos de la superficie terrestre.
- Tectónicos o geológicos: causados por las fuerzas internas de la tierra.

Figura 26. Tipo de desastres con mayores consecuencias devastadoras



Fuente: adaptado de CEPAL (2002).

El segundo plantea que la amenaza de desastre se origina a partir del accionar humano y social, en el marco de su interrelación con la naturaleza y el medio ambiente, y configura las siguientes dinámicas:

- Exclusión humana: falencias económicas, políticas y sociales para la subsistencia humana.
- Guerras y delincuencia: conflictos que surgen de la arbitrariedad frente a la vida humana, dinámicas políticas, o los elementos que garantizan la subsistencia.
- Mal manejo de recursos y desechos: nacen del uso indiscriminado del territorio, ignorando las condiciones del medio natural.
- Accidentes: eventos o imposibilidades de manejar adecuadamente las tecnologías y sus artefactos.

No todo fenómeno natural o socio-natural representa peligro para el hombre (Romero y Maskrey, 1993), pero la incidencia en la disposición de condiciones

de riesgo del territorio es consecuencia de decisiones que asumen sus habitantes. Sin embargo, esto no los hace necesariamente responsables absolutos del riesgo, dado que, al no ser provistos de información necesaria ni alternativas en pro de su crecimiento y desarrollo, se disminuye la capacidad de prever el desastre.

En lo que corresponde a los fenómenos de orden atmosférico o geológicos, estos son incontrolables, pero las posibilidades de actuar preventivamente frente a sus eventuales amenazas son las tareas en la que hay que ahondar, para detectar y prevenir siempre las causas de la vulnerabilidad (Romero y Maskrey, 1993).

En este sentido, la informalidad en la construcción de viviendas, así como la dificultad con la que se puede acceder a información referente a amenazas a las que puede estar expuesta una persona o comunidad son impedimentos cruciales para la toma de decisiones correctas, las cuales, sumadas a los altos índices de necesidades básicas insatisfechas (NBI) y a la débil afectación a la disminución de la pobreza a escala mundial, se convierten en un obstáculo, en tanto que, en ese orden de prelación, la gestión en referencia a la prevención del riesgo no es una prioridad. Lo anterior, aunado a la ignorancia de los ciclos y fenómenos naturales, así como al desconocimiento del entorno y el terreno, ha generado que muchos asentamientos urbanos en sociedades en vías de desarrollo sean improvisados y no cuenten con una línea de desarrollo, lo que genera un desequilibrio entre naturaleza y sociedad.

La gestión del riesgo de desastres

La gestión del riesgo se define como “el enfoque y la práctica sistemática de gestionar la incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales” (UNDRR, 2009, p. 18). Este concepto es importante debido a que “la gestión del riesgo es una herramienta esencial para el desarrollo, en tanto que la gente en los países en desarrollo, como ya se mencionó, está expuesta a muchos riesgos y la incapacidad de administrar esos riesgos puede poner en peligro los objetivos de desarrollo, incluido el crecimiento económico y la reducción de la pobreza” (WBG, 2013, p. 55).

Con respecto al riesgo causado por los fenómenos naturales, comúnmente conocido como “riesgo de desastres”, se utilizan con frecuencia dos términos: reducción del riesgo de desastres (RRD) y gestión del riesgo de desastres (GRD). La reducción del riesgo de desastres es:

y la propiedad, una gestión sensata de los suelos y del medio ambiente, y el mejoramiento de la preparación ante los eventos adversos. (UNDRR, 2009, p. 27)

Por su parte, la gestión del riesgo de desastres es “el proceso sistemático de utilizar directrices administrativas, organizaciones, destrezas y capacidades operativas para ejecutar políticas y fortalecer las capacidades de afrontamiento, con el fin de reducir el impacto adverso de las amenazas naturales y la posibilidad de que ocurra un desastre” (UNDRR, 2009, p. 19).

Desde el 2015, el mundo tiene un nuevo plan de acción para el desarrollo sostenible en el que la GRD juega un papel destacado. *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* es la resolución adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas para estimular, por medio de sus 17 objetivos y sus 169 metas, la acción global para el periodo 2015-2030 en cinco áreas clave: personas, planeta, prosperidad, paz y alianzas (Naciones Unidas, 2015). El objetivo número 11 “Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles” se relaciona con la GRD de la siguiente manera:

[...] 11.b De aquí a 2020, aumentar considerablemente el número de ciudades y asentamientos humanos que adoptan e implementan políticas y planes integrados para promover la inclusión, el uso eficiente de los recursos, la mitigación del cambio climático y la adaptación a él y la resiliencia ante los desastres, y desarrollar y poner en práctica, en consonancia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030, la gestión integral de los riesgos de desastre a todos los niveles. (Naciones Unidas, 2015, p. 25)

Como se establece en el objetivo número 11, la GRD debe ser desarrollada e implementada de forma integral en conformidad con el *Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres 2015-2030*. Adoptado seis meses antes de la aprobación de la Agenda 2030, es un acuerdo importante cuyo propósito es “orientar la gestión del riesgo de desastres en relación con amenazas múltiples en el desarrollo a todos los niveles, así como en todos los sectores y entre un sector y otro” (UNDRR, 2015, p. 36). Para lograr este ambicioso propósito, el Marco de Sendai tiene siete objetivos y cuatro prioridades de acción (ver tabla 9).

La prioridad 1 (comprender el riesgo de desastres) se constituye como la base del proceso de la gestión del riesgo. La sección 23 del Marco de Sendai señala:

Las políticas y prácticas para la gestión del riesgo de desastres deben basarse en una comprensión del riesgo de desastres en todas sus dimensiones de vulnerabilidad, capacidad, grado de exposición de personas y bienes, características de las amenazas y entorno. Esos conocimientos se pueden aprovechar para la evaluación del riesgo previo a los desastres, para la prevención y mitigación y para la elaboración y aplicación de medidas adecuadas de preparación y respuesta eficaz para casos de desastre. (UNDRR, 2015, p. 14)

Tabla 9. Objetivos globales y prioridades de acción del Marco de Sendai

Objetivos globales	
Objetivo 1:	Reducir considerablemente la mortalidad mundial causada por los desastres para el 2030, y lograr reducir la tasa de mortalidad mundial por cada 100 000 personas en la década de 2020-2030 respecto del período 2005-2015.
Objetivo 2:	Reducir considerablemente el número de personas afectadas a escala mundial para 2030, y lograr reducir el promedio mundial por cada 100 000 personas en la década 2020-2030 respecto del período 2005-2015.
Objetivo 3:	Reducir las pérdidas económicas causadas directamente por los desastres en relación con el producto interno bruto (PIB) mundial para el 2030.
Objetivo 4:	Reducir considerablemente los daños causados por los desastres en las infraestructuras vitales y la interrupción de los servicios básicos, como las instalaciones de salud y educativas, incluso desarrollando su resiliencia para el 2030.
Objetivo 5:	Incrementar considerablemente el número de países que cuentan con estrategias de reducción del riesgo de desastres a escala nacional y local para el 2020.
Objetivo 6:	Mejorar considerablemente la cooperación internacional para los países en desarrollo mediante un apoyo adecuado y sostenible que complementa las medidas adoptadas a escala nacional para la aplicación del presente marco para el 2030.
Objetivo 7:	Aumentar considerablemente la disponibilidad y el acceso de las personas a los sistemas de alerta temprana de peligros múltiples y a la información sobre el riesgo de desastres y las evaluaciones para el 2030.
Prioridades de acción	
Prioridad 1:	Comprender el riesgo de desastres.
Prioridad 2:	Fortalecer la gobernanza del riesgo de desastres para gestionar dicho riesgo.
Prioridad 3:	Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia.
Prioridad 4:	Aumentar la preparación para casos de desastre a fin de dar una respuesta eficaz, y “reconstruir mejor” en el ámbito de la recuperación, la rehabilitación y la reconstrucción.

Fuente: adaptado de UNDRR (2015).

Desde este planteamiento, la educación desempeña un papel destacado en el logro de la prioridad 1. Como se señala en el Marco de Sendai, es importante a escala nacional y local:

Promover estrategias nacionales para reforzar la educación y sensibilización públicas sobre la reducción del riesgo de desastres, incluidos la información y los conocimientos sobre el riesgo de desastres, a través de campañas, las redes sociales y la movilización de las comunidades, teniendo en cuenta el público destinatario y sus necesidades. (UNDRR, 2015, p. 15)

Igualmente, es importante en la escala global y regional:

Preparar campañas mundiales y regionales eficaces como instrumentos para la sensibilización y educación públicas, basándose en las ya existentes..., para promover una cultura de prevención de desastres, resiliencia y ciudadanía responsable, generar comprensión de los riesgos de desastres, apoyar el aprendizaje mutuo e intercambiar experiencias; y alentar a todos los actores públicos y privados a participar activamente en ese tipo de iniciativas y a crear otras nuevas a nivel local, nacional, regional y mundial. (UNDRR, 2015, p. 16)

Por otra parte, y siguiendo a Allan Lavell Thomas (1993), una de las grandes debilidades que presentan la prevención y el manejo del riesgo por desastres, se relaciona con que, a través de los años, se le ha dado mayor relevancia a los estudios y análisis físico-estructurales, desde una perspectiva ingenieril y arquitectónica, dejando de lado el aporte que pueden dar las ciencias sociales y humanas en los desarrollos y alcances de tales estudios, en tanto que, como lo plantean Fred Krüger *et al.* (2015) este enfoque dominante analiza los desastres como sucesos estacionales, fenómenos que muchas veces se gestan en zonas apartadas en los que se configuran tsunamis, terremotos, huracanes e inundaciones, entre otros, en los que los seres humanos no tienen ninguna incidencia en el desastre.

Políticas públicas en prevención de desastres

Según Howlett y Ramesh, una política pública es “en su forma más simple, una elección hecha por un Gobierno para emprender algún curso de acción” (2003, p. 3). Por su parte, la Procuraduría General de la Nación de Colombia (PGN, 2011) señala:

[...] la política pública puede ser entendida como una construcción social donde el Gobierno desempeña un papel fundamental, orientando el comportamiento de los actores mediante un conjunto de sucesivas

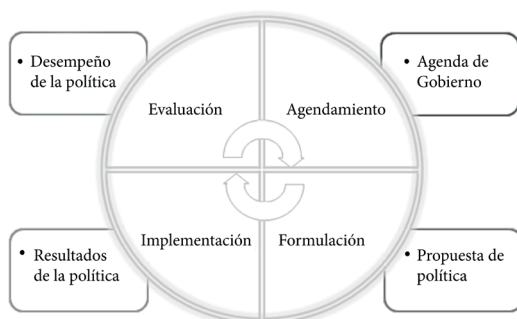
acciones intencionales que tienen como propósito hacer frente a situaciones consideradas socialmente como relevantes. (p. 26)

La teoría convencional sobre administración pública establece el desarrollo de políticas públicas dentro de un proceso de cuatro etapas conocido como “el ciclo de las políticas públicas”, que comienza con el establecimiento de la agenda gubernamental, luego continúa con la formulación, la implementación y, finalmente, la evaluación; este proceso se ilustra en la figura 27.

Adicionalmente, con el fin de tener una estructura de ejecución, los componentes de una política pública están asociados a cuatro niveles de acción: estrategia, plan, programa y acciones (figura 28).

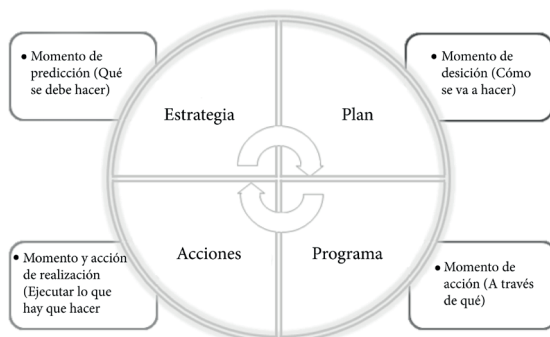
Figura 27. Ciclo de las políticas públicas. Las cuatro etapas son:

- 1) establecimiento de la agenda gubernamental, 2) formulación de la política, 3) implementación de la política y 4) evaluación de la política



Fuente: adaptado de PGN (2011).

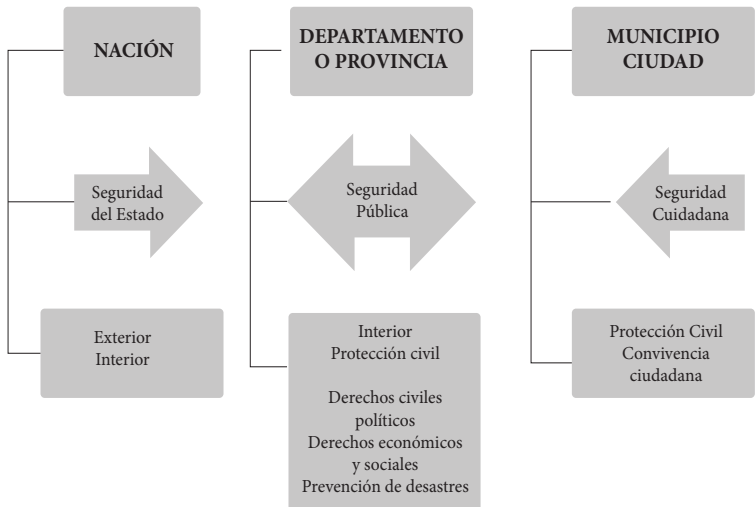
Figura 28. Componentes de las políticas públicas



Fuente: adaptado de PGN (2011).

Dicho esto, el Estado tiene un papel preponderante en la prevención de desastres y la necesidad de establecer estrategias de gestión y políticas públicas para dar respuesta a dichos eventos. Por esa razón, la prevención de desastres está equiparada dentro de los derechos civiles, políticos, económicos, sociales, incluidos en la seguridad pública y ciudadana, cuyos garantes son los entes territoriales de cada país. En otras palabras, las políticas públicas se constituyen como una herramienta más eficaz en la medida en que la sociedad se sumerja en ellas y se las apropie para una efectiva conciencia en prevención de desastres, a través del equilibrio de los recursos, y la garantía tanto de la intervención de la comunidad científica como la de las organizaciones humanitarias (figura 29).

Figura 29. Prevención de desastres y derechos humanos



Fuente: adaptado de CEPAL (2002).

Por consiguiente, la prevención de desastres es el conjunto de operaciones que se construyen para minimizar la fragilidad de la vulnerabilidad a un riesgo, y en donde se hace una intervención activa dentro de algunos de los factores que lo componen. Por ello, hablar de este tema es una cuestión esencial para la seguridad de las poblaciones, y, como se ha venido planteando, el desarrollo tiene implícito un requisito fundamental: prevenir riegos, y este, a su vez, como se observa en la figura 30, lleva a prevenir desastres inherentes al crecimiento. Asimismo, y en lo que corresponde a las actividades ambientales, las políticas públicas buscan evitar las prácticas destructivas del entorno y, para los sectores reconocidos por altos índices de escasez y pobreza, evitar el crecimiento no sostenible (CEPAL, 2002).

Figura 30. Relación de políticas públicas básicas para la prevención de la vulnerabilidad

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL	- Grado de exposición - Protección
ASEGURAMIENTO	- Grado de exposición - Protección
SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA Y CAPACIDAD DE REACCIÓN	- Conocimiento, entrenamiento, organización y refugios - Reacción inmediata
PLAN DE CONTINGENCIA Y RESTAURACIÓN DE SERVICIOS BÁSICOS	- Ambientales y sociales - Recuperación básica
PLAN DE RECONSTRUCCIÓN Y DESARROLLO	- Recuperación permanente

Fuente: adaptado de CEPAL (2002).

Normatividad en prevención de desastres en Colombia

En el caso de Colombia, la comprensión que se tiene sobre los desastres y la vulnerabilidad ante estos por parte de las diferentes comunidades del territorio nacional ha ido incrementando, pero en relación con los países desarrollados aún es baja. El país está abocado a constantes amenazas en el territorio y desde hace más de tres décadas se está hablando desde el Estado sobre políticas de prevención de desastres, lo cual ha permitido identificar las principales amenazas en los territorios (UNGRD, 2018). Al respecto, las políticas públicas en torno a la prevención de desastres han actuado en la mayoría de los casos en el instante posterior a las catástrofes, cuando se han perdido múltiples vidas humanas y se han generado grandes pérdidas económicas, tal como ocurrió con la avalancha de Armero en 1985 y el sismo en el Eje Cafetero en 1999.

En este sentido, el papel del Estado a través de sus organizaciones y representantes territoriales tienen una función protagónica en la gestión y prevención de los desastres, ya que debe poner en marcha estrategias de orientación para ciudadanos en condiciones de vulnerabilidad, a partir de la configuración de tácticas para el acompañamiento en caso de presentarse un desastre y competencias para sensibilizar frente a las posibles acciones y actividades de peligro. Lo anterior consolida la concientización como la estrategia más efectiva para contribuir en la reducción del riesgo, pues esta es capaz de difundir y hacer entender los posibles orígenes y causas del fenómeno, para así asumir mayor control

sobre ellas (Banco Mundial Colombia, 2012), en tanto que las instituciones y los ciudadanos deben estar en marcha constante frente a todas las gestiones y las políticas públicas para la prevención y gestión de desastres (Hermelin, 2005).

En Colombia se toma conciencia de la importancia de la acción, gestión y prevención del desastre a partir de la tragedia de Armero (1985), cuando por medio de la Ley 46 de 1988 se constituyó el Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres (SNPAD), el cual se reglamentó por el Decreto 919 de 1989. Su objetivo es asociar las fuerzas institucionales para minimizar la exposición a los riesgos, estudiar las amenazas tentativas y la forma de dar respuestas a las eventuales emergencias, a partir de la proyección de una serie de normatividades para darle marcha. Este sistema sufrió un fuerte estremecimiento por la Constitución de 1991 que en su naturaleza de orden administrativo debilitó el sistema y adjudicó dichas responsabilidades a los entes territoriales, los cuales no gozaban del manejo técnico, logístico, ni científico para implementar estrategias de prevención de desastres.

Más de veinte años después, en el 2012, el Gobierno nacional constituye, a través de la Ley 1523, el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo (SNGRD) para el desarrollo de acciones públicas frente a programas de formación, prevención y promoción sobre la concienciación de los riesgos (Congreso de Colombia, 2012). A través del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SNGRD) y la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) se estructuró el plan nacional de gestión del riesgo de desastres, el cual se organiza bajo dos componentes principales: general y programático. El general contiene el marco estratégico del riesgo. El programático contiene programas, proyectos, objetivos, metas y responsables de su implementación dentro del periodo 2015-2025 (UNGRD, 2015). La figura 31 muestra los objetivos estratégicos que se pretenden lograr con el *Plan nacional de gestión del riesgo de desastres*.

En las últimas décadas, Colombia ha presentado un crecimiento poblacional acelerado, lo cual da como resultado, entre otros, el aumento de la urbanización del territorio, situación que genera latencia constante de que las comunidades se establezcan en lugares expuestos a riesgos de forma indebida, sin detallar en el impacto resultante en el entorno natural y el peligro que esto puede acarrear. Es ahí en donde todas las políticas, normas y estrategias conducidas por los planes estatales, toman relevancia en el direccionamiento y difusión del conocimiento sobre los riesgos, activando sus planes de gestión con el fin de prevenir y fortalecer la capacidad de respuesta del país frente a la vulnerabilidad con respecto a posibles desastres (Hermelin, 2005).

Figura 31. Objetivos estratégicos que se pretenden alcanzar con el *Plan nacional de gestión del riesgo de desastres*



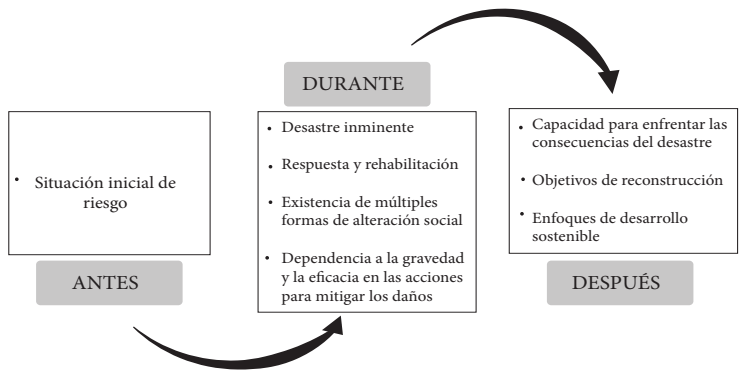
Fuente: adaptado de UNGRD (2015).

Necesidades para afrontar el riesgo y fortalecer estrategias de prevención en Colombia

La eficacia en educación preventiva se debe pensar sobre qué es lo que se quiere evitar y actuar durante las fases del comportamiento de las personas, ya que la latencia de prevenir debe estar proyectada en cada una de las fases del proceso. Educar para prevenir se constituye en una intención práctica que debe estar preparada para afrontar todo el proceso del desastre (figura 32 y figura 33).

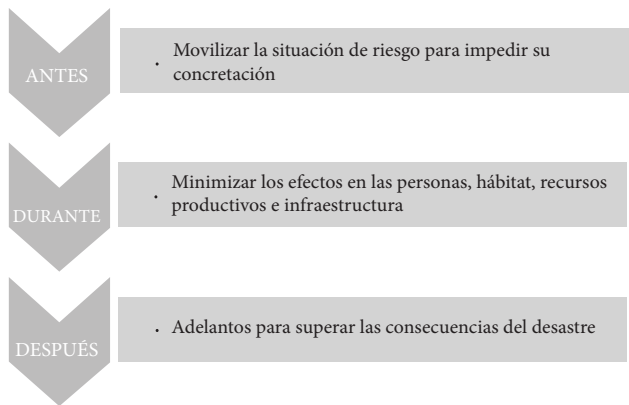
En esta perspectiva, la educación en prevención de desastres fomenta las políticas de la cultura preventiva hasta el proceso de recuperación y la conciencia de disminuir la vulnerabilidad preexistente, orientando a la comunidad según la estrategia nacional y regional a cargo de la UNGRD, cuyo plan se sitúa en un esfuerzo a gran escala para implementar los procesos de recuperación en el menor tiempo posible (UNGRD, 2015).

Figura 32. Proyección del proceso de los desastres



Fuente: adaptado de Campos (2000).

Figura 33. Objetivos de la prevención en el proceso del desastre



Fuente: adaptado de Campos (2000).

Es evidente que una de las necesidades para fortalecer los procesos educativos en prevención de desastres es reconocer que los representantes nacionales, regionales y locales requieren estrategias que apunten directamente a las poblaciones con más índices de pobreza. La evaluación por parte de estos actores de los planes de desarrollo territoriales (POT), los gastos públicos y las inversiones de tipo administrativos y logísticos para las gestiones de riesgo pueden conducir directamente a proveer estudios más precisos e información efectiva y detallada para la toma de decisiones en temas de desarrollo, al igual que a minimizar el peligro de desastres por inundaciones, deslizamientos, descargas eléctricas atmosféricas, entre otros; es decir, por fenómenos de orden climático, a través de los trabajos interdisciplinarios de los responsables del control y el manejo de las

instituciones que atienden los estudios hidrometereológicos (Banco Mundial Colombia, 2012).

Ahora bien, en lo que se refiere a la educación en prevención de desastres, se puede plantear de la misma manera el hecho del fomento de los valores en educación ambiental, ya que son ellos los que sustentan los principios normativos y permiten la regulación del actuar de los seres humanos en diversidad de situaciones, según condición o contexto cultural, y, a su vez, dan un panorama de cómo se entretienen sus relaciones en el sistema social y el ecosistema. De allí la importancia que sea desde los primeros años escolares en los que se cultive el valor del derecho y el deber de cuidar la vida.

En efecto, las Naciones Unidas afirman que la estrategia más efectiva para prevenir los desastres es garantizar que todas las acciones en pro del desarrollo y la modernización estén centradas en el respeto de los derechos humanos. Las dimensiones de los derechos humanos proyectados a la prevención se detallan en la figura 34.

Figura 34. Derechos humanos proyectados a la prevención de desastres



Fuente: adaptado de Banco Mundial Colombia (2012).

Volviendo al tema de la vulnerabilidad y lo referente a su conocimiento, generalmente no se logran los avances esperados, ya que no es posible precisar factores como el grado de exposición de los elementos, los soportes y resistencias ante un fenómeno, el grado de resiliencia, la ubicación, las características de las poblaciones, las cualidades de sus viviendas, infraestructuras y actividades económicas (Banco Mundial Colombia, 2012).

Colombia requiere fortalecer el SNGRD en capacidad institucional para brindar la posibilidad de que más instituciones nacionales, territoriales y regionales en gestión del riesgo puedan aumentar sus recursos técnicos y operacionales

bajo protocolos capaces de desarrollar enfoques que permitan la formulación de planes municipales para la gestión del riesgo de desastres, y los constituyan como instrumento a largo plazo. Estos se convertirán en insumos claves para los planes de desarrollo, los planes de ordenamiento territorial, los planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, así como los planes de gestión ambiental regional (Hermelin, 2005).

Ciertamente, es necesario que la comunidad se fortalezca frente a la conciencia en la gestión del riesgo de desastres por medio de la participación e información de cada uno de sus habitantes de forma proactiva y diferencial, que permita desarrollar una cultura preventiva frente a los desastres y constancia frente a campañas de “educación de la ciudadanía y en consultas públicas a todos los niveles de la sociedad” (UNGRD, 2015, p. 22).

Educación en prevención de desastres en Colombia

América Latina se interesó por los planes de investigación y gestión en prevención en desastres después de las devastaciones de la década de los ochenta causadas por las inundaciones y sequías relacionadas con el Fenómeno del Niño en Centro y Sur América, el terremoto de Popayán, el desastre de Armero en Colombia y el terremoto de Ciudad de México, por mencionar algunos. Sin embargo, los resultados de estos estudios no tuvieron las réplicas esperadas, puesto que no contaban con centros de estudios especializados ni con la asignación de recursos necesarios para las investigaciones; además, los profesionales no podían acceder fácilmente a material bibliográfico y tampoco se contaba con estrategias para que las publicaciones de sus trabajos tuvieran la difusión necesaria.

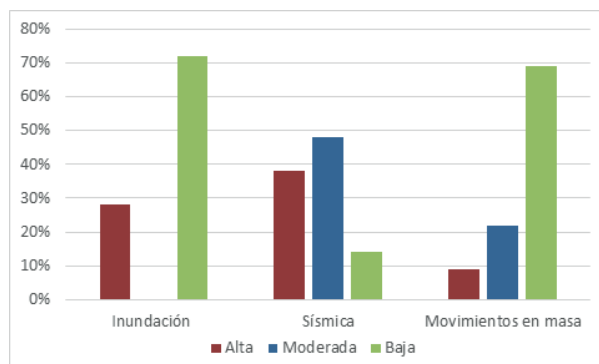
Para 1992 surge una iniciativa por parte de algunas instituciones de ahondar en sus esfuerzos para la promoción desde una orientación social frente a la prevención de desastres, con el fin de construir un trabajo interdisciplinar en común, como mecanismo para promover y hacer públicos todos los estudios e investigaciones desde una perspectiva comparativa sobre prevención de riesgos por desastres y la manera como se reacciona frente a estos. Esta iniciativa fue llamada Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED). Uno de sus principales objetivos fue difundir una serie de documentos que aún no eran muy conocidos dentro de la comunidad de la región. Dentro de dichas publicaciones se encuentra una serie de textos de países como Perú, Colombia, México y Costa Rica, los cuales contenían investigaciones de los últimos diez años con diversidad de enfoques. En estos se mantenía como eje central los desastres en América Latina analizados desde una perspectiva social. Desde entonces se ha venido construyendo un marco conceptual y metodológico del sector latinoamericano en materia de prevención de desastres, que relaciona lo complejo del comportamiento social al enfrentarse a una tragedia (Brenes Torres, 2007).

En la actualidad, se puede afirmar que Colombia es líder entre los países de habla hispana por su mirada integral con respecto a los mecanismos en el manejo de los riesgos y el cómo año tras año ha logrado bajar las tasas de muertes por causa de desastres. No obstante, todos estos esfuerzos se pueden calificar como insuficientes, ya que aportar a la estabilidad de la seguridad territorial, al equilibrio ambiental y al bien social puede ser una tarea inalcanzable, en tanto que las múltiples circunstancias que llevan a situaciones de vulnerabilidad y riesgo son muchas.

Avances en la prevención y gestión de desastres

El panorama para prever amenazas referentes a fenómenos naturales debe contemplar variedad de circunstancias que no estropeen el desarrollo social, tales como cambios climatológicos, dificultades financieras mundiales, devastación ambiental, diferencias sociales, crisis armadas, entre otras. Un acercamiento general a la distribución de los principales riesgos de desastres en el territorio colombiano se observa en la figura 35.

Figura 35. Distribución del nivel de exposición de desastres en Colombia



Fuente: adaptado de Banco Mundial Colombia (2012).

En lo referente a la educación y la comunicación social en las gestiones de estos riesgos, los sujetos gubernamentales de las diferentes regiones del país están adoptando tácticas de fortalecimiento municipal y local de gestión de riesgo, especificando lo que demanda la Constitución, la Ley 1523 de 2012 y la Ley orgánica de ordenamiento territorial (Ley 1454 de 2011) a través del SNGRD, permitiendo la facilidad de información entre las instituciones públicas y privadas, lo que se define como procesos de desarrollo seguro y sostenible. Por su parte, las comunidades deben asumir su papel, conociendo y comprendiendo los derechos en las gestiones de riesgos, conduciéndose a proceder frente a sus deberes y responsabilidades para que cada programa educativo que active el

país sea una conexión de identidad colectiva que contribuya al respeto por la vida, los derechos humanos, la paz, la solidaridad y la equidad.

En esta perspectiva, las instituciones de orden educativo y social, con enfoque cultural, así como recreativo, deberían establecer sus programas en pro del desarrollo humano y la participación ciudadana que respalden los procesos de la gestión de riesgos. Por otra parte, las labores educativas que tengan lugar en comunidades se deben realizar con un enfoque de respeto a la diversidad, bajo ningún tipo de discriminación, sin intervenir en sus valores de carácter cultural, social y religioso. Las poblaciones en riesgo deben ser concebidas como grupos sociales, sujetos de derecho, transformadores sociales y aportantes en la construcción de conocimiento y la reducción de riesgo (UNGRD, 2015).

Para finalizar, en cuanto a la táctica de difusión de información en lo que a materia de riesgo se refiere, el SNGRD, en conjunto con el Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones, velará por garantizar el conocimiento del riesgo con material pertinente y especializado, que le permita a los habitantes de los diferentes sectores informarse adecuadamente y movilizarse en el contexto de deberes y responsabilidades frente al riesgo, impulsando a la población estratégicamente a la conciencia de evitar la vulnerabilidad (UNGRD, 2015).

Estrategias y acciones territoriales para la prevención y gestión de desastres

La dimensión de prevención de desastres en la escuela florece gracias a las acciones de los entes territoriales que se esmeran en apoyar iniciativas para dichos fines (Brenes Torres, 2007). Por ejemplo, dentro del programa de educación ambiental en el currículo del grado quinto de básica primaria se incluye el fortalecimiento de valores humanos por medio de proyectos que apuntan a prevenir desastres a través de la conservación de las montañas de la cordillera central, programa que se acompaña con materiales didácticos pedagógicos y una serie de módulos como plan piloto para integrar la ética al programa de ciencias naturales en las cabeceras municipales de Choachí y Útica (Talero de Husain *et al.*, 1998).

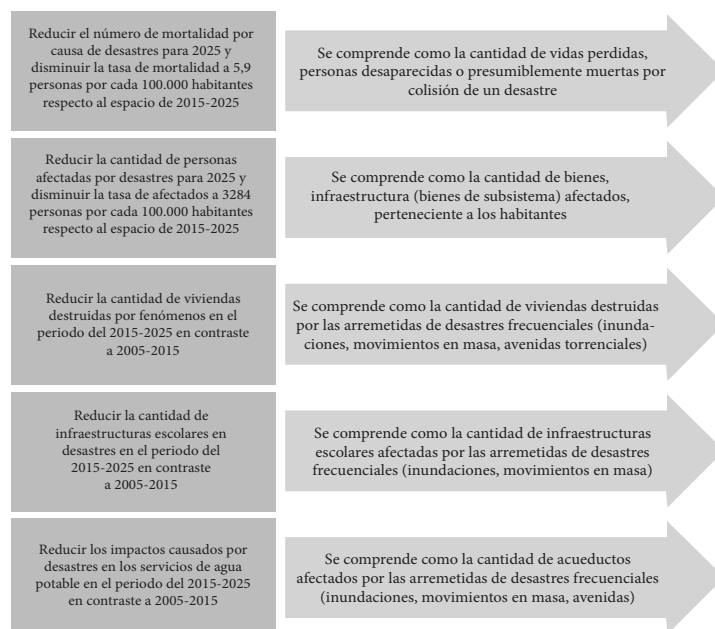
Otro punto importante son las metas del Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (PNGRD), resumidas en la figura 36. Estas metas se basan en los avances, estudios e investigaciones enfocados a la gestión del riesgo, los cuales se proyectan con una orientación puntual en la forma de difundir estrategias informativas, desarrollo tecnológico e investigación científica.

En lo que corresponde a la UNGRD, esta debe liderar la gran tarea en la obtención de mecanismos que permitan coordinar todo lo anteriormente expuesto con diferentes instituciones, como las divisiones que sostienen conocimientos

y nuevas prácticas en la gestión del riesgo de desastres, el Sistema Nacional de Ciencias, Tecnología e Innovación (Colciencias) y demás universidades e instituciones de investigación del país.

Los esfuerzos dados a través del PNGRD y las políticas correspondientes a los diferentes sectores del país, junto con los planes nacionales, se situarán con el concepto del riesgo inherente a los procesos del desarrollo, buscando medidas que permitan ajustar los instrumentos y planeaciones a causa del cambio climático. Por otra parte, se generarán mecanismos que admitan configurar protección financiera para abastecer eventualidades por desastres. Por último, se conjugarán todos los instrumentos oficiales para establecer protocolos de reacción a emergencias, sumando herramientas como material técnico, capacitaciones, entrenamiento y salas de crisis territoriales, coherentes con el SNGRD, todo para obtener los recursos necesarios que permitan tomar medidas efectivas de prevención y mitigación frente a las emergencias (UNGRD, 2015).

Figura 36. Metas PNGRD 2015-2025



Fuente: UNGRD (2015).

Las tendencias de los escenarios de vulnerabilidad no reflejarán su desaparición, pero el incremento de los esfuerzos de los entes territoriales gubernamentales, los no gubernamentales, la comunidad científica, las instituciones de carácter humanitario será útil para hacer presencia en todos los procesos de gestión y prevención de desastres dirigidos a la población.

Obstáculos en el camino hacia la gestión del riesgo por rayos

A pesar del progreso reciente de la educación en prevención contra rayos, como se evidenció en este texto todavía existen grupos de personas en muchos países que no han sido alcanzados con el mensaje de la prevención. Entre ellos, las comunidades en áreas rurales remotas, quienes son en especial vulnerables, no solamente debido a la falta de sistemas de protección contra rayos, sino también porque la mayoría de las políticas y recomendaciones para la prevención se han originado en países desarrollados para poblaciones que cuentan con edificaciones seguras y vehículos metálicos no descapotados fácilmente disponibles. A nivel general, las lesiones por rayos continúan siendo un riesgo importante para la salud en muchos países (Cooper y Ab Kadir, 2010).

Por esta razón, los esfuerzos realizados recientemente en el mundo para la reducción del riesgo asociado a las descargas eléctricas atmosféricas pretenden establecer las bases de una nueva cultura en la que los principios de la prevención estén presentes en todo lugar, en cualquier momento, y una de las acciones clave para alcanzar este objetivo es la creación de políticas públicas para la prevención contra rayos. Al promulgar estas políticas públicas, las autoridades nacionales y locales podrían tener las herramientas necesarias para diseñar, organizar y ejecutar programas de prevención contra rayos que puedan actuar hoy y permanecer en el futuro; futuro que actualmente está siendo orientado mundialmente para lograr el desarrollo sostenible.

Teniendo en cuenta este hecho, los diseñadores de programas promotores de la prevención contra rayos están comenzando a vincularlos con los principios y directrices de la GRD, que es un tema que ahora se considera como uno de los factores críticos y esenciales en la búsqueda del desarrollo sostenible.

La introducción del concepto de la gestión del riesgo por descargas eléctricas atmosféricas (GRDEAT) en el contexto actual de la gestión del riesgo de desastres en Colombia es algo completamente nuevo. Como se mencionó anteriormente, el sistema colombiano para la gestión del riesgo de desastres todavía no tiene ninguna política para la prevención contra rayos. Teniendo esto en cuenta, Villamil *et al.* (2016) indican dos aspectos que están obstaculizando la creación de dicha política: una interpretación no unificada de la palabra tormenta y una clasificación errónea del riesgo por rayos dentro de la terminología de la GRD. Con respecto al primer aspecto, se señala:

Dentro de la literatura y los medios de Colombia y Latinoamérica existen diversas interpretaciones del concepto tormenta que en ocasiones pueden confundir o informar erróneamente al público en general, debido a que no hay la claridad suficiente sobre a qué se refiere realmente esta palabra. Frecuentemente, eventos y estadísticas asociados a fuertes lluvias, tormentas

tropicales, vendavales, ventarrones, granizadas y tormentas eléctricas son todos mencionados simplemente usando la palabra tormenta [...] Por lo tanto, para difundir información adecuada relacionada con los desastres naturales, incluido el riesgo por descargas eléctricas atmosféricas, es necesario hacer la distinción correctamente y explicar las consecuencias de cada uno, haciendo referencia a sus características por separado, debido a que todos ellos tienen características particulares y pueden producir diferentes impactos. (Villamil *et al.*, 2016, p. 4)

Sobre el segundo aspecto, los mismos autores afirman:

[...] teniendo en cuenta la naturaleza aleatoria de la amenaza de los rayos, también es necesario considerar el riesgo por descargas eléctricas atmosféricas como un riesgo extensivo, no como un riesgo intensivo. Esto significa que, aunque figura en la lista de desastres naturales, una descarga eléctrica atmosférica no produce ni un gran número de lesiones en un mismo lugar ni al mismo tiempo. Los eventos que involucran tormentas eléctricas en Colombia [...] son prueba de ello, donde son evidentes su alta frecuencia y las pérdidas de baja severidad que ocasionan, las cuales [...] son características típicas de los riesgos extensivos. No tener en cuenta este hecho de manera apropiada ha dificultado aún más el proceso para integrar oficialmente el riesgo por rayos a los programas del SNGRD, lo que ha provocado que no haya todavía un programa dedicado exclusivamente a gestionar este importante desastre natural en el país. (Villamil *et al.*, 2016, p. 4)

Además, Gomes y Gomes (2017) indican que las descargas eléctricas atmosféricas no son tratadas seriamente como un asunto que amenace la seguridad por la comunidad que investiga y trabaja en las ciencias de la seguridad. Incluso los documentos y directrices de políticas gubernamentales sobre seguridad ocupacional, en países con una densidad de descargas a tierra muy alta, no abordan ni al menos mencionan el término “rayo” (p. 7). Este último hecho lleva a pensar que la promulgación de una política pública para la prevención contra rayos requiere que las descargas eléctricas atmosféricas sean consideradas como un fenómeno peligroso por la UNGRD, pues de otra manera todas las propuestas relativas a la construcción de una política pública para la prevención contra rayos en Colombia serán infructuosas.

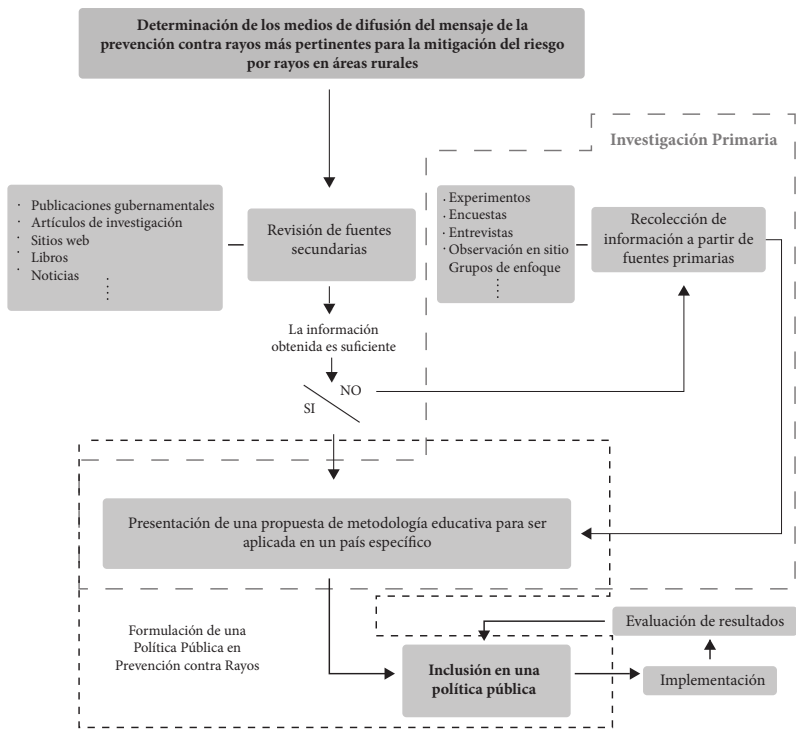
Un paso hacia la construcción de una política pública para la prevención contra rayos en Colombia

En referencia con la apremiante necesidad de promover una construcción social que modifique el comportamiento de la ciudadanía frente a las DEAT mediante

una serie de acciones intencionales, en la figura 1 de la introducción se presentó un diagrama de flujo de la metodología empleada por los autores para determinar cuáles pueden ser los medios más pertinentes para la difusión del mensaje de la prevención contra rayos en zonas rurales. Sin embargo, dado que este es el primer paso hacia el desarrollo de una política para la prevención contra rayos, se propone una ampliación a esta metodología para que pueda ser articulada con la formulación, implementación y evaluación de una política pública. Tal como se observa en la figura 37, la presentación de una propuesta de metodología educativa en prevención contra rayos es una parte destacada para el desarrollo de una política para la prevención contra rayos porque esta es la primera acción para su formulación.

En los párrafos subsiguientes, se presentan una serie de recomendaciones que pretenden contribuir a la proyección y elaboración de esta metodología, orientada principalmente hacia la población rural, la cual está basada en las opiniones y sugerencias recopiladas de los expertos mundiales en DEAT consultados.

Figura 37. Metodología para el desarrollo de una política para la prevención contra rayos



Fuente: elaboración propia.

Inclusión del riesgo por rayos en el Comité de Conocimiento del Riesgo de la UNGRD

El Comité de Conocimiento del Riesgo de la UNGRD asesora y planifica la implementación permanente del proceso de conocimiento del riesgo. Tiene varias funciones, entre ellas, guiar la identificación de escenarios de riesgo, asesorar sobre el diseño del proceso de conocimiento del riesgo como un componente del SNGRD y fomentar la apertura de líneas de investigación y capacitación sobre gestión del riesgo en instituciones de educación superior (Congreso de Colombia, 2012). Por tal motivo, las DEAT deben ser incluidas dentro del trabajo del Comité de Conocimiento del Riesgo, de tal forma que el riesgo asociado a ellas pueda comenzar a ser gestionado por el SNGRD. Además, instituciones de educación superior como la Universidad Distrital Francisco José de Caldas pueden apoyar dicha inclusión al proporcionar una plataforma para la investigación de la GRDEAT.

Incorporación de las descargas eléctricas atmosféricas en la aplicación móvil sobre el cambio climático y el sitio web de conciencia ante el riesgo de la UNGRD

Desde 2015, la UNGRD tiene una aplicación llamada *Cambio Climático en Acción*, que ofrece un juego interactivo como entorno de aprendizaje, ameno para niños y adultos, en relación con el conocimiento y las acciones para enfrentar los siguientes peligros: sequías, inundaciones, heladas, deslizamientos de tierra, incendios forestales, vendavales y terremotos. Cada uno de ellos tiene su propio nivel, en el cual el usuario recibe las herramientas e instrucciones necesarias para transformar una situación de riesgo en un escenario seguro. Las DEAT podrían tener un lugar en esta útil aplicación. Adicionalmente, el sitio web de conciencia ante el riesgo de la UNGRD³⁰ presenta explicaciones interactivas acerca de ciclones tropicales, incendios forestales, inundaciones, deslizamientos de tierra, terremotos, tsunamis y volcanes en tres etapas: conocer y reducir el riesgo, actuar y evaluar. Actualmente, este sitio web carece de una explicación acerca del peligro de los rayos.

30 Con el nombre de *Conciencia ante el riesgo*, este sitio web está dirigido a niños, profesores y al público en general. Dirección del sitio web: portal.gestiondelriesgo.gov.co/paginas/conciencia-ante-el-riesgo.aspx

Creación de una historieta sobre la prevención contra rayos

Como se mencionó en el capítulo anterior, las historietas no son solo para divertirse, sino también pueden ser utilizadas como una forma efectiva de enseñanza. La reciente y exitosa experiencia de comenzar a usar historietas para enseñar sobre terremotos a niños de jardines infantiles en Irán (Sharpe y Izadkhah, 2014) es una evidencia del potencial que tienen las historietas para difundir el conocimiento sobre la prevención. Por esa razón, el diseño de una historieta sobre prevención contra rayos, que esté disponible en periódicos, revistas o internet, también podría ayudar en gran manera a difundir el mensaje de la prevención entre la población colombiana.

Implementación de anuncios radiales sobre prevención contra rayos

Dado que la radio es el segundo medio de comunicación más utilizado en Colombia, y el primero en las regiones rurales en donde no hay acceso continuo de energía eléctrica, la inclusión de anuncios cortos dentro de la programación radial podría ser el medio para llegar a un gran número de campesinos y sus familias con el mensaje de la prevención contra rayos. Sin lugar a duda, esto requiere más que la buena voluntad de los programadores radiales, esta iniciativa debe contar con recursos humanos y económicos para ser implementada con éxito.

Desarrollo de un documental sobre prevención contra rayos para la población rural colombiana

Aunque la mayoría de los habitantes de las zonas rurales tal vez no podrían familiarizarse con los conceptos científicos de los rayos, un documental sobre prevención contra rayos dividido en pequeños segmentos y que utilice un lenguaje sencillo y cotidiano podría proporcionarles una contextualización sobre el tema. Este documental debería ser presentado en escuelas y otros lugares concurridos.

Consideraciones finales

Un paso importante en la formulación de una política pública para la prevención contra rayos en Colombia parte de la investigación realizada para la creación de una propuesta de metodología educativa en el tema, pero la inclusión de dicha metodología en una política pública requiere del apoyo del SNGRD, de lo

contrario, no hay posibilidad de implementar una estrategia a escala nacional para aumentar la conciencia sobre el riesgo de los rayos y la prevención en la población colombiana.

A partir de la observación de múltiples casos de lesiones por rayos reportados en Colombia, patrones de comportamiento individuales y grupales han sido identificados, los cuales podrían ser incluidos en el conteo y análisis de los casos, particularmente en poblaciones con características similares, con el fin de obtener un mejor entendimiento de los aspectos sociodemográficos relacionados con el riesgo por descargas eléctricas atmosféricas.

Asimismo, el diseño de una metodología educativa en prevención contra rayos es posible a partir de los programas de educación y las iniciativas aisladas consultadas, al considerar sus componentes y sus indicadores como referentes del camino que ya ha sido recorrido en el tema.

Dado que los habitantes de zonas rurales son los más vulnerables, deben ser la primera población objetivo al diseñar una metodología educativa en prevención contra rayos. Para el caso de Colombia, la inclusión de las descargas eléctricas atmosféricas en el Comité de Conocimiento del Riesgo y la aplicación del Cambio Climático de la UNGRD, la creación de una historieta sobre la prevención contra rayos, la implementación de anuncios radiales y el desarrollo de un documental para la población rural son ítems que deben ser incluidos en dicha metodología.

Es necesario incorporar la metodología educativa propuesta en la formulación de una política pública que trate directamente con el peligro por rayos en Colombia, dentro del marco del Sistema Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres Naturales (SNGRD). Esta política en prevención contra rayos tiene el potencial de ser una poderosa herramienta para contribuir a salvar vidas, así como al logro de los objetivos del Plan de Desarrollo Nacional y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible a través de la gestión del riesgo por descargas eléctricas atmosféricas (GRDEAT).

Referencias

- Aini, M., Elistina, A., Ab Kadir, M., Gomes, C. y Keul, A. (2014). The influence of socio demographic factors on severe weather concern, knowledge and preparedness among malaysians. *32nd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2014*.
- Albrecht, R., Goodman, S., Buechler, D., Blakeslee, R. y Christian, H. (2016). Where are the lightning hotspots on earth? *Bulletin of the American Meteorological Society*, 97(11), 2051-2068.
- Anderson, R. (2001). Does a fifth mechanism exist to explain lightning injuries? *IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 105-113.
- Arango, G., Gutiérrez, L., Forero, A., Valderrama, J., Prada, R., Barrera, L. y Guzmán, A. (2009). The Media in Colombia. En A. Albarrán (ed.), *The Handbook of Spanish Language Media* (pp. 63-76). Tailor & Francys e-Library.
- Aranguren, D., López, J., Inampué, J., Torres, H., y Betz, H. (2014). Overview of the cloud-to-ground lightning activity in Colombia. *International Conference on Grounding and Earthing & 6th International Conference on Lightning Physics and Effects*.
- Armenteras, D., González, T., Vergara, L., Luque, F., Rodríguez, N., y Bonilla, M. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de la naturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas*, 25(1), 83-89.
- Banco Mundial Colombia. (2012). *Análisis de la gestión del riesgo de desastres en Colombia: un aporte para la construcción de políticas públicas*. Banco Mundial.
- Beck, U. (2006). *La sociedad del riesgo: hacia una nueva modernidad*. Paidós Ibérica.
- Blumenthal, R. (2012). The forensic investigation of fatal lightning strike victims - Reconsidered and revised. *31st International Conference on Lightning Protection, ICLP 2012*.

- Blumenthal, R. y West, N. J. (2015). Investigating the risk of lightning's pressure blast wave. *South African Journal of Science*, 111(3-4), 1-5.
- Brenes Torres, A. (2007). Elementos conceptuales y desarrollo histórico de la noción de gestión del riesgo y los desastres. *Revista Reflexiones*, 86(2), 75-91.
- Campos, A. (2000). Prevención de desastres: una mirada desde la salud mental. En *Huracán Mitch - Una mirada a algunas tendencias temáticas para la reducción del Riesgo* (pp. 131-172). UNDRR.
- Cardoso, I., Pinto Jr., O., Pinto, I. y Holle, R. L. (2011). A new approach to estimate the annual number of global lightning fatalities. *14th International Conference on Atmospheric Electricity, ICAE 2011*.
- Carte, A., Anderson, R. y Cooper, M. (2002). A large group of children struck by lightning. *Annals of Emergency Medicine*, 39, 665-670.
- CEPAL. (2002). Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales. En *CEPAL Serie Medio Ambiente y Desarrollo* (vol. 50). Naciones Unidas. cepal.org/es/publicaciones/5749-politicas-publicas-la-reduccion-la-vulnerabilidad-frente-desastres-naturales
- Christian, H. (2003). Global lightning activity. *International Conference on Atmospheric Electricity, ICAE 2003*.
- Christian, H., Blakeslee, R., Boccippio, D., Boeck, W., Buechler, D., Driscoll, K., Goodman, S., Hall, J., Koshak, W., Mach, D. y Stewart, M. (2003). Global frequency and distribution of lightning as observed from space by the optical transient detector. *Journal of Geophysical Research*, D1, 4005-4019.
- Congreso de Colombia. (2012). Ley 1523 de 2012. En *Diario Oficial* (pp. 1-16). Imprenta Nacional.
- Cooper, M. (2002). A fifth mechanism of lightning injury. *Academic Emergency Medicine*, 9(2), 172-174.
- Cooper, M. (2012). Whether the medical aspects of lightning injury are different in developing countries. *31st International Conference on Lightning Protection, ICLP 2012*.
- Cooper, M. y Ab Kadir, M. (2010). Lightning injury continues to be a public health threat internationally. *21st International Lightning Detection Conference, ILDC 2010*.

- Cooper, M., Blaise, N., Gomes, C., Ataremwa, E., Tushemereirwe, R. y Lubasi, F. (2016). The development of the african centres for lightning and electromagnetics network. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- Cooper, M. y Holle, R. (2004). How to mobilize the information systems in your country to change lightning safety standards (and save lives and injuries). *18th International Lightning Detection Conference, ILDC 2004*.
- Cooper, M. y Holle, R. (2005). How to use public education to change lightning safety standards (and save lives and injuries). *14th Symposium on Education*.
- Cooper, M. y Holle, R. (2012). Lightning safety campaigns - USA experience. *31st International Conference on Lightning Protection, ICLP 2012*.
- Cooper, M. y Holle, R. (2019). *Reducing lightning injuries worldwide* (1.a ed.). Springer Natural Hazards.
- Cooper, M., y Marshburn, S. (2005). Lightning strike and electric shock survivors, international. *NeuroRehabilitation*, 20(1), 43-47.
- Cooper, M., Tushemereirwe, R., Holle, R., y Andrews, C. (2018). African centres for lightning and electromagnetics network (ACLENet) - Progress report. *34th International Conference on Lightning Protection, ICLP 2018*.
- Cooray, V. (2014). *The lightning flash* (2.a ed.). The Institution of Engineering and Technology.
- Cooray, V. (2015). *An introduction to lightning*. Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Cristancho, J., Rivera, C., Pantoja, J. y Román, F. (2015). Nonfatal lightning injuries in Colombia: case reports. *2015 International Symposium on Lightning Protection, XIII SIPDA*.
- Cristancho, J., Rodríguez, J., Rivera, C. y Román, F. (2019). Lightning incident with multiple natives injured in the Sierra Nevada de Santa Marta-Colombia - Description of scenario. *2019 International Symposium on Lightning Protection, XV SIPDA*.
- Cruz-Bernal, A., Torres, H., Aranguren-Fino, H. e Inampué, J. (2018). Lightning mortality rate in Colombia for the period 1997-2014. *Revista UIS Ingenierías*, 17(2), 65-74.
- Cruz, C., Rentería, E. y Román, F. (2013). Statistics of the Colombian National Army lightning accidents. *2013 International Symposium on Lightning Protection, XII SIPDA*.

- DANE. (2015). *Clasificación estadística internacional de enfermedades y problemas relacionados con la salud. Décima Revisión. -CIE 10- códigos y descripción a tres y cuatro dígitos*. dane.gov.co/files/investigaciones/poblacion/defunciones/Descripcion_CIE10_tres_y_cuatro_caracteres_actualizado_26_08_15.xls
- Davis, I. (1978). *Shelter after disaster*. Oxford Polytechnic Press.
- Del Rio, D., Younes, C. y Pulgarín, J. (2015). Lightning activity behavior over Bogota - Colombia Due to Urban Effect. 2015 *International Symposium on Lightning Protection, XIII SIPDA*.
- Díaz, F. y Román, F. (2015). Annual lightning events in Colombia: Why are they increasing? 2015 *International Symposium on Lightning Protection, XIII SIPDA*.
- Dickson, A. S. (2014). Assessing the dangers of lightning to livestock -A case study of a lightning event resulting in the deaths of 22 cattle. 32nd *International Conference on Lightning Protection, ICLP 2014*.
- Dwyer, J. y Uman, M. (2014). The physics of lightning. *Physics Reports*, 534(4), 147-241.
- Elistina, A., Aini, M., Ab Kadir, M. y Gomes, C. (2014). The position of the media as a tool of communication and education on severe weather in Malaysia. 32nd *International Conference on Lightning Protection, ICLP 2014*.
- Figgis, P. y Álvarez, G. (2012). Delayed esophageal perforation following lightning strike: a case report and review of the literature. *Journal of Medical Case Reports*, 6(1), 244-246.
- Gomes, A. y Gomes, C. (2014). Hierarchy of hazard control to minimize lightning risk. 32nd *International Conference on Lightning Protection, ICLP 2014*.
- Gomes, C. y Ab Kadir, M. (2011). A theoretical approach to estimate the annual lightning hazards on human beings. *Atmospheric Research*, 101(3), 719-725.
- Gomes, C., Ab Kadir, M. y Cooper, M. (2012). Lightning safety scheme for sheltering structures in low-income societies and problematic environments. 31st *International Conference on Lightning Protection, ICLP 2012*.
- 122 Gomes, C., Chowdhury, A., Ahmed, M. y Sharma, P. (2005). *South Asian Lightning Awareness Program (SALAP) Sri Lanka, Bangladesh and Bhutan*. pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNADD530.pdf

- Gomes, C. y Gomes, A. (2016). Lightning safety psyche. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- Gomes, C., Kithil, R. y Ahmed, M. (2006). Developing a lightning awareness program model for third world based on american-south asian experience. *28th International Conference on Lightning Protection, ICLP 2006*.
- Gomes, C., Lubasi, F., Gomes, A. y Doljinsuren, M. (2016). Concerns of the application of lightning protection risk assesment for small structures. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- Gómez, R. (2009). La radio en Colombia. En A. Merayo (ed.), *La radio en Iberoamérica: evolución, diagnóstico, prospectiva* (1st ed., pp. 138-160). Comunicación Social.
- Hajikhani, M., Ab Kadir, M., Izadi, M. y Gomes, C. (2016). A comparison of lightning human fatalities between Malaysia and United States. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- Hajikhani, M., Ab Kadir, M., Izadi, M., Gomes, C. y Cooper, M. (2016). Lightning fatalities and injuries in Malaysia from 2008 to 2015. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- Heldman, K. (2015). *PMP project management professional exam study guide* (2.a ed.). Sybex
- Hermelin, M. (2005). *Desastres de origen natural en Colombia 1979-2004*. Universidad EAFIT.
- Holle, R. (2012). Recent studies of lightning safety and demographics. *31st International Conference on Lightning Protection, ICLP 2012*.
- Holle, R. (2015). A summary of recent national-scale lightning fatality studies. *Weather, Climate, and Society*, 8, 35-42.
- Holle, R. (2016a). Lightning-caused deaths and related to agriculture. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- Holle, R. (2016b). The number of documented global lightning fatalities. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- Holle, R. y Cooper, M. (2016a). Lightning-caused deaths and injuries at schools. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- Holle, R. y Cooper, M. (2016b). Lightning occurrence and social vulnerability. En J. Coleman (ed.), *Atmospheric hazards - Case studies in modeling, communication, and societal impacts* (pp. 3-19). IntechOpen.

- Holle, R. y López, R. (2003). A comparison of current lightning death rates in the U.S. with other locations and times. *International Conference on Lightning and Static Electricity, ICOLSE 2003*.
- Howlett, M. y Ramesh, M. (2003). *Studying public policy: policy cycles and policy subsystems* (2nd ed.). Oxford University Press.
- Hox, J. y Boeije, H. (2005). Data collection, primary vs. secondary. En *Encyclopedia of Social Measurement* 1, 593-599.
- ICONTEC. (2008a). *NTC 4552 Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 1: Principios generales*. ICONTEC.
- ICONTEC. (2008b). *NTC 4552 Protección contra descargas eléctricas atmosféricas (rayos). Parte 2: Manejo del riesgo*. ICONTEC.
- IEC. (2010). *IEC 62305 Protection against lightning - Part 2: Risk management*. IEC.
- IEC. (2016). *IEC 62793 Protection Against Lightning - Thunderstorm Warning Systems*. IEC.
- IMC. (1873). Protocols and appendices of the proceedings of the meteorological congress. *First International Meteorological Congress*.
- Inampué, J., Aranguren, D., Cruz, A., González, J., Torres, H. y Betz, H. D. (2017). Severe thunderstorms in the Colombia and Venezuela high lightning active areas. *2017 International Symposium on Lightning Protection, XIV SIPDA*.
- Jayaratne, K. y Gomes, C. (2012). Public perceptions and lightning safety education in Sri Lanka. *31st International Conference on Lightning Protection, ICLP 2012*.
- Kalindekafe, L., Gondwe, S., Katonda, V., Kamanga, T., Chisenga, C., Gomani, P., Kapichi, T., Mkandawire, M. y Holle, R. (2018). Lightning Fatalities in Malawi: A retrospective study from 2010 to 2017. *34th International Conference on Lightning Protection, ICLP 2018*.
- Katz, R. (2015). *El ecosistema y la economía digital en América Latina*. Ariel S. A. repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/38916/ecosistema_digital_AL.pdf?sequence=1
- Krejcie, R. y Morgan, D. (1970). Determining sample size for research activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30, 607-610.
- Krüger, F., Bankoff, G., Cannon, T., Orłowski, B., y Shipper, E. (2015). *Cultures and disasters: understanding cultural framings in disaster risk reduction*. Routledge - Taylor and Francis Group.

- Kumaran, M., Singh, D., Murali, G., y Singh, S. (2014). Electrocution by lightning - An unusual presentation. *Journal of Punjab Academy of Forensic Medicine & Toxicology*, 14(2), 112-114.
- Latorre, J., Rodríguez, J., Martínez, C., Cristancho C., y Román, F. (2016). Characterization of a metallic pearl-like necklace stroked by lightning: preliminary results. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- Lavell Thomas, A. (1993). Ciencias sociales y desastres naturales en América Latina: un encuentro inconcluso. *Revista EURE*, 21(58), 73-84.
- Lodico, M., Spaulding, D. y Voegtle, K. (2006). *Methods in educational research: from theory to practice* (1.a ed.). Jossey-Bass.
- Marston, W. (1944). Why 100,000,000 Americans Read Comics. *The American Scholar*, 13(1), 35-44.
- Martínez, C., Román, F. y Cristancho C., J. (2016). Determination of the lightning current from its thermal effects. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- Mary, A. y Gomes, C. (2014). Lightning safety of under-privileged communities around Lake Victoria. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 6(8), 669-685.
- Murty, O. (2009). Lightning fatality with blast, flame, heat and current effects: a macroscopic and microscopic view. *Journal of Forensic and Legal Medicine*, 16(3), 162-167.
- Naciones Unidas. (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. En *General Assembly Resolution 70/1, 25 September 2015* unctad.org/meetings/es/SessionalDocuments/ares70d1_es.pdf
- NASA Earth Observatory (2013). *Global lightning activity*. NASA. <https://www.earthobservatory.nasa.gov/images/85600/global-lightning-activity>
- National Weather Service. *Understanding lightning: types of flashes*. NWS. <http://weather.gov/safety/lightning-science-types-flashes>
- Navarrete, N., Cooper, M. y Holle, R. (2014). Lightning fatalities in Colombia from 2000 to 2009. *Natural Hazards*, 74(3), 1349-1362.
- Nicora, M. G., Barle, F., Marcuzzi, E., Avila, E., Bali, J. y Vásquez, P. (2016). Thunderstorm warning in Argentina. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.

- NWS. (2017a). *NWS lightning safety quick safety tips*. weather.gov/safety/lightning-tips
- NWS. (2017b). *U.S. lightning deaths in 2017*. weather.gov/safety/lightning-fatalities17
- O’Keefe, P., Westgate, K. y Wisner, B. (1976). Taking the naturalness out of natural disasters. *Nature*, 260(5552), 566-567.
- PGN. (2011). *Metodología para la actuación preventiva de la Procuraduría General de la Nación en las diferentes etapas del ciclo de las políticas públicas* (1.a ed.). Procuraduría General de la Nación.
- Quarantelli, E. y Dynes, R. (1972). When disaster strikes (it isn’t much like what you’ve heard and read about). *Psychology Today*, 5, 66-70.
- Rakov, V. A. (2007). Lightning phenomenology and parameters important for lightning protection. 2007 *International Symposium on Lightning Protection, IX SIPDA*.
- Rakov, V. y Uman, M. (2003). *Lightning: physics and effects*. Cambridge University Press.
- Roeder, W., Cummins, B., Cummins, K., Holle, R. y Ashley, W. (2015). Lightning fatality risk map of the contiguous United States. *Natural Hazards*, 79(3), 1681-1692.
- Rojas, H. (2018). *Técnicas avanzadas para el tratamiento y procesamiento de señales de campos electromagnéticos generados por rayos*. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63729>
- Rojas, H., Santamaría, F., Escobar, O. y Román, F. (2017). Lightning research in Colombia: Lightning parameters, protection systems, risk assessment and warning systems. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(1), 1-12.
- Román, F., Alarcón, A. y Santamaría, F. (2005). Analysis of a lightning accident in Gavle, Sweden. 2005 *International Symposium on Lightning Protection, VIII SIPDA*.
- Romero, G. y Maskrey, A. (1993). Cómo entender los desastres naturales. En A. Maskrey (ed.), *Los desastres no son naturales* (1.a ed., pp. 1-8). LA RED: Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina.
- Sánchez, O., Torres, C. y Santamaría, F. (2014). Comparación de las normas NTC 4552 de 2008 e IEC 62305 de 2010 para el análisis de riesgo. *Revista Tecnura*, 18(40), 103-114.

- Sharma, K., Kumar, A. y Chaudhary, A. (2009). *Statistics in management studies* (10.a ed.). Krishna Prakashan Media (P) Ltd.
- Sharpe, J. y Izadkhah, Y. (2014). Use of comic strips in teaching earthquakes to kindergarten children. *Disaster Prevention and Management*, 23(2), 138-156.
- Talero de Husain, E., Umaña, G. y Chaves, G. (1998). Valores en educación ambiental para la prevención de desastres. *TED: Tecné, Episteme y Didaxis*, 4.
- Torres, H. (2010). *Protección contra rayos* (2.a ed.). ICONTEC.
- Torres, H., Pérez, E., Younes, C., Aranguren, D., Montana, J. y Herrera, J. (2015). Review of ground flash density and keraunic levels reported in tropical regions. *Asia-Pacific International Conference on Lightning APL 2015*.
- Trengove, E. y Jandrell, I. (2011). Strategies for understanding lightning myths and beliefs. *International Journal of Research and Reviews in Applied Sciences*, 7, 287-294.
- Trengove, E. y Jandrell, I. (2015). Lightning myths in Southern Africa. *Natural Hazards*, 77(1), 101-110.
- Trengove, E. y Jandrell, I. (2012). Leveraging a mobile culture for lightning awareness: The African context. *31st International Conference on Lightning Protection, ICLP 2012*.
- Unesco. (2011). *La UNESCO y la educación “toda persona tiene derecho a la educación.”* United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. unesdoc.unesco.org/images/0021/002127/212715s.pdf
- UNGRD. (2015). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres*. UNGRD.
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2018). *Atlas de riesgo de Colombia: revelando los desastres latentes*. UNGRD. repositorio. gestiondelriesgo.gov.co/handle/20.500.11762/27179
- UNDRR. (2009). *2009 UNISDR Terminología sobre reducción del riesgo de desastres*. Naciones Unidas.
- UNDRR. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres*. Naciones Unidas. https://www.unisdr.org/files/43291_spanishsendaiframeworkfordisasterri.pdf
- Vaisala Inc. (2018). *Lightning event density map*. Vaisala. <https://www.vaisala.com/es/products/data-subscriptions-and-reports/data-sets/gld360>

- Villamil, D., Santamaría, F. y Díaz, W. (2015). Lightning disaster risk assessment method in Colombia - A review of educational methodologies on lightning safety. *2015 International Symposium on Lightning Protection, XIII SIPDA*.
- Villamil, D., Santamaría, F. y Díaz, W. (2016). Towards a comprehensive understanding of lightning risk management in Colombia: An insight into the current context of disaster risk management. *33rd International Conference on Lightning Protection, ICLP 2016*.
- WBG. (2013). *World development report 2014: Managing Risk for Development*.
- WBG. (2018). *Mobile cellular subscriptions (per 100 people) | Data*. data.worldbank.org/indicator/IT.CEL.SETS.P2?view=map&year=2017
- WBG. (2020). *Rural population (% of total population) | Data*. data.worldbank.org/indicator/SP.RUR.TOTL.ZS?view=map
- Young, H. y Freedman, R. (2012). *Física universitaria* (13.a ed.). Pearson.
- Young, H. y Freedman, R. (2013). *Física universitaria* (vol. 1, p. 574). Pearson.

Apéndice 1. Lista de expertos en descargas eléctricas atmosféricas

El nombre, país de nacimiento y afiliación en el 2016 de los 65 expertos en rayos que contribuyeron al responder la encuesta diseñada en la presente investigación son listados a continuación. Muchas gracias por sus valiosos aportes.

País de nacimiento	Nombre	Afiliación al momento de participar en la encuesta
Alemania	Alexander Kern	Aachen University of Applied Sciences - Department Juelich
Alemania	Tobias Kopp	Technische Universität Braunschweig
Alemania	Michael Rock	Technische Universität Ilmenau
Argelia	Kaddour Arzag	University of Saida - Department of Electrotechnics
Argentina	M. Gabriela Nicora	Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa, CITEDEF
Austria	Gerhard Diendorfer	Austrian Electrotechnical Association, OVE - Department of ALDIS (Austrian Lightning Detection & Information System)
Brasil	Antonio Lima	COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro
Brasil	Alexandre Piantini	Institute of Energy and Environment of the University of São Paulo
Brasil	Marcelo Saba	National Institute for Space Research, INPE
Brasil	Miltom Shigihara	Institute of Energy and Environment of the University of São Paulo
Brasil	Sandro Assis	Companhia Energética de Minas Gerais, CEMIG
Brasil	Silveiro Visacro	Federal University of Minas Gerais
Camerún	Ngamini Jean Blaise	African Centers for Lightning and Electromagnetics Network, ACLENet
Canadá	Abdul Mousa	British Columbia Hydro
China	Zixin Guo	North China Electric Power University

Colombia	Alejandro Latorre	Universidad Nacional de Colombia - Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Colombia	Francisco Román	Universidad Nacional de Colombia - Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Colombia	Fernando Díaz-Ortiz	Universidad Nacional de Colombia - Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Colombia	Jesús López	Universitat Politècnica de Catalunya, UPC - Department of Electrical Engineering
Colombia	Jorge Alarcón	Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Facultad de Ingeniería
Colombia	Jorge Cristancho	Universidad Nacional de Colombia - Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Colombia	Jorge Rodríguez	Universidad Nacional de Colombia - Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Colombia	José Cuarán	Universidad Nacional de Colombia - Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Colombia	Liliana Arévalo	ABB AB - Research and Development Department
Colombia	Luis Perdomo	Universidad Distrital Francisco José de Caldas - Facultad de Ingeniería
Colombia	Marley Becerra	KTH Royal Institute of Technology - School of Electrical Engineering
Colombia	Oscar Díaz	Uppsala University - Faculty of Engineering Sciences, Division of Electricity
Dinamarca	Søren Find Madsen	Global Lightning Protection Services
España	Joan Montanya	Universitat Politècnica de Catalunya, UPC - Department of Electrical Engineering
Estados Unidos	Earle Williams	Massachusetts Institute of Technology, MIT
Estados Unidos	Jennifer Morgan	Lightning Safety Alliance Corporation
Estados Unidos	Mary Ann Cooper	African Centers for Lightning and Electromagnetics Network, ACLENet
Estados Unidos	Ronald Holle	VAISALA Corporation
Francia	Alan Rousseau	Société d'Etudes et de Fabrication des Techniques Industrielles Modernes, SEFTIM
Grecia	Pantelis Mikropoulos	Aristotle University of Thessaloniki - Faculty of Engineering, School of Electrical & Computer Engineering

Grecia	Zacharias Datsios	Aristotle University of Thessaloniki - Faculty of Engineering, School of Electrical & Computer Engineering
Hungría	István Kiss	Budapest University of Technology and Economics - Department of Power Engineering
Indonesia	Andri Haryono	The Petroleum Institute - Electrical Engineering Department
Italia	Elisabetta Fiori	CIMA Research Foundation
Italia	Fabio Fiamingo	National Institute for Insurance against Accidents at Work, INAIL
Japón	Kazuo Hiruma	Obayashi Corporation - Mechanical & Electrical Design Department
Japón	Masaru Ishii	The University of Tokyo
Japón	Mikihisa Saito	The University of Tokyo
Japón	Misao Kobayashi	Meidensha Corporation
Malasia	Dalina Johari	Uppsala University - Faculty of Engineering Sciences, Division of Electricity
Malasia	Wooi Chin-Leong	Universiti Teknologi Malaysia, UTM - Faculty of Electrical Engineering
Mongolia	Myagmar Doljinsuren	Institute of Meteorology, Hydrology and Environment
Polonia	Mirosław Zielenkiewicz	Center of Protection against Overvoltages and Electromagnetic Interferences
Polonia	Tomasz Kisielewicz	Warsaw University of Technology
Portugal	Sandra Correia	The Portuguese Meteorological Institute, IPMA
Portugal	Fernanda Cruz	Société d'Etudes et de Fabrication des Techniques Industrielles Modernes, SEFTIM
Reino Unido	Derek Elsom	Oxford Brookes University - Faculty of Humanities and Social Sciences
Rusia	Alexander Temnikov	National Research University Moscow Power Engineering Institute, MPEI - Department of Electrophysics and High Voltage Technique
Rusia	Stanislav Sokolov	Moscow Technical University of Communications and Informatics
Sudáfrica	Estelle Trengove	University of The Witwatersrand - School of Electrical and Information Engineering

Sudáfrica	Ian Jandrell	University of The Witwatersrand - School of Electrical and Information Engineering
Sudáfrica	Ryan Blumenthal	University of Pretoria - Department of Forensic Medicine
Sri Lanka	Ashen Gomes	Universiti Putra Malaysia, UPM - Center for Electromagnetic and Lightning Protection
Sri Lanka	Chandima Gomes	Universiti Putra Malaysia, UPM - Center for Electromagnetic and Lightning Protection
Sri Lanka	Lasitha Gunasekara	University of Colombo - Department of Physics
Sri Lanka	Mahendra Fernando	University of Colombo - Department of Physics
Sri Lanka	S.P. Amila Vayanganie	University of Colombo - Department of Physics
Sri Lanka	Sidath Jayalal	University of Colombo - Department of Physics
Venezuela	Marcos Rubinstein	University of Applied Sciences of Western Switzerland
Venezuela	Yarú Mendez	Universidad Simón Bolívar, USB - Departamento de Conversión y Transporte de Energía

Apéndice 2. Reportes de prensa sobre incidentes por rayos ocurridos en Colombia

1) 4 de agosto del 2011 - Maríalabaja / Bolívar

A las 3:00 p. m., una mujer recibió una fuerte descarga eléctrica cuando un rayo impactó su casa. La gente dijo que la mujer estaba recostada en la pared de la cocina cuando recibió la descarga. La descarga eléctrica quemó su brazo izquierdo y afectó su corazón, causando la muerte. Fuente: Un rayo la mató, www.eluniversal.com, 6 de agosto del 2011.

2) 4 de septiembre del 2011 - San Juan de Acosta / Atlántico

Un socorrista de 30 años fue alcanzado por un rayo cuando les pedía a algunos nadadores que abandonaran las playas debido a una fuerte tormenta eléctrica en Turipaná, municipio de Juan de Acosta, Atlántico. Tres personas resultaron heridas y el socorrista falleció. Fuente: Rayo mata a salvavidas en San Juan de Acosta, Atlántico, www.eluniversal.com, 4 de septiembre del 2011.

3) 21 de marzo del 2012 - San Andrés de Sotavento / Córdoba

Una mujer de 35 años y sus hijos de 7 y 12 años, pertenecientes a la etnia zenú, murieron a causa de un rayo que impactó en el distrito de Arroyo de Piedra en San Andrés de Sotavento. Los familiares dijeron que la tragedia ocurrió cuando cayó un fuerte aguacero, el primero registrado durante ese año en esa área mientras ellos intentaban recolectar agua. El esposo también se vio afectado y perdió el conocimiento. Para salvar su vida, los vecinos, utilizando las creencias culturales zenú, enterraron al hombre en el patio de su casa, dejando solo su cabeza sobre la superficie, y así comenzó a revivir. Fuente: Rayo mató a mujer y dos de sus hijos, en San Andrés de Sotavento, www.eltiempo.com, 22 de marzo del 2012.

4) 21 de marzo del 2012 - Málaga / Santander

Un hombre de 52 años y su hijo de 8 años sufrieron un trauma acústico y una crisis nerviosa a las 7:30 p. m. cuando un rayo cayó cerca de su casa, en el distrito de Chingará, ubicado en el kilómetro seis de la carretera a Málaga.

La esposa presenció el evento y relató que se encontraban en la cocina de la casa y vio una chispa que iluminó el lugar, después se dio cuenta de que su esposo y su hijo estaban en el piso, lloraban mucho y dijeron que sentían una corriente circulando por todo su cuerpo y también tenían taquicardia y dolor de cabeza. Los heridos fueron transportados en un vehículo local que los llevó a la carretera principal donde se encontraron con la ambulancia que finalmente los trasladó al hospital local de Piedecuesta. Esta familia resultó afectada por uno de los muchos rayos que sacudieron Piedecuesta ese día, en donde también se cayeron varios árboles que produjeron la destrucción de docenas de techos. Fuente: Fuera de peligro, padre e hijo afectados por un rayo, www.vanguardia.com, 23 de marzo del 2012.

5) 21 de marzo del 2012 - Sincelejo / Sucre

En el distrito de Babilonia, Sincelejo, a las 4:00 p. m., antes de que cayera el primer aguacero del año, un campesino de 22 años estaba arreglando un canal con algunos bejucos cuando la descarga eléctrica lo alcanzó y le quitó la vida. Otra persona que estaba cerca de ese lugar también se vio afectada y tuvo fuertes dolores de cabeza y dolor en las extremidades. Fuente: Muere joven campesino alcanzado por un rayo en Sincelejo, www.elheraldo.co, 22 de marzo del 2012.

6) 30 de marzo del 2012 - Manizales / Caldas

Un incendio que se registró a las 2:16 a. m. afectó a tres familias. Las llamas consumieron dos casas y dejaron otra parcialmente dañada. La gente afectada dijo que nadie resultó herido porque no había gente en las casas en ese momento, y la gente en la tercera casa logró escapar a tiempo. Las historias contadas por los afectados indican que un rayo causó el incendio. Fuente: Tres familias clasificadas por incendio en el barrio Bajo Andes, en Manizales, www.lapatria.com, 30 de marzo del 2012.

7) 3 de abril del 2012 - Candelaria / Atlántico

Un hombre de 22 años estaba moviendo ganado en la noche y murió a causa de un rayo que probablemente impactó en el terreno cercano. Cuando sus familiares lo encontraron, ya había fallecido. Fuente: Rayo mata a joven en Candelaria, Atlántico, www.elcolombiano.com, 5 de abril del 2012.

8) 5 de abril del 2012 - San Benito Abad / Sucre

Una persona murió y otra resultó herida cuando un rayo impactó el lugar donde se encontraban, cerca de Ciénaga de Machado, a pocos metros de la zona urbana de esta localidad. La víctima tenía 32 años y murió instantáneamente.

Su novia también resultó herida y fue trasladada al Hospital universitario de Sincelejo. Testigos dijeron que la pareja de encontraba tomando fotos con un teléfono celular en el momento del incidente. Fuente: Muere hombre al que cayó un rayo, www.elheraldo.co, 6 de abril del 2012.

9) 10 de abril del 2012 - Villavicencio / Meta

Los equipos de rescate informaron sobre el desbordamiento del caño Parrado, el caño Maizaro y el río Guatiquía debido a un fuerte aguacero que dejó a varias familias afectadas. Adicionalmente, el vigilante del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), sufrió lesiones debido a una DEAT y fue trasladado a un centro de atención. Fuente: Un celador resultó afectado por un rayo, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 11 de abril del 2012.

10) 11 de abril del 2012 - Armenia / Quindío

Una estudiante de 19 años de la Universidad de Quindío, Armenia, sufrió quemaduras cuando fue herida por un rayo. La estudiante estaba caminando bajo la lluvia por la universidad durante la tormenta. Fuente: Un rayo le ocasionó quemaduras a una joven en Armenia, www.eltiempo.com, 11 de abril del 2012.

11) 13 de abril del 2012 - Caldonó / Cauca

Cinco soldados fueron alcanzados por un rayo que cayó sobre una base militar en el municipio de Caldonó, en el medio oriente del Cauca. Uno de los afectados fue ingresado en un centro de atención de Popayán con lesiones en diferentes partes del cuerpo. Fuente: Rayo hirió a cinco soldados en Caldonó, Cauca, www.elpais.com.co, 13 de abril del 2012.

12) 16 de abril del 2012 - Apía / Risaralda

En la tarde de ese día, un campesino de 72 años falleció mientras trabajaba en la zona rural de Apía. Según sus compañeros de trabajo, ellos corrieron en busca de refugio en medio de una tormenta que afectó a varios pueblos de Risaralda, pero él no hizo lo mismo y fue sorprendido por un rayo que terminó con su vida. Su cuerpo fue encontrado horas más tarde en su lugar de trabajo con varias quemaduras que pudieron causar su muerte. Fuente: Rayo terminó con la vida de campesino en Apía, www.eldiario.com.co, 17 de abril del 2012.

13) 16 de abril del 2012 - Salento / Quindío

Dos hermanos de 24 y 25 años perdieron la vida cuando fueron alcanzados por un rayo en el sector conocido como Los Pinos en la entrada del municipio

de Salento, Quindío. Milagrosamente, un primo que los acompañaba y otro ciudadano quedaron ilesos y contaron los minutos de angustia que vivieron. En otro incidente, dos campesinos, de 81 y 51 años, caminaban junto a una yegua que llevaba cantinas con leche cuando un rayo los golpeó; a pesar de esto sobrevivieron. Fuente: Rayos causan la muerte a dos personas y dejan otras dos lesionadas, www.cronicadelQuindio.com, 17 de abril del 2012.

14) 20 de abril del 2012 - Bogotá D. C.

Dos trabajadores del cementerio de la inmaculada, ubicado en el norte de la capital de país, fueron alcanzados por un rayo. El primero murió y el segundo resultó herido. Los trabajadores de 36 y 58 años buscaron un árbol para protegerse de la lluvia, cuando de repente recibieron un impacto de rayo. El sobreviviente fue llevado al hospital. Fuente: Caída de rayo deja un muerto y un herido en cementerio del norte de Bogotá, www.alertabogota.com, 20 de abril del 2012.

15) 20 de abril del 2012 - Coromoro / Santander

El 20 de abril, alrededor de las 4:50 p. m., en el distrito de Mina, municipio de Comoro, un menor de 14 años murió cuando estaba buscando un refugio en el pasillo de su casa debido a un aguacero. Su padre, quien estaba con él en ese momento, dijo que un rayo golpeó la pierna donde llevaba un teléfono celular. Fuente: Falleció un joven al ser alcanzado por un rayo, www.vanguardia.com, 22 de abril del 2012.

16) 21 de abril del 2012 - Pueblo Nuevo / Córdoba

Un agricultor residente del pueblo de Limón, municipio de Pueblo Nuevo, murió como consecuencia de un rayo que lo golpeó. La lesión ocurrió mientras trabajaba en medio de una ligera llovizna. Su muerte fue instantánea. Fuente: Un rayo fulminó a un campesino, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 30 de abril del 2012.

17) 23 de abril del 2012 - Campamento / Antioquia

Tres soldados resultaron heridos cuando un rayo golpeó la base militar ubicada en Los Chorros, distrito del municipio de Campamento. Los soldados cumplían la guardia en las instalaciones del batallón cuando comenzó un aguacero y de repente cayeron rayos sobre ellos, que les ocasionaron quemaduras de segundo y tercer grado. Fuente: Tres soldados resultaron heridos por un rayo, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 23 de abril del 2012.

18) 23 de abril del 2012 - Pamplona / Norte de Santander

Una fuerte tormenta ocurrió en el distrito Belial de la aldea Laureano Gómez, zona rural del municipio de Pamplona, mientras los campesinos caminaban para comenzar su trabajo diario y fueron alcanzados por un rayo (un padre y sus dos hijos). Todos sufrieron heridas y quemaduras en diferentes partes del cuerpo. El padre murió y los niños fueron atendidos en el hospital San Juan de Dios, en Pamplona. Fuente: Un campesino murió y sus dos hijos resultaron heridos por una descarga eléctrica, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 23 de abril del 2012.

19) 24 de abril del 2012 - Sincelejo / Sucre

Un rayo golpeó a una ama de casa de 45 años, cuando cayó un aguacero durante una jornada de fuertes tormentas. La víctima, que estaba en la cocina cuando sucedió todo, tuvo que ser llevada al hospital. Al mismo tiempo, el rayo mató a dos cerdos que la mujer tenía en su patio trasero. En el momento del evento, la mujer estaba preparando una ensalada para la cena con un cuchillo de acero, que aparentemente atraía la energía generada por el rayo. Fuente: Colombia: Rayo mandó a mujer al hospital y mató dos cerdos, www.eluniversal.com.co, 26 de abril del 2012.

20) 26 de abril del 2012 - Santa Rosa / Bolívar

Durante un fuerte aguacero, acompañado de tormentas eléctricas, un soldado de 21 años, perteneciente a la segunda brigada del Ejército, resultó herido por un rayo que cayó a unos pocos metros de donde él se encontraba. Fuente: Herido soldado al que le cayó cerca un rayo, www.elheraldo.co, 27 de abril del 2012.

21) 7 de mayo del 2012 - Magangué / Bolívar

Los rayos causaron quemaduras en el brazo derecho de un joven de 18 años y en tres miembros más del equipo mientras jugaban fútbol. En la misma jornada un hombre murió en la misma localidad a causa del impacto de un rayo. Fuente: Rayo causó muerte en un hombre e hirió a 4 jóvenes en eventos diferentes, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 11 de mayo del 2012.

22) 17 de mayo del 2012 - Armenia / Quindío

Un hombre de 46 años resultó herido por un rayo mientras montaba a caballo durante su trabajo en la zona rural del municipio de Armenia. El animal murió y la persona herida fue trasladada a Bogotá. Fuente: Herido por rayo, Programa

de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 17 de mayo del 2012.

23) 18 de mayo del 2012 - San Benito Abad / Sucre

Un pescador murió cuando cayó un rayo durante una tormenta eléctrica en el distrito de El Cauchal, una zona rural del municipio de San Benito Abad. La víctima, de 31 años, había recogido su red y para refugiarse de la lluvia se dirigió a una choza abandonada cerca del río, cuando un rayo lo golpeó, matándolo instantáneamente. Fuente: Rayo mató a un pescador en Sucre, www.eluniversal.com.co, 19 de mayo del 2012.

24) 19 de mayo del 2012 - Florida / Cauca

Una deportista de 22 años murió cuando un rayo la golpeó mientras jugaba un partido de fútbol amistoso en Corinto, Cauca. La joven era la arquera del equipo. Fuente: Joven deportista murió al ser alcanzada por un rayo cuando jugaba un partido, www.elpais.com.co, 23 de mayo del 2012.

25) 21 de mayo del 2012 - Samaná / Caldas

Una tormenta eléctrica se aproximó a una compañía del Ejército que realizaba operaciones militares en la zona rural de Berlín de Samaná, Caldas. Un rayo impactó a un soldado de 18 años, causando aparentemente un paro cardíaco que lo mató. Fuente: Un rayo ocasionó la muerte de un soldado en Samaná, Caldas, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 21 de mayo del 2012.

26) 31 de mayo del 2012 - Riohacha / La Guajira

Un hombre de 40 años fue alcanzado por un rayo y murió mientras trabajaba en medio del campo con ganado en una finca rural ubicada en la zona sur de la aldea de Cotoprix. Los testigos dijeron que había sol y que en ese momento no llovía. El rayo terminó con la vida de él y la del caballo. Fuente: Rayo seco mató un campesino y el caballo en que se desplazaba en La Guajira, www.caracol.com.co, 31 de mayo del 2012.

27) 2 de junio del 2012 - Tierralta / Córdoba

Un rayo mató a veintitrés terneros entre los 7 y 9 meses de edad en una granja en el municipio de Tierralta. Los animales estaban juntos bajo un árbol, cuando fueron sorprendidos por la descarga eléctrica que los mató. El propietario de la granja dijo que la pérdida económica fue de alrededor de 7.500 USD. Fuente: Un rayo mató a 23 animales en Córdoba, www.eluniversal.com.co, 6 de junio del 2012.

28) 22 de junio del 2012 - Cajibío / Cauca

Los rayos terminaron la vida de un soldado en el pueblo de El Carmelo, una zona rural del municipio de Cajibío. El fenómeno natural produjo una fuerte tormenta con granizo. Otros tres soldados resultaron heridos en el mismo lugar. Fuente: Soldado murió por un rayo, otros tres uniformados están heridos, www.rcnradio.com, 22 de junio del 2012.

29) 30 de junio del 2012 - Juan de Acosta / Atlántico

La tormenta que golpeó el sábado pasado la zona costera del Atlántico dejó un muerto y dos heridos en una choza del pueblo de Santa Verónica. El propietario de la vivienda falleció, mientras un trabajador y otra persona que en ese momento visitaba el lugar resultaron heridos. Fuente: Un muerto y dos heridos por rayo en cabaña en Santa Verónica, www.elheraldo.co, 1 de julio del 2012.

30) 22 de julio del 2012 - Tarazá / Antioquia

El 22 de julio, en la localidad Alto del Loro, un hombre y una mujer murieron en medio de una tormenta mientras estaban instalando una antena para escuchar radio. Fuente: Este martes sepultan en Medellín a soldado muerto por un rayo, www.elcolombiano.com, 1 de octubre del 2012.

31) 18 de agosto del 2012 - El Bongo / Sucre

Una joven de 17 años murió después de ser alcanzada por un rayo cuando estaba lloviendo en el municipio. Alrededor de las 2:00 p. m., la joven estaba con su familia lavando la ropa en una represa ubicada en la aldea de Bongo. Cuando un rayo impactó el cuerpo de la víctima, la familia enterró la mitad de su cuerpo en el suelo tratando de salvarla. Una hora más tarde, la sacaron del hoyo y la llevaron al hospital local donde llegó sin ningún signo vital. Fuente: La mató un rayo, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 6 de septiembre del 2012.

32) 20 de agosto del 2012 - Maríalabaja / Bolívar

A las 5:30 p. m., un hombre de 19 años cruzó la cancha de fútbol del municipio de San Pablo, Bolívar, durante una fuerte lluvia y un rayo lo impactó. Estaba esperando al lado del campo para comenzar el partido en el que jugaría y que había sido pospuesto debido a la lluvia. Después decidió regresar a casa cruzando el campo y falleció. Fuente: Le cae un rayo y lo mata, www.eluniversal.com.co, 22 de agosto del 2012.

33) 23 de agosto del 2012 - Sardinata / Norte de Santander

Un soldado campesino de 24 años murió cuando un rayo lo impactó en el pueblo de La Victoria. Esto ocurrió cuando el soldado, perteneciente a la brigada 30 del Ejército, estaba vigilando un área con fuertes lluvias. Fuente: Un rayo mató a un soldado campesino. Sardinata. Santander, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 18 de enero del 2013.

34) 26 de agosto del 2012 - Magangué / Bolívar

El locutor de la estación de radio comunitaria de la aldea Las Brisas, una jurisdicción de Magangué, resultó gravemente herido y sufrió quemaduras en varias partes de su cuerpo cuando un rayo destruyó todo su equipo de trabajo y una parte de su casa. El evento ocurrió alrededor de las 9.30 a. m. cuando una fuerte brisa derribó la antena del servicio de internet del pueblo. Aparentemente, el rayo entró en el hogar de la víctima a través del equipo de transmisión y terminó en la habitación donde estaba en compañía de su madre, esposa e hijos. Dos de sus hijos sufrieron quemaduras en las piernas. Fuente: Herido por un rayo locutor en Las Brisas, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 31 de agosto del 2012.

35) 22 de agosto del 2012 - Guaranda / Sucre

Un niño de un año murió cuando fue alcanzado por un rayo durante una tormenta por la noche. El niño dormía en la misma cama con sus padres y hermanos, cuando la descarga eléctrica cayó justo en ese lugar. Los adultos sufrieron quemaduras de segundo y tercer grado mientras que la madre perdió el conocimiento y las personas que la ayudaron decidieron enterrarla en el suelo durante una hora para desenergizarla. Fuente: Rayo mató a un niño, www.elmeridiano-decordoba.com.co, 23 de agosto del 2012.

36) 31 de agosto del 2012 - Tuluá / Valle del Cauca

Una mujer de 32 años murió en el pueblo de La Mina. Algunas personas dijeron que alrededor de las 4:00 p. m., un rayo cayó sobre la casa donde estaba junto con sus hijos y recibió la descarga eléctrica. Fuente: Muere por un rayo, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 31 de agosto del 2012.

37) 8 de septiembre del 2012 - Baranoa / Atlántico

Un joven murió luego de ser impactado por un rayo mientras jugaba un partido de fútbol en el municipio de Baranoa, Atlántico. Los testigos dijeron que estaba

lloviendo y se escuchaban truenos, pero el árbitro aparentemente no vio ningún peligro y decidió comenzar el partido. Después de diez minutos de juego, la víctima llevaba la pelota cuando recibió la descarga que lo mató instantáneamente. Fuente: Muere joven futbolista impactado por un rayo en Atlántico, www.eluniversal.com.co, 8 de septiembre del 2012.

38) 23 de septiembre del 2012 - Sucre

En la mañana del 23 de septiembre, un rayo casi mata a un joven de 24 años cuando estaba con sus amigos pasando un buen rato. Un familiar dijo que estaban celebrando el día del amor y la amistad, cuando comenzó a llover y se quedaron afuera bebiendo. De repente, un rayo lo golpeó y perdió el conocimiento, pero sobrevivió. Fuente: Rayo casi lo mata, [www.leisonexrayos](http://www.leisonexrayos.com), 18 de enero del 2013.

39) 29 de septiembre del 2012 - Anorí / Antioquia

Un soldado murió y otro resultó herido cuando un rayo los impactó en el distrito de Montefrío, municipio de Anorí. El soldado de 19 años estaba durmiendo en un campamento cuando fue sorprendido por el fenómeno natural. Fuente: Este martes sepultan en Medellín a soldado muerto por un rayo, www.elcolombiano.com, 1 de octubre del 2012.

40) 2 de octubre del 2012 - Pueblo Bello / Cesar

Un granjero de 21 años, residente en Chimichagua, Cesar, murió después de recibir una descarga eléctrica de un rayo. Según su compañero de trabajo, la víctima se estaba lavando las manos después de trabajar todo el día cosechando café en el municipio de Pueblo Bello. Fuente: Joven murió por descarga de un rayo, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 18 de enero del 2013.

41) 5 de octubre del 2012 - Barrancabermeja / Santander

Un pescador de 28 años murió en el río Magdalena después de recibir una descarga eléctrica producida por un rayo en medio de una tormenta. Fuente: Muere pescador tras ser alcanzado por un rayo www.vanguardia.com, 6 de octubre del 2012.

42) 5 de octubre del 2012 - Canalete / Córdoba

Un recolector de café, del municipio de Canalete, murió a causa de un rayo. Era mediodía cuando comenzó una tormenta y un rayo lo mató instantáneamente. Fuente: Una descarga fulminante, www.elmeridianodecordoba.com.co, 6 de octubre del 2012.

43) 9 de octubre del 2012 - Suaita / Santander

Un rayo cayó por la noche en el pueblo de Vado Real, Suaita, e impactó a un joven de 17 años y a su madre cuando estaban en la cocina de su finca. Fuente: Rayo alcanzó a madre e hijo en el municipio de Suaita, www.vanguardia.com, 12 de octubre del 2012.

44) 9 de octubre del 2012 - Buenaventura / Valle del Cauca

Un rayo mató instantáneamente a un hombre que trabajaba como leñador en medio de una tormenta. Un amigo que estaba con él resultó gravemente herido y fue trasladado al hospital de Buenaventura. Fuente: Lo partió un rayo, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 18 de enero del 2013.

45) 12 de octubre del 2012 - Ibagué / Tolima

Tres personas resultaron heridas en el centro de la ciudad de Ibagué, cuando un rayo cayó cerca de una casa en la ciudad. Uno de los heridos era un niño de 12 años que fue trasladado a un hospital. Dos familiares también resultaron heridos. Fuente: Tres heridos por caída de un rayo en Ibagué, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 29 de noviembre del 2012.

46) 12 de octubre del 2012 - San Andrés de Sotavento / Córdoba

Una joven indígena de 17 años murió cuando un rayo la impactó. Fuente: Un rayo mató a una indígena en San Andrés de Sotavento, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 17 de enero del 2013.

47) 12 de octubre del 2012 - El Doncello / Caquetá

Una mujer de 22 años murió en la zona rural de El Doncello luego de que un rayo la impactara. Al parecer, la descarga fue atraída por una antena de radio. La gente dijo que estaba escuchando música cuando el rayo bajó por la antena, la alcanzó y la tiró al suelo. Fuente: Tormenta eléctrica mató a joven mujer, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 18 de enero del 2013.

48) 18 de octubre del 2012 - Bogotá D. C.

Una pareja que se quemó después de que un rayo golpeará el techo de su casa en Bosa, Bogotá, ya no está en peligro, según el jefe de la unidad de quemados del Hospital Simón Bolívar. Fuente principal: *Fuera de peligro dos personas quemadas por un rayo en Bogotá*, www.vanguardia.com, 18 de octubre del 2012.

49) 18 de octubre del 2012 - Puerto Lleras / Meta

Un rayo acabó con la vida de un campesino del municipio de Puerto Lleras. El incidente ocurrió cuando un hombre estaba trabajando en una finca. La víctima estaba con su hijo cuando vieron venir la tormenta y decidieron buscar refugio bajo techo. Desafortunadamente, el rayo cayó sobre ellos y causó la muerte del hombre y lesiones a su hijo. Fuente: Campesino murió electrocutado por un rayo, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 18 de enero del 2013.

50) 2 de noviembre del 2012 - El Tambo / Cauca

Un hombre de alrededor de 60 años perdió la vida después de ser alcanzado por un rayo. Esta tragedia ocurrió alrededor de las 5:00 p. m. cuando la víctima se encontraba en Cascajal, en la zona rural de Los Anayes, municipio de Tambo. Fuente: Un rayo mató a un campesino en El Tambo, Cauca, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 29 de noviembre del 2012.

51) 15 de noviembre del 2012 - Angelópolis / Antioquia

Debido a un fuerte aguacero, un joven de 23 años que iba en bicicleta de regreso a su casa decidió buscar refugio debajo de un árbol; minutos después recibió una descarga eléctrica que terminó con su vida. Fuente: Murió un joven al caerle un rayo en Angelópolis, Antioquia, www.caracol.com.co, 15 de noviembre del 2012.

52) 12 de diciembre del 2012 - Pereira / Risaralda

Después de trabajar toda la tarde en una casa del barrio de Los Molinos, el obrero de 36 años decidió bajar del techo para continuar con otras obras. Sin embargo, antes de que pudiera tocar el suelo, fue alcanzado por un rayo y cayó desde tres metros de altura. Fuente: Un rayo acabó con la vida de Arturito, www.eldiario.com.co, 5 de diciembre del 2012.

53) 6 de diciembre del 2012 - Bogotá D. C.

Un vigilante se encontraba en una caseta de vigilancia cuando un rayo cayó sobre ella, dañando la radio y la televisión, pero él no sufrió heridas graves. Fuente: Herido por rayo vigilante, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 18 de enero del 2013.

54) 16 de enero del 2013 - Cucaita / Boyacá

Un campesino de 37 años decidió buscar refugio bajo un árbol durante un aguacero, minutos después recibió una descarga eléctrica que terminó con su

vida. El incidente ocurrió en el distrito de Chipacata, municipio de Cucaita, cuando el campesino, que iba para su casa, fue alcanzado por un rayo. Fuente: Una descarga eléctrica deja una persona muerta en Boyacá, www.caracol.com.co, 17 de enero del 2013.

55) 4 de febrero del 2013 - Lenguazaque / Cundinamarca

Rayo mató a una pareja cuando trabajaban en la cosecha en el distrito de Faracía. Fuente: Un rayo mató a una pareja, www.alertabogota.com, 5 de febrero del 2013.

56) 7 de febrero del 2013 - Mapiripán / Meta

Un trabajador de 31 años murió y otro de 27 años resultó herido cuando un rayo cayó sobre la finca palmera Macondo, ubicada en la zona rural de Mapiripán. Fuente: Un obrero muerto y otro herido por la caída de un rayo, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 7 de febrero del 2013.

57) 12 de marzo del 2013 - Medellín / Antioquia

Una niña de 11 años murió y tres niñas más resultaron heridas cuando un rayo cayó en el barrio La Colinita. Esto ocurrió mientras no llovía, fue un “rayo seco”. Fuente: No es necesaria la lluvia para que caigan los rayos, www.elcolombiano.com, 12 de marzo del 2013.

58) 18 de marzo del 2013 - Morales / Cauca

Aunque originalmente pensaron que un artefacto explosivo mató a un soldado e hirió a diez más, después de investigar, descubrieron que fue un rayo. El evento ocurrió en la zona rural de Morales, Cauca, distrito Danubio. Fuente: Rayo mató a soldado e hirió a diez más, Noticias Caracol, 18 de marzo del 2013.

59) 19 de marzo del 2013 - Sogamoso / Boyacá

El rayo impactó a un hombre que regresaba a su casa. El incidente fue registrado en el distrito de Pedregal Bajo. Fuente: Un hombre murió al ser alcanzado por un rayo, www.excelsio.net, 20 de marzo del 2013.

60) 21 de marzo del 2013 - La Vega / Cauca

Tres soldados murieron y seis más resultaron heridos por un rayo en La Vega, Cauca, mientras realizaban operaciones ofensivas a las 3:00 a. m. Fuente: Rayo mata a tres militares en Cauca, Noticias Caracol, 21 de marzo del 2013.

61) 21 de marzo del 2013 - Inírida / Guainía

Un vendaval acompañado de una tormenta eléctrica mató a un indígena de 23 años en Inírida, Guainía. Fuente: Murió indígena, víctima de un rayo, Programa

de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 21 de marzo del 2013.

62) 22 de marzo del 2013 - Fuentedeoro / Meta

Un hombre murió en el distrito de La Luna, municipio de Fuentedeoro, cerca de San Martín, Meta, cuando llevaba una máquina para fumigar. Fuente: Un hombre murió electrocutado por un rayo, www.reporterodeloshechos.com, 26 de marzo del 2013.

63) 4 de abril de 2013 - Morales / Cauca

Un campesino murió como consecuencia de un rayo en el distrito de San Isidro de Morales, Cauca. Un ingeniero del IDEAM recomienda tumbarse en el suelo para evitar ser herido por un rayo. Fuente: Rayos han causado seis muertes en menos de un mes, Noticias Caracol, 4 de abril de 2013.

64) 17 de abril de 2013 - Piendamó / Cauca

Dos mujeres resultaron heridas por un rayo que impactó sobre la casa de las víctimas, de 25 y 60 años. Fuente: Dos heridos por la caída de un rayo en Piendamó, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 17 de abril de 2013.

65) 28 de abril de 2013 - Bogotá D. C.

Un hombre de 42 años fue herido en Bogotá por un rayo y tuvo que ser trasladado a la unidad de quemados del hospital Simón Bolívar. Fuente: Lesionado por rayo en Bogotá, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 28 de abril de 2013.

66) 29 de abril de 2013 - Vergara / Cundinamarca

Una mujer de 41 años resultó herida por un rayo en Vergara, Cundinamarca, y fue trasladada a Bogotá a la unidad de quemados del hospital Simón Bolívar. Fuente: Mujer de 41 años lesionada por rayo, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 29 de abril de 2013.

67) 5 de mayo del 2013 - Líbano / Tolima

Un hombre murió y otro resultó herido por un rayo en Tolima. El incidente ocurrió cuando la pareja buscó refugio debajo de un árbol en un parque en el municipio de El Líbano. Fuente: Un muerto y un herido por caída de rayo en Tolima, Noticias Caracol, 5 de mayo del 2013.

68) 20 de mayo del 2013 - Barrancas / Guajira

Un albañil de 33 años residente en el barrio El Pilar de Barrancas murió cuando fue alcanzado por un rayo. La víctima perdió la vida instantáneamente cuando estaba recogiendo ropa que había colgado en el patio trasero de su casa. Según los conocidos, el hombre salió a recoger la ropa poco después de una fuerte tormenta, ignorando el consejo de uno de sus amigos. Salió al jardín bajo la lluvia y su teléfono celular se encendió en uno de sus bolsillos, lo que hizo que el peligroso fenómeno de la naturaleza cayera sobre su humanidad. Inmediatamente fue trasladado al hospital de Nuestra Señora del Pilar, donde llegó sin signos vitales. Fuente: Un rayo le quitó la vida a 'Chú', el albañil de Barrancas, www.diariodelnorte.net, 23 de mayo del 2013.

69) 22 de mayo del 2013 - Quinchía / Risaralda

Un rayo terminó con la vida de un agricultor de 32 años en Quinchía. La víctima estaba tratando de evitar la lluvia en un espacio pequeño que tenía un techo de zinc. Fuente: Rayo terminó con la vida de un agricultor de Quinchía, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 22 de mayo del 2013.

70) 30 de mayo del 2013 - Tarazá / Antioquia

Dos soldados perdieron la vida después de ser alcanzados por un rayo mientras realizaban su trabajo militar en una zona montañosa de Tarazá, Antioquia. Fuente: Dos soldados perdieron la vida tras ser alcanzados por un rayo, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 30 de mayo del 2013.

71) 11 de junio del 2013 - Soledad / Atlántico

Una mujer murió por el impacto de un rayo cuando estaba con su esposo y dos de sus tres hijos, en su casa ubicada en el barrio Ferrocarril del municipio de Soledad, Atlántico. Estaban en la cocina hecha con láminas de zinc. Fuente: Un rayo mató a una mujer en Soledad, Atlántico, www.eluniversal.com.co, 13 de junio del 2013.

72) 19 de junio del 2013 - Toro / Valle del Cauca

Un rayo causó heridas a dos soldados en el Valle. Aunque los dos soldados heridos sufrieron quemaduras de segundo y tercer grado, ahora están fuera de peligro. Fuente: Un rayo causó heridas a 2 militares al norte del Valle, www.90minutos.co, 19 de junio del 2013.

73) 27 de junio del 2013 - Cartagena del Chairá / Caquetá

Dos personas resultaron heridas en el distrito de Bocana de Anaya, Cartagena del Chairá, mientras trabajaban en el campo y fueron alcanzadas por un rayo. Uno de ellos fue trasladado al hospital Simón Bolívar en Bogotá. Fuente: 2 heridos en la vereda Bocana de Anaya en Cartagena del Chairá, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 27 de junio del 2013.

74) 29 de junio del 2013 - Valledupar / Cesar

Un rayo mató a un estudiante del SENA en la finca Los Ángeles, una zona rural de Aguas Blancas, pueblo de Valledupar. El estudiante estaba jugando con algunos amigos cuando un rayo lo impactó. Fuente: Un rayo mata a estudiante del SENA, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 29 de junio del 2013.

75) 29 de junio del 2013 - Cajibío / Cauca

Un hombre de 52 años fue víctima de un rayo y otro resultó herido. El primero murió en el centro médico del municipio de Cajibío, adonde fue llevado después de que un rayo lo golpeará mientras caminaba por el parque central de este municipio. Fuente: Un hombre de 52 años víctima de un rayo, un herido, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 29 de junio del 2013.

76) 7 de julio del 2013 - Piedecuesta / Santander

Un hombre murió cuando fue alcanzado por un rayo y otro resultó herido. La víctima, junto con su amigo, decidió buscar refugio en la finca rural Tres Esquinas, en el distrito de Faltriquera de Piedecuesta. La víctima murió instantáneamente, mientras que su amigo perdió el conocimiento, luego se despertó y fue a buscar ayuda. Fuente: Hombre murió al ser alcanzado por un rayo, www.vanguardia.com, 9 de agosto del 2013.

77) 7 de agosto del 2013 - Ciénaga de Oro / Córdoba

Una descarga eléctrica causó la muerte de un niño de 9 años en la aldea de Bugre, Ciénaga de Oro, Córdoba. El niño, acompañado por su hermano de 12 años, iba en bicicleta a la tienda cuando un fuerte aguacero los sorprendió. Fuente: “Un rayo lo mató”, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 7 de agosto del 2013.

78) 21 de agosto del 2013 - Juan de Acosta / Atlántico

Una niña de 5 años murió en el balneario de Bocatocino, municipio de Juan de Acosta, luego de ser alcanzada por un rayo. La abuela, que tenía a la niña entre

las piernas, también resultó herida. Fuente: Rayo mató a niña de 5 años en Juan de Acosta, www.elheraldo.co, 22 de agosto del 2013.

79) 2 de septiembre del 2013 - Purísima / Córdoba

Un rayo mató a un pescador de 53 años. El incidente ocurrió a las 5:00 a. m. mientras llovía, en Ciénaga Grande, aldea Los Corrales, área rural del municipio de Purísima. Fuente: Un rayo lo mató, www.elmerdianodecordoba.com.co, 3 de septiembre del 2013.

80) 6 de septiembre del 2013 - Barranquilla / Atlántico

Un hombre murió a causa de un rayo en Barranquilla. La víctima de 48 años recibió la descarga eléctrica mientras viajaba en bicicleta y regresaba a casa durante un fuerte aguacero. Fuente: Un hombre muere al ser alcanzado por un rayo durante aguacero en Barranquilla, www.elheraldo.co, 6 de septiembre del 2013.

81) 6 de septiembre del 2013 - Istmina / Chocó

Un rayo mató a un joven de 16 años, en Istmina, Chocó. El joven habría muerto en el barrio de Santa Genoveva, a causa de una descarga eléctrica. Fuente: Rayo mata a joven de 16 años, en Istmina, Chocó, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 6 de septiembre del 2013.

82) 10 de septiembre del 2013 - San Onofre / Sucre

Un rayo mató a un pescador y su primo resultó herido mientras pescaban en un pantano en el pueblo de San Antonio, San Onofre, Sucre. Eran las 3 de la tarde cuando los primos tomaron una atarraya y la tiraron al agua. En ese momento, mientras caía una ligera llovizna, un rayo impactó a la víctima fatal. Fuente: Rayo mata a pescador, www.eluniversal.com.co, 12 de septiembre del 2013.

83) 11 de septiembre del 2013 - Cartagena / Bolívar

Un rayo casi mata a tres jóvenes que estaban pescando. El incidente ocurrió a las 5:30 a. m. en el sector conocido como Isla Panda, archipiélago de San Bernardo. Fuente: Un rayo casi los mata. 3 heridos, Programa de Registro y Evaluación de Lesiones por Electricidad y Rayos (PREVER), 11 de septiembre del 2013.

84) 15 de septiembre del 2013 - Simijaca / Cundinamarca

Después de sufrir quemaduras y heridas causadas por un rayo mientras jugaba un partido de fútbol, el director deportivo del municipio de Simijaca, Cundinamarca, se encuentra en el hospital de Chiquinquirá. Fuente: Director de deportes herido por la caída de un rayo, www.caracol.com.co, 2013.

85) 15 de septiembre del 2013 - Convención / Norte de Santander

Un rayo mató a un soldado y dos más resultaron heridos. El difunto de 28 años murió cuando un rayo golpeó su escuadrón. El incidente ocurrió en el distrito El Repollo, municipio de Convención, Norte de Santander. Fuente: Rayo mató a soldado monteriano, www.elmeridianodecordoba.com.co, 17 de septiembre del 2013.

86) 17 de septiembre del 2013 - Zambrano / Bolívar

Un granjero dormía en una tienda de campaña en la granja de Tucurín por la noche con tres compañeros cuando comenzó una tormenta eléctrica severa. El hombre, que tenía 37 años, salió de la tienda con sus compañeros porque el agua estaba entrando. Se instalaron cerca de una antena radiotelefónica instalada en el sitio, cuando cayó un rayo. La descarga eléctrica mató al hombre al instante. Los otros tres agricultores también se vieron afectados. Fuente: Rayo mató a campesino y dejó heridos a otros tres, www.eluniversal.com.co, 19 de septiembre del 2013.

87) 26 de noviembre del 2013 - Guamo / Tolima

Un joven de 17 años viajaba en su motocicleta en medio de un aguacero desde su escuela hasta su casa, como solía hacerlo, cuando decidió buscar refugio en el quiosco de Las Palmitas. El joven apagó su motocicleta y se sentó en ella esperando que se detuviera el aguacero. Mientras atendía una llamada telefónica, un rayo lo impactó y lo mató al instante. Fuente: Joven muerto por un rayo en el Guamo, www.girardot.extra.com.co, 26 de noviembre del 2013.

88) 11 de julio del 2014 - Tarazá / Antioquia

Un profesor murió a causa de la descarga eléctrica cuando un rayo lo impactó en el lugar donde dormía junto a su teléfono celular. Esto ocurrió en Tarazá, Antioquia. Fuente: Rayo mató a Nichar Londoño Sánchez, docente cordobés, www.eluniversal.com.co, 11 de julio del 2014.

89) 3 de agosto del 2014 - San Francisco / Antioquia

Un rayo mató a tres soldados que patrullaban en medio de una tormenta en el pueblo de Aquitania de San Francisco. Según los testigos, estaban inspeccionando una torre de energía, la cual era objetivo de las Farc. Fuente: Murieron tres soldados que patrullaban en medio de tormenta eléctrica, www.eltiempo.com, 4 de agosto del 2014.

90) 7 de septiembre del 2014 - Maríalabaja / Bolívar

Un agricultor de 26 años, que solía mover manadas de vacas entre ciudades, fue alcanzado por un rayo. Según su padre, a las 2:00 p. m., el joven estaba montando su caballo mientras comía en un plato de metal, estaba lloviendo y de repente cayó un rayo. El granjero murió instantáneamente, al igual que su caballo y un perro que estaba cerca de él. Sus familiares creen que el plato de metal atrajo a los rayos. Fuente: Rayo mató a hombre que arreaba vacas en Maríalabaja, www.eluniversal.com, 9 de septiembre del 2014.

91) 6 de octubre del 2014 - Santa Marta / Magdalena

Al amanecer, once miembros de una comunidad indígena perdieron la vida y quince más resultaron heridos, ocho de ellos de gravedad, como resultado de un rayo que impactó en una choza llamada Casa María, un lugar donde las autoridades étnicas de la Sierra Nevada estaban llevando a cabo un ritual tradicional de su cultura. La poderosa tormenta eléctrica ocurrió en Kemakumake, un pueblo de la zona rural de Santa Marta, en las estribaciones de la Sierra Nevada. Fuente: Gobierno ofrece apoyo a familias indígenas de la Sierra Nevada, www.eluniversal.com, 6 de octubre del 2014.

92) 8 de octubre del 2014 - La Mojana / Sucre

Un rayo produjo un incendio que destruyó la casa de una mujer en el pueblo de La Palma, municipio de la Mojana. La mujer indicó que a las 2:45 a. m. escuchó un poderoso trueno y una parte de su casa comenzó a arder. Intentó salvar algunas de sus pertenencias, pero era demasiado tarde. Fuente: Incendio producido por un rayo destruyó una casa en La Mojana, www.eluniversal.com, 8 de octubre del 2014.

93) 30 de marzo del 2015 - Cali / Valle del Cauca

El soldado Porras fue alcanzado por un rayo. Uno de sus compañeros dijo: “Cuando los rayos empezaron a caer, todos salimos y corrimos a algunas casitas para protegernos. Otro compañero fue a buscar a Porras, pero él no contestó”. El soldado fue encontrado tendido en el suelo, donde un rayo lo había impactado en medio del aguacero. El paro cardíaco fue la causa de su muerte. Fuente: Una tormenta truncó los sueños de Yílmer Duván, www.eltiempo.com, 1 de abril de 2015.

94) 28 de agosto del 2015 - Cartagena del Chairá / Caquetá

Un rayo dejó un soldado muerto y otros cuatro heridos. Los soldados se encontraban en una zona montañosa patrullando a bordo de un vehículo en la zona

rural de Cartagena del Chairá. Fuente: Un rayo mató a un soldado y dejó heridos a otros cinco uniformados en Caquetá, www.eluniversal.com.co, 28 de agosto del 2015.

95) 29 de septiembre del 2015 - Pereira / Risaralda

Una descarga eléctrica cayó sobre dos menores y los dejó tirados en la calle, en el distrito de Manga - La Florida, Pereira. A pesar de que todos eran conscientes de los truenos que anunciaban la tormenta en La Perla del Otún, una descarga eléctrica impactó a los jóvenes de 17 y 15 años cuando estaban esperando a un familiar recostados sobre una cerca. Los menores están vivos. Fuente: Un rayo alcanzó a los novios, www.eldiario.com.co, 30 de septiembre del 2015.

96) 14 de octubre del 2015 - Yacopí / Cundinamarca

Un soldado de 20 años murió a causa de un rayo cuando patrullaba en el sector Pueblo Nuevo, municipio de Yacopí. Parece que la descarga eléctrica ocurrió cuando el joven soldado estaba manipulando su teléfono móvil. Fuente: Soldado murió al ser alcanzado por un rayo cuando usaba el celular, Noticias Caracol, 14 de octubre del 2015.

97) 28 de abril de 2016 - Cartagena / Bolívar

Un campesino de 68 años, quien tenía una granja en el distrito de Santa Ana, murió luego de ser alcanzado por un rayo. “Mi padre estaba entrando a la cocina para preparar el almuerzo cuando cayó un rayo. En la puerta de la cocina es posible ver una parte quemada donde cayó el rayo”, relató el hijo de la víctima. Fuente: Rayo mató a campesino dentro de una finca, www.eluniversal.com.co, 30 de abril de 2016.

98) 16 de septiembre del 2016 - Cereté / Córdoba

Una joven de 18 años permanecerá enterrada hasta el cuello por varias horas durante tres días para que la tierra “tome la energía”, informaron los medios locales. La niña recibió la descarga de un rayo en el municipio colombiano de Cereté mientras caminaba hacia la escuela. Después de la descarga, la joven fue hospitalizada, pero afirmó que desde entonces sufre un dolor muy fuerte en la espalda que le impide caminar. Los galenos estudiaron medicina, pero no para rayos. “Sé que al meterme en el hueco... tal vez me voy a mejorar porque estas son cosas ancestrales”. Fuente: Mujer se entierra en Colombia para quitarse ‘energía’ tras impacto de rayo, www.elcomercio.com, 21 de septiembre del 2016.

99) 28 de octubre del 2016 - Itagüí / Antioquia

Una mujer murió a causa de un rayo. Según los residentes del barrio La Aldea, municipio de Itagüí, la mujer de 48 años caminaba con una niña que acababa de recoger en la escuela Carlos Enrique Herrera. El incidente causó quemaduras en la menor, que en este momento está siendo atendida en un centro de atención. Fuente: Mujer fallecida, víctima de un rayo en el barrio La Aldea de Itagüí, www.telemedellin.tv, 28 de octubre del 2016.

100) 5 de diciembre del 2016 - Santander de Quilichao / Cauca

Un niño de 5 años murió y su hermana resultó herida por un rayo en la zona rural de Santander de Quilichao, Cauca. El padre de los niños dijo que estaban dentro de la casa cuando ocurrió el desafortunado evento. “El niño corrió al lavadero para tomar agua y su hermana fue detrás de él, y el rayo los impactó a los dos”. Fuente: Niño de 5 años murió por un rayo en Santander de Quilichao, Noticias Caracol, 5 de diciembre del 2016.

Autores

Daniel Esteban Villamil

Ingeniero Eléctrico y estudiante de la Maestría en Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Miembro del grupo de investigación en Sistemas Eléctricos y Eficiencia Energética (GISE3) y del semillero de investigación en Alta Tensión y Rayos (SATDEAT). Afiliado internacional desde el 2018 a la Red Africana para el estudio de los Rayos y el Electromagnetismo (ACLENet). Desde el 2012 ha estado trabajando en la investigación para la promoción de la prevención del riesgo por rayos; en el 2016 fue galardonado con el Premio Joven Científico por parte del comité científico de la 33ª edición de la Conferencia Internacional de Protección contra Rayos (ICLP 2016) por su presentación sobre el papel del riesgo por rayos en el contexto de la gestión del riesgo de desastres.

Francisco Santamaría

Doctor en Ingeniería, magister en Ingeniería Eléctrica e ingeniero Electricista de la Universidad Nacional de Colombia. Docente titular de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Investigador senior con más de sesenta artículos en revistas científicas y más de cincuenta manuscritos en memorias de conferencias. Coautor de tres libros de investigación. Sus áreas de interés incluyen: descargas eléctricas, compatibilidad electromagnética, movilidad eléctrica y gestión de la energía.

Wilson Díaz Gamba

Magister en Investigación Social Interdisciplinaria. Especialista en Desarrollo Humano y Procesos Afectivos. Licenciado en Ciencias Sociales y psicólogo. Docente titular de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Director del Instituto para la Pedagogía, la Paz y el Conflicto Urbano (Ipazud). Director de la revista *Ciudad Paz-ando*. Director del grupo de investigación Cultura, Sexualidad y Educación. Autor de libros y artículos en la línea de la pedagogía y educación, desarrollo humano, conflicto y paz.

Este libro se terminó
de imprimir en octubre
de 2021 en los talleres de
En Alianza S. A. S.
Bogotá, Colombia