



VI Congreso Nacional  
de Gestión del Riesgo  
de Desastres  
y Adaptación al Cambio  
Climático 2024



Subcomisión de  
Gestión de Riesgo ante Desastres

OPES ; no. 53-2025

# Memoria del VI Congreso Nacional de Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático

Costa Rica

2024

378.2

SE518m VI Congreso de gestión del riesgo y adaptación al cambio climático

Memoria del VI congreso nacional de gestión del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático / Congreso de Gestión del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático, Subcomisión de Gestión de Riesgo ante Desastres. -- San José, C.R. : CONARE - OPES, 2025.

(OPES; no. 53-2025) 1 recurso en línea (135 páginas): archivo de texto PDF, 11.5 MB

ISBN 978-9977-77-700-9

1. CAMBIOS CLIMÁTICOS. 2. GESTIÓN AMBIENTAL 3. GESTIÓN DEL RIESGO 4. MEDIO AMBIENTE. 5. LEGISLACIÓN. 6. DESASTRES NATURALES. 7. PREVENCIÓN DE DESASTRES.  
I. Subcomisión de Gestión de Riesgo ante Desastres. II. Título. III. Serie.



Esta obra se comparte bajo la licencia  
**Reconocimiento – No Comercial – Compartir Igual**  
**(CC-BY-NC-SA)**

Permite usar una obra para crear otra obra o contenido,  
modificando o no la obra original, siempre que se cite al autor, la  
obra resultante se comparta bajo el mismo tipo de licencia y no  
tenga fines comerciales



# Contenidos

Comité.....	5
Conferencia inaugural .....	6
El Código Sísmico de Costa Rica .....	6
Ponencias .....	8
<b>Eje 1. Contribución de las estrategias de gestión del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático al desarrollo sostenible .....</b>	<b>9</b>
Identificación de riesgos e impactos por inundación.....	10
Fortalecimiento de la organización comunitaria: Un enfoque integral de gestión del riesgo y atención psicosocial en comunidades vulnerables.....	16
Experiencias de acompañamiento psicosocial en emergencias y desastres en Costa Rica; el caso del proyecto ED-74 de la Escuela de Psicología de la Universidad de Costa Rica.....	21
Resiliencia: aproximación a una discusión crítica sobre las comprensiones teórico- metodológicas desde la gestión del riesgo ante desastres .....	27
Análisis de riesgos para los sistemas de agua potable desde el Ministerio de Salud .....	40
Evaluando el impacto de potenciales cambios en políticas de conservación de la cobertura del bosque sobre el comportamiento hidrológico de 605 subcuencas en Costa Rica .....	48
Evaluación del riesgo en la Ruta Nacional N. ° 4, Corredor Logístico Noratlántico de Costa Rica.....	64
Rutas hacia la incorporación del cambio climático en la precipitación de diseño en Costa Rica .....	69
<b>Eje 4. Identificación de estrategias, prácticas y experiencias innovadoras relacionadas con la continuidad de los servicios, la preparación y respuesta a emergencias en el marco de la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático .....</b>	<b>74</b>
Patrones y tendencias en llamadas al 9-1-1 relacionadas con inundaciones en 2023 .....	75
Retos y oportunidades en la protección contra incendios de Costa Rica: cambio climático y normativa nacional .....	84
Control de incendios de interfase en la ciudad de Asunción .....	87
Análisis del riesgo de flujos de lodo consecuencia de los deslizamientos Sibaja y Pabellón, cantón de Mora .....	91
Tres años de sistematización de la información de gestión de riesgo de desastres en el AyA ....	101

Impacto de la participación estudiantil en la UAED Psicosocial: aprendizajes y desafíos en la formación en gestión de riesgo.....	109
<b>Eje 5. Contribución de las estrategias de protección financiera a la gestión del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático.....</b>	<b>117</b>
<b>Mesas redondas .....</b>	<b>120</b>
Financiamiento e inversión en la reducción del riesgo, conclusiones del UNDRR Informe Regional 2024: reflexiones y opciones desde distintos ángulos.....	120
Cambio climático, agendas conjuntas entre GRD y adaptación al cambio climático: pertinencia, avances y desafíos de cara al 2030; Pascal Girot Pignot, Escuela de Geografía de la UCR; Carlos Picado Rojas, Unidad de Desarrollo Estratégico SNGR.....	121
<b>Conferencias .....</b>	<b>123</b>
Aportes del CIGEFI a la gestión del riesgo y adaptación al cambio climático en Costa Rica y América Central.....	124
Gestión de riesgo y adaptación al cambio climático en infraestructura vial .....	125
<b>Pósteres .....</b>	<b>127</b>
<b>Síntesis del evento.....</b>	<b>133</b>

---

# Prefacio

En cumplimiento de una meta estratégica asignada a la Subcomisión de Gestión del Riesgo, instancia adscrita a la Comisión de Vicerrectores de Extensión y Acción Social (VEAS) del Consejo Nacional de Rectores (CONARE), alineado con el Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2021-2025, el presente año se celebró el VI Congreso Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático. Este evento se llevó a cabo los días 16 y 17 de octubre en la Universidad Técnica Nacional.

El objetivo general era propiciar espacios de diálogo, intercambio de experiencias y conocimientos para fortalecer la gestión del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático de los actores del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo.

La actividad reunió a representantes de la academia, el sector público, el sector privado, gobiernos locales y otras instancias involucradas en la investigación y la toma de decisiones en el ámbito de la gestión del riesgo a nivel nacional. Asimismo, contó con la destacada participación de ponentes internacionales, lo que permitió enriquecer las discusiones con perspectivas y contextos diversos.

En esta edición, se recibieron propuestas de ponencias y pósteres elaborados por investigadores de diversas áreas del conocimiento. Todas las propuestas fueron sometidas a un riguroso proceso de evaluación en dos etapas: una primera fase de postulación basada en un resumen evaluado y avalado por el comité científico, y una segunda fase de evaluación detallada a cargo de expertos externos.

Esta memoria recoge los aportes de este encuentro y evidencia el compromiso conjunto de sus participantes con la generación de soluciones innovadoras y colaborativas frente a los desafíos que representa el impacto de los desastres y el cambio climático.

Costa Rica, 16 y 17 de octubre de 2024.

**M. Sc. Kattia M. Medina Arias**  
Coordinadora  
Subcomisión de Gestión del Riesgo

---

# Comité

## Coordinadora general

- M. Sc. Kattia M. Medina Arias

## Comité científico

- Dra. Zaidett Barrientos Llosa
- M. Sc. Alina Aguilar Arguedas
- M. Sc. Álvaro Montero Sánchez
- M. Sc. Elena Badilla Coto
- M. Sc. Jorge Rodríguez Campos
- M. Sc. Marco Carranza Morales
- Máster Alexander Solís Delgado
- Máster Ricardo Cascante Flores

## Comité organizador

- Ing. Carlos Mora Sánchez
- Ing. César Sancho Solís
- Ing. Dorian Chaves Lara
- Ing. Mónica Carpio Chaves
- Ing. Doménica Díaz García
- M. Sc. Alice Brenes Maykall
- M. Sc. Álvaro Montero Sánchez
- M. Sc. Bignory Moraga Peralta
- M. Sc. Carolina Somarribas Dormond
- M. Sc. Diana Segura Román
- M. Sc. Elena Montoya Ureña

## Comité editor

- Ing. Mónica Carpio Chaves
- Ing. Doménica Díaz García

## Diagramación

- Unidad de Publicaciones, Tecnológico de Costa Rica

---

# Conferencia inaugural

## El Código Sísmico de Costa Rica

**Ing. Miguel Cruz Azofeifa**

**Presidente de la Comisión Permanente del Código Sísmico de Costa Rica**

En su exposición, se abordaron los antecedentes, la evolución y los elementos fundamentales de esta normativa, con motivo de su 50 aniversario. El objetivo principal del Código es garantizar edificaciones seguras y resilientes frente a eventos sísmicos.

El desarrollo del Código Sísmico surge de la necesidad de establecer regulaciones tras eventos históricos, como el terremoto de Santa Mónica en 1910 y el terremoto de Managua en 1972, que revelaron la vulnerabilidad de las edificaciones en nuestro país. En 1974, Costa Rica publicó su primer Código Sísmico, por lo que fue el segundo en América Latina después de Chile. Desde entonces, se actualizó de forma significativa en 1986, 2002, 2010 y 2014, y actualmente se trabaja en la versión 2025, que incluirá regulaciones sobre edificios de losa plana, estructuras de habitación y técnicas de aislamiento sísmico para hospitales y edificios altos.

El Código abarca aspectos como la amenaza sísmica, entendida como la probabilidad de que ocurran sismos en diferentes regiones del país, basada en fuentes sísmicas específicas y mapas de amenaza. También regula el diseño estructural mediante el uso de espectros de diseño, los cuales varían según el tipo de suelo y la zona geográfica. Los diseños no buscan una respuesta completamente elástica, dado su alto costo, sino que se fundamentan en la ductilidad, una característica que permite a las estructuras disipar energía y evitar el colapso, aunque puedan sufrir daños controlados.

La normativa clasifica las edificaciones en cinco grupos según su importancia: esenciales (como hospitales y estaciones de bomberos), riesgosas (que almacenan sustancias peligrosas), de ocupación especial (como centros educativos grandes), de ocupación normal (viviendas y oficinas comunes) y misceláneas (estructuras agrícolas o de baja ocupación). Esta clasificación orienta los requisitos de diseño para garantizar la seguridad estructural de acuerdo con la función de cada edificio.

El Código también establece procedimientos para el modelaje y análisis estructural, basados en abstracciones matemáticas que consideran variables como peso, rigidez y resistencia. Estas simplificaciones permiten diseñar estructuras con un desempeño adecuado frente a eventos sísmicos, aunque dependen de una correcta aplicación durante la construcción. Entre los materiales regulados están el concreto, acero y madera, con especificaciones detalladas sobre el diseño de vigas, columnas y muros.

Un aspecto destacado es la filosofía del diseño sismorresistente, que prioriza el control de desplazamientos y deformaciones internas en las estructuras. El Código tolera deformaciones que excedan el rango elástico, cuando no comprometan la estabilidad ni la capacidad de resistir cargas adicionales.

Asimismo, se reconoce la naturaleza aleatoria de los sismos, esto implica que el cumplimiento de los objetivos del diseño solo puede lograrse en términos probabilísticos.

Además de su función técnica, el Código es un instrumento legal que respalda la seguridad en la construcción, protege contra irregularidades y promueve la transparencia en proyectos de infraestructura. Su implementación busca edificaciones que cumplan con un desempeño adecuado durante un sismo de diseño, minimizando daños y salvaguardando vidas.

En conclusión, el Código Sísmico de Costa Rica es una normativa esencial que integra experiencia científica, práctica y experimental para regular el diseño y la construcción de edificaciones. Su evolución y aplicación constante reflejan el compromiso del país con la resiliencia sísmica, contribuyendo a reducir riesgos y proteger tanto a las personas como a las infraestructuras críticas frente a los desafíos que plantea el entorno sísmico.

# Ponencias



# Eje 1



Contribución de las estrategias  
de gestión del riesgo de  
desastres y adaptación  
al cambio climático al  
desarrollo sostenible

# Identificación de riesgos e impactos por inundación

**Ronaldo Rosales Mendoza, Ph. D.**

Costa Rica

Escuela de Administración, Universidad Nacional de Costa Rica.

## Resumen

Se identifican las áreas vulnerables a inundación de los barrios Marco de la ciudad de Belém de Pará, Brasil y Bambú de Carrillo (Guanacaste, Costa Rica) usando el método de valoración AMA, el cual propone utilizar el conocimiento multidisciplinario abduciendo las principales informaciones que facilitan identificar, de acuerdo a condiciones físicas e históricos de precipitaciones, las áreas propensas a eventos extremos, además, al utilizar informaciones económico-sociales es posible determinar el posible daño monetario de los habitantes, especialmente, los núcleos familiares. Las precipitaciones del 4 de enero de 2017 en barrio Marco provocaron una pérdida estimada de \$ 122.106.834, y el 5 de octubre en barrio Bambú la inundación alcanzó una altura de 2,15 metros y la pérdida estimada fue de \$ 3.094.579, se confirmaron las predicciones del método en cuanto a la altura de la marca de agua (IPA), no así las pérdidas materiales, razón por la cual se recomienda su uso en la creación de sistemas de alerta temprana, la planificación urbana y la administración de riesgos de origen natural; para la valoración monetaria, se recomienda profundizar en las estimaciones.

**Palabras clave:** cambio climático, riesgos, eventos extremos, inundaciones, precipitación.

## Introducción

Muchos pueblos y ciudades sufren los impactos del calentamiento global y el cambio climático por los eventos extremos, según EM-DAT (2024) entre estos impactos destacan los provocados por las inundaciones, por lo cual, la prevención se torna una herramienta de suma importancia para evitar, minimizar, administrar, compensar y hasta transferir acciones, recursos y decisiones dentro de la filosofía del Desarrollo Sostenible.

Actualmente, la acumulación, la transferencia y disponibilidad de informaciones facilita la creación de estudios, con los que se pueden comparar los resultados de datos históricos con eventos e informaciones en tiempo real; es posible predecir acontecimientos en lugares específicos en tiempos aproximados, tales herramientas; pueden convertirse en aliados estratégicos de la administración para generar programas, proyectos, obras, actividades y tareas relacionadas con la administración de riesgo y creación de sistemas de alerta temprana (Mendoza y Mota, 2019; Moreira y Mota, 2020).

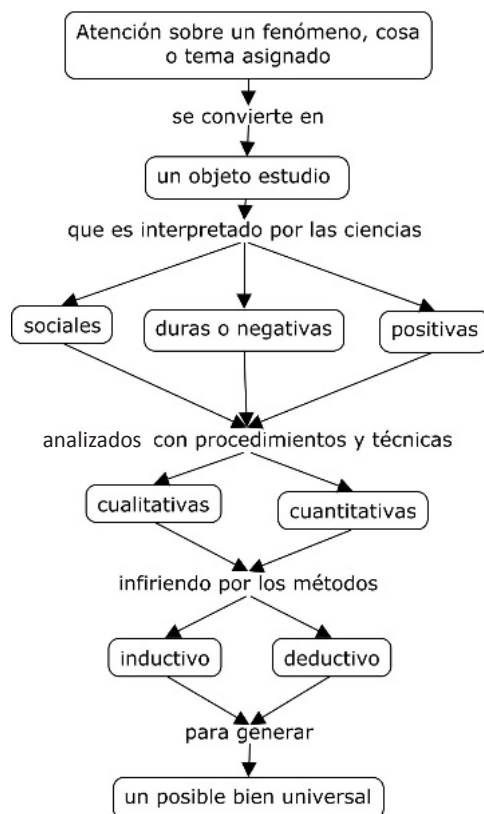
Dentro de las informaciones disponibles y de acceso libre en el mundo, se encuentran las relacionadas con la topografía, hidrología, precipitaciones, textura y conformación de suelos, población, ingresos, acceso a servicios públicos de manera que al unir esos datos es posible conocer realidades de barrios, pueblos y ciudades (Mendoza, 2017).

El modelo predictivo de identificación de áreas o zonas vulnerables a las inundaciones fue aplicado a los barrios Marco, en la ciudad de Belém, Pará, Brasil, para el evento del día 24 de enero de 2017, y Bambú, en la ciudad de Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, para el evento del día 5 de octubre de 2017.

## Materiales y métodos

El modelo fue construido usando el método de investigación científica abductivo, como se muestra en la Figura 1, que consiste en obtener un posible bien universal a partir de la observación de un objeto estudio y analizarlo con las ciencias duras, positivas y sociales, la interpretación de resultados con técnicas y procedimientos cualitativos y cuantitativos, lo que hoy día se conoce como trabajo multidisciplinario (Mendoza y Meinguis, 2022).

**Figura 1. Método abductivo**



Fuente: Mendoza (2022)

Se usaron datos del periodo 2000-2016 del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), el Banco Central de Costa Rica (BCCR), el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y sus homólogos en Brasil. Así mismo, se utilizaron datos de EM-DAT, NASA, software de uso libre como topografic-map.com, Google Earth, IBM SPSS Statistics, REDATAM (sistema de consultas del INEC).

Aplicación del modelo matemático

$$AMA = \left[ \left( (NS^Q E^{BV}) I_{pa} \right) \right] PRP_{MO}$$

Donde:

AMA = Valoración monetaria medio-ambiental

N = Condición natural = 1

S<sup>Q</sup> = Condición social = cantidad de domicilios vulnerables

E = Condición económica = valor del bien material vulnerable

I<sub>pa</sub> = índice de la marca de agua

PRP<sub>mo</sub> = Precipitación en el momento de la observación o estudio.

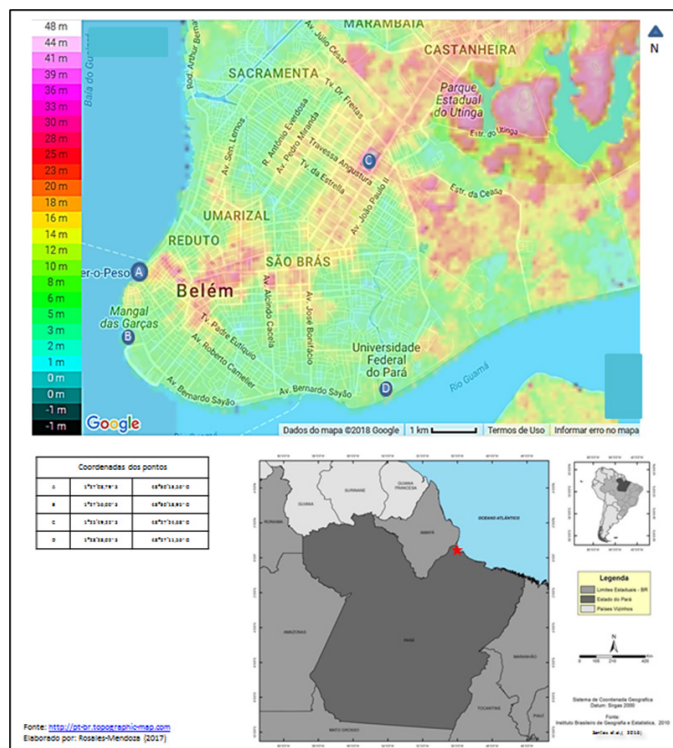
## Resultados

El comportamiento de la precipitación en las ciudades es diferente, mientras Carrillo sufre secas, Belém de Pará tiene lluvias intensas; la textura y conformación de los suelos influye en la capacidad de drenaje, los arenosos como en Belém tardan 2 horas en escurrir, y en los suelos arcillosos, como en Carrillo, el agua puede permanecer hasta por 15 días.

La media de acumulado de precipitaciones anuales en la ciudad de Belém, en el periodo de estudio, fue de 2000 (mm) con una tendencia a incrementar; el fenómeno del Niño y la Niña afectan la precipitación: en 2003, influenciada por el Niño la máxima mensual fue de 315 (mm), y en 2013, afectada por la Niña, alcanzó los 315 (mm). Las cinco precipitaciones diarias más altas ocurrieron el 24 de abril de 2005 (200,80 mm), 12 de febrero de 2013 (161,20 mm), 14 de abril de 2000 (133,70 mm), 31 de marzo de 2008 (131,40 mm) y 17 de abril de 2000 (118,70 mm).

El punto de observación física de la ciudad de Belém de Pará, se muestra en la Figura 2, los colores en la barra izquierda indican la altura sobre el nivel del mar, barrio Marco se destaca con un círculo azul, se ubica a aproximadamente 33 metros sobre el nivel del mar, tres metros menos de áreas colindantes. Para la fecha de observación, este barrio sufrió un desbordamiento del canal que alcanzó los 0,94 metros; sin embargo, otros barrios como Entroncamento, Guama y Sacramento alcanzaron 1,20 metros, pese a estar en una zona más baja, las planicies facilitan que no se empocen, sin embargo, el radio de impacto es mayor.

Figura 2. Topografía ciudad de Belém de Pará, Brasil



Fuente: Mendoza (2017)

La particularidad de esta zona es que llueve todos los días en cualquier momento, las precipitaciones más prolongadas acontecen en los meses de diciembre a abril, esto impide que las áreas permanezcan inundadas por extensos lapsos es la textura y conformación de suelos arenosos que favorecen el drenaje de las aguas; sin embargo, cuando las aguas pluviales se encuentran con la marea alta, tardan en escurrir lo que dura la marea en bajar.

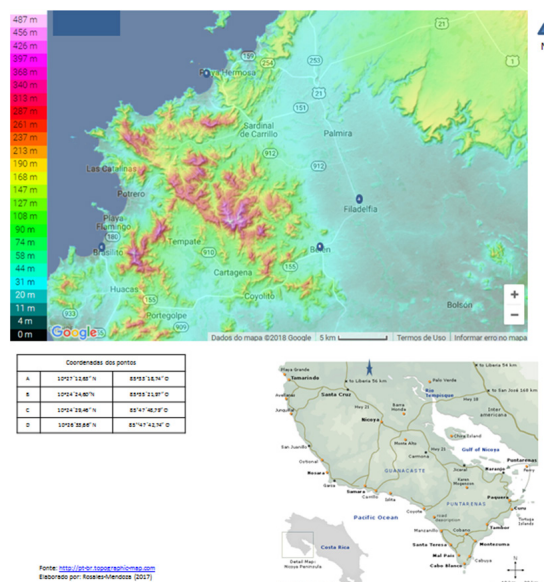
En el caso de barrio Bambú en Carrillo, Guanacaste, por encontrarse en la zona de convergencia inter-tropical (ZCIT) están bien delimitados los meses de precipitación de junio a noviembre y de escasez de lluvia (secos) de diciembre a mayo inclusive, siendo el mes más seco el de febrero. Los cinco eventos con mayor precipitación en el periodo de estudio fueron: el 30 de octubre de 2001 (197,10 mm), 2 de octubre de 2001 (178,00 mm), 24 de mayo de 2002 (172,00 mm), 3 de setiembre de 2008 (133,80 mm) y 31 de octubre de 2001 (128,30 mm) la tendencia a la disminución, lo cual se relaciona con los periodos más secos.

Los suelos en esta zona son arcillosos y en condiciones de lluvia se saturan; caso contrario en periodos secos que tienden a erosionar, difíciles para trabajar, con la presencia de agua son elásticos, no drenan con facilidad y tardan en secar (Alvarado, Mata y Chinchilla, 2014).

En la Figura 3, se muestra en escala de colores los niveles sobre el nivel del mar, los colores de celeste a gris oscuro muestran las áreas más bajas, como es el caso de Filadelfia, distrito del cantón de Carrillo, donde se identificó al barrio Bambú como la parte más baja a 16 m s. n. m. distante del cauce del río Tempisque (espejo de agua entre 24 y 26 m s. n. m.) a aproximadamente un kilómetro y medio, alertando sobre una posible inundación en caso de desbordamiento.

Usando la imagen de la Figura 3 es posible identificar que los distritos de Belén, Sardinal, Palmira y Filadelfia del cantón de Carrillo están expuestos físicamente a continuas inundaciones, el distrito de Sardinal fue el más impactado en el año 2001, el 31 de octubre, con una precipitación de 197,10 mm.

**Figura 3.** Topografía del cantón de Carrillo



Fuente: Mendoza (2017)

El 5 de octubre de 2017 la inundación en barrio Bambú alcanzó 2,10 metros de altura con una precipitación de 148,6 mm, la pérdida estimada de \$3.094.579. En este evento, el agua tardó en drenar catorce días, esta condición agrava los impactos de la población que debe permanecer lejos de sus hogares y pertenencias.

Reconocer las condiciones estudiadas facilita la toma de decisiones de alerta temprana, de atención antes, durante y después de este tipo de eventos extremos; se pueden adicionar otras condiciones de infraestructura y mantenimiento de vías, servicios, acueductos y alcantarillados, inclusive, de albergues y programas de educación.

## Conclusiones y recomendaciones

La estimación de la altura de la marca de agua facilita la toma de decisiones antes, durante y después de la emergencia y los posibles impactos monetarios. El modelo propuesto, AMA, tiene un 95% de eficiencia predictiva, razón por la cual se recomienda a la Administración activa para la planeación estratégica y atención de emergencias por inundación.

En cuanto al caso de estudio en Costa Rica, conviene discutir la oportunidad de utilizar el radio del área inundable para otro fin que no sea urbanístico, por ejemplo: la construcción de una planta potabilizadora de agua y trasladar a los pobladores a un lugar seguro. En el caso de barrio Marco, fue girada la orden de limpieza y mantenimiento de un canal con veinte metros de ancho y cinco metros de profundidad para evitar las llenas, desbordamientos e inundaciones.

Capacitar a los gobiernos locales, a fuerzas vivas y habitantes en general en la técnica de identificación de áreas vulnerables puede aportar para disminuir tragedias en pérdidas de bienes, e incluso hasta vidas; también, puede coadyuvar en la sana administración de los recursos.

## Referencias

Alvarado, A., Mata, R. y Chinchilla, M. (2014). Arcillas identificadas en suelo de Costa Rica a nivel generalizado durante el periodo 1931-2014: Historia, metodología de análisis y mineralogía de arcillas en suelos derivados de cenizas volcánicas. *Agronomía Costarricense*, 38(1), 75-106.

EM-DAT (2024). The international Disaster Database. Center for research on the epidemiology of disasters – CRED. Disponible en <https://www.emdat.be>

Mendoza, R. M. (2017). Avaliação monetária dos prejuízos causados por chuvas intensas nas cidades de Belém do Pará, Brasil e Carrillo-Guanacaste, Costa Rica. 93 f. (Dissertação Mestrado) Programa Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal do Pará.

Mendoza, R. M. y Mota, M. A. S. (2019). Índice do impacto da Pegada d'água (Ipa). *Fronteiras Journal of social, technological and environmental Science*, 8(3), 418-434 <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2019v8i3>.

Mendoza, R. M. y Meinguins, A. (2022). The Abductive Method to Generate Polymath Knowledge in Technical-Scientific Production. *Civil Eng Res J.*, 13(3): 555864, <https://doi.org/10.19080/CERJ.2022.13.555864>

Moreira, A. M. y Mota, M. A. S. (2020). Valoração económica de danos causados por inundações na cidade de Manaus nos últimos 20 anos (1999-2018). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(1), 855-869.

# Fortalecimiento de la organización comunitaria: Un enfoque integral de gestión del riesgo y atención psicosocial en comunidades vulnerables

Giyeth Henrich Figueroa  
Eleazar Morales Aguirre  
Jadie Marshall Lewis  
Mariángel Casares Ramírez  
Costa Rica  
Universidad de Costa Rica

## Resumen

En un contexto global marcado por el cambio climático y las desigualdades sociales, la preparación y el fortalecimiento de la resiliencia comunitaria son fundamentales para mitigar los efectos de emergencias y desastres siconaturales. En esta experiencia, se analiza un proyecto que integra la gestión del riesgo con la atención psicosocial en comunidades vulnerables de Costa Rica, este involucra activamente a las comunidades en el diagnóstico y diseño de estrategias de prevención, preparación, mitigación y procesos de recuperación ante situaciones adversas. Se destaca la importancia de la formación en mecanismos de respuesta, la creación de redes de apoyo y la promoción de la salud mental comunitaria. Los resultados incluyen la conformación de comités de emergencia, la creación de espacios seguros de escucha-esperanzadores y la vinculación entre universidad, las instituciones locales y la sociedad civil para fortalecer la capacidad de afrontamiento ante futuros escenarios de riesgo. Se concluye que un trabajo de gestión local e integral del riesgo con enfoque comunitario que articule la multidisciplinariedad en el abordaje de las amenazas, los procesos de vulnerabilización como las desigualdades y la pobreza son claves para transformar comunidades vulnerables en resilientes.

**Palabras clave:** psicología comunitaria, gestión de riesgo, trabajo comunal universitario, acompañamiento psicosocial, emergencias y desastres.

## Introducción

En un mundo cada vez más interconectado y afectado por el cambio climático, la preparación y la resiliencia comunitaria se han vuelto indispensables, las comunidades que carecen de estas capacidades son más susceptibles a sufrir daños significativos en sus estructuras sociales, económicas y emocionales cuando ocurren desastres. Desde una perspectiva de gestión del riesgo, el proyecto promueve la identificación y evaluación de riesgos específicos en cada comunidad, diseñando estrategias de preparación y mitigación que se ajusten a sus necesidades particulares. Esto incluye la formación en mecanismos de respuesta, el fortalecimiento de redes de apoyo comunitarias y la planificación para la disponibilidad de los servicios esenciales.

La atención psicosocial es un componente crucial en la gestión del riesgo, especialmente en contextos donde hay presencia de amenazas de diferentes tipos y riesgos latentes. Asimismo, las condiciones de vulnerabilidad pueden surgir de diversos factores, como la pobreza, el desplazamiento forzado, las catástrofes siconaturales o los conflictos armados, en estos escenarios, la atención psicosocial no solo aborda las necesidades emocionales y psicológicas inmediatas de las personas afectadas, sino que, también, contribuye a la resiliencia y recuperación a largo plazo, potenciando las capacidades locales que permitan gestionar el riesgo.

Según la Norma de atención integral de la salud mental y de abordaje psicosocial en situaciones de emergencias y desastres en los escenarios de servicios de salud y en la comunidad (N.º 41599-S), el apoyo psicosocial comienza asegurando el bienestar de las personas afectadas, cubriendo las necesidades básicas y proporcionando protección contra el daño (evacuación, traslado a albergues). Dicho concepto apunta, también, a restaurar un sentido de normalidad en la vida de las personas afectadas, de modo que puedan seguir adelante con las tareas cotidianas y las exigencias de la reconstrucción (Sistema Costarricense de Información Jurídica, 2019).

El presente proyecto surge de la necesidad de brindar a las poblaciones insumos tanto físicos como psicológicos para transformar comunidades vulnerables en comunidades con factores protectores y activos en salud, capaces de afrontar desafíos y reducir el impacto de las emergencias en sus vidas. Al fomentar un enfoque integral que combina la gestión del riesgo con la salud mental, el proyecto no solo busca garantizar un bienestar integral sostenido a largo plazo para las comunidades participantes, a partir del objetivo de promover el desarrollo y fortalecimiento de capacidades locales en comunidades, desde un enfoque de gestión del riesgo y salud mental comunitaria, de modo que se mitigue el impacto asociado a emergencias y desastres.

Tras realizar un análisis, se establecen los siguientes objetivos específicos:

- Identificar capacidades, amenazas y procesos de vulnerabilidad, para la reducción del riesgo, así como factores de riesgo y factores protectores asociados a salud mental comunitaria.
- Facilitar procesos de capacitación con las comunidades a partir de lo detectado en la etapa diagnóstica.
- Promover la salud mental en comunidades identificadas y expuestas al riesgo por amenaza de desastres.
- Colaborar en la gestión del riesgo y el abordaje psicosocial a comunidades que viven una situación de emergencia o desastre, mediante la coordinación de acciones, según lo establecido por los procedimientos de la Brigada de Acompañamiento Psicosocial en Situaciones de Emergencia y Desastre, de la Escuela de Psicología de la Universidad de Costa Rica y el SNGR.
- Divulgar la información generada por el TCU-550.

## Metodología

La metodología del proyecto parte de la psicología social y comunitaria, entendiendo que las personas y comunidades con las que se trabaja son sujetos activos en todo el proceso y deben formar parte de la toma de decisiones en el conjunto de acciones asociadas a la comprensión, el análisis y la puesta en marcha de soluciones ante las diversas problemáticas que enfrentan.

La principal metodología utilizada es la investigación acción participativa (IAP), la cual permite el involucramiento de las comunidades en el desarrollo y ejecución de los planes de acción por realizar, como lo plantea Balcazar (2003), la IAP es un enfoque y proceso que permite a las y los miembros de una

comunidad analizar y comprender su realidad, de la mano con realizar acciones para transformarla. Combina teoría y práctica, promoviendo el aprendizaje, la toma de conciencia crítica, el empoderamiento, la ampliación de redes sociales y la movilización colectiva.

Además, dicho enfoque integra tres componentes clave: la investigación, que estudia aspectos de la realidad con fines prácticos; la acción, que no solo es el objetivo final, sino también una fuente de conocimiento; y la participación, que involucra activamente a la comunidad en el proceso. Los objetivos de la IAP incluyen generar conocimiento liberador, empoderar a la comunidad para iniciar cambios, y conectar este proceso local con otros similares para ampliar la transformación social (Balcazar, 2003).

Este enfoque, y los tres elementos mencionados, permiten estudiar y comprender las amenazas y vulnerabilidades específicas de una comunidad, proporcionando datos esenciales para diseñar estrategias de mitigación y respuesta. Adicionalmente, generar aprendizajes sobre la efectividad de las medidas implementadas, contribuyendo a un proceso de mejora continua y, también, la participación activa de la comunidad fomenta el empoderamiento y garantiza que las soluciones sean adecuadas al contexto local, lo que reduce la dependencia de actores externos y fortalece la resiliencia. Este proceso no solo genera conocimiento práctico basado en la realidad, sino que facilita conectar las experiencias locales con otros esfuerzos globales, ampliando el impacto y fomentando una transformación social más amplia y sostenible, asegurando así que las estrategias de gestión de riesgo sean más inclusivas, efectivas y capaces de promover cambios duraderos en las comunidades (Sandoval-Díaz y Martínez-Labrin, 2021).

Al comenzar las inserciones a comunidad, el proyecto realiza una revisión de antecedentes de la zona-población y de las investigaciones previas, esto con el fin de situar los abordajes, conocer las vulnerabilidades y capacidades de afrontamiento con los que se cuentan. En dicha fase del proceso, suelen efectuarse hallazgos en otros factores relevantes como lo son las multiamenazas, desigualdades y otros factores ambientales, históricos, socioeconómicos, políticos, culturales, educativos que tienden a aumentar las vulnerabilidades. Una vez finalizada la fase anterior, se desarrolla un intercambio para definir las acciones-rutas de trabajo a seguir junto con los contactos de la zona líderes-lideresas, instituciones presentes, gobiernos locales, así como de comités, para la construcción, presentación y validación de propuestas de talleres, capacitaciones y otros procesos que consideren prioritarios dentro de sus agendas de trabajo. Estos momentos previos permiten explorar las características generales de la zona, definir recomendaciones para las partes interesadas sobre las acciones que se podrían implementar en las comunidades, focalizando las poblaciones que requieren mayor acompañamiento. Una vez iniciadas las actividades se brinda seguimiento y se proponen y planifican nuevas actividades para las comunidades.

Parte importante de la metodología del proyecto es el trabajo interdisciplinario que se ofrece a las comunidades, ya que las y los estudiantes partícipes son de disciplinas variadas (Terapia Física, Estadística, Emergencias Médicas, Administración Pública, Trabajo Social, Enfermería, Ingeniería Civil, Administración Aduanera, Salud Ambiental, Geología, Dirección de Empresas, Inglés, Odontología, Microbiología y Química, entre otras). Para las y los estudiantes, se facilita un espacio de capacitación inicial necesario para poder apoyar a las comunidades de manera adecuada y respetuosa de sus dinámicas y contextos, en donde se abordan los siguientes temas: psicología comunitaria, gestión de riesgo, trabajo comunal universitario, acompañamiento psicosocial, emergencias y desastres, Sistema Nacional de Gestión del Riesgo. Se comparte una contextualización sobre elementos sociodemográficos de la zona, situaciones de riesgo, índices de desarrollo, división territorial, entre otros aspectos relevantes para el proyecto y las comunidades.

Las y los estudiantes trabajan en subgrupos que se conforman por afinidad a temáticas, poblaciones y aportes de sus carreras con los objetivos del TCU, esto permite que haya una gran cantidad de propuestas e ideas creativas, innovadoras y llamativas para las personas de las comunidades con las que se trabaja. Cada subgrupo planifica actividades para cada gira con todo lo que esto implica: material de apoyo, recursos para compartir con la comunidad, y se supervisan los avances mínimo 15 días antes de que se efectúen, esto permite preparar con tiempo todo (materiales, juegos, entre otros), impresiones, y hacer el cronograma para que todas las actividades se puedan ejecutar con éxito; además, se coordina con líderes y lideresas comunitarias horarios, lugares y actividades propuestas.

Luego de cada gira, los y las estudiantes tienen 8 días para realizar y enviar por correo electrónico un informe de esta, con las principales impresiones y recomendaciones para las próximas visitas. Asimismo, se realiza una reunión de evaluación de lo que sucedió; dichas evaluaciones verbales permitieron incorporar los aportes brindados por las comunidades y el estudiantado y retomar en las siguientes giras.

## Resultados y discusión

Partiendo del trabajo realizado en las comunidades en años anteriores y orientado por los objetivos expresados anteriormente, uno de los logros iniciales del proyecto es el cumplimiento de las giras, en las cuales se han impartido capacitaciones y talleres sobre la organización comunitaria y la salud mental comunitaria, así como de Gestión del Riesgo. Adicionalmente, en previas ocasiones, se ha logrado la conformación de comités comunales de emergencias en conjunto con las comunidades y las asociaciones integrales de desarrollo.

Otro de los logros que se ha podido identificar en el desarrollo del proyecto es la generación de espacios de escucha seguros y de cuidado colectivo, esto se ha podido alcanzar mediante el acercamiento a las comunidades que previamente han presentado dificultades para encontrarse y organizarse. El facilitar la escucha y crear espacios de encuentro, ha permitido visualizar comunidades que tienen un gran deseo de seguir luchando por lo que han construido. Ante esto, cabe recalcar que la acción social y el vínculo con las comunidades se ven fortalecidos con los encuentros cara a cara y se incrementan, así, las posibilidades de articular esfuerzos para la búsqueda de soluciones en conjunto con las poblaciones con las que se trabaja.

La actualización y divulgación de información mediante redes sociales (Facebook, Instagram, TikTok y podcasts) ha permitido, también, maximizar el alcance de los trabajos efectuados para las comunidades y que más personas se puedan informar y conocer sobre el tema y el proyecto. Gracias a estas acciones, se fortalece el vínculo entre la universidad, las instituciones y la sociedad civil.

Por último, cabe recalcar la importancia de dichos vínculos entre universidad, instituciones y sociedad civil, pues se ofrece al estudiantado la oportunidad de acercarse, sensibilizarse y reflexionar acerca de las problemáticas que atraviesan nuestras comunidades, las estrategias que han desarrollado para afrontarlas y cómo podemos seguir construyendo, en conjunto, alternativas para alcanzar modelos de desarrollo más justos y equitativos. Por lo anterior, se puede afirmar que el proyecto ha permitido al estudiantado vivir de cerca realidades que en ocasiones parecen tan lejanas a la Gran Área Metropolitana y con esto se les genera un espacio de reflexión sobre las enormes desigualdades de una Costa Rica donde las brechas crecen cada vez más y donde urgen acciones para el fortalecimiento de la participación ciudadana.

## Conclusiones y recomendaciones

En primer lugar, la preparación y resiliencia comunitaria son esenciales para minimizar los daños de desastres en comunidades vulnerables, las comunidades que no están preparadas o carecen de estrategias resilientes son más susceptibles a sufrir daños severos en caso de desastres. El proyecto enfatiza que, frente a las amenazas presentes, los impactos pueden reducirse significativamente cuando la comunidad tiene conocimientos sobre gestión del riesgo, protocolos de emergencia y planes de acción que le permite cuidarse desde sus propios colectivos. Por tanto, se vuelve necesario implementar programas de capacitación continua que promuevan el fortalecimiento de las capacidades comunitarias en la gestión de riesgos y en la respuesta rápida ante emergencias y la salud mental comunitaria.

En cuanto a la atención psicosocial, es un componente importante para la recuperación emocional y mental en situaciones de vulnerabilidad, los desastres no solo afectan físicamente a las comunidades, sino también emocional y psicológicamente. En este contexto, la atención psicosocial tiene un papel crucial en la recuperación a largo plazo; la salud mental no solo se aborda inmediatamente después del evento, sino que se trabaja de manera constante para construir una comunidad emocionalmente más fuerte y preparada, capaz de afrontar futuros desafíos. De ahí que desarrollar y mantener programas de apoyo psicosocial adaptados a las particularidades de cada comunidad, con énfasis en el bienestar integral a largo plazo y establecer redes de profesionales de salud mental y voluntarios capacitados para dar apoyo inmediato y sostenido, son factores protectores fundamentales.

Por último, el vínculo entre universidad y comunidad es crucial para sensibilizar a los estudiantes sobre las realidades del país y promover la participación activa en la solución de problemas sociales; la participación de estudiantes universitarios en estos proyectos no solo beneficia a las comunidades, sino que también les permite comprender las realidades fuera de sus entornos cotidianos. Esto no solo amplía su perspectiva sobre las desigualdades, sino que les ofrece una oportunidad para aplicar sus conocimientos en soluciones prácticas y reales, fortaleciendo su compromiso social en el ejercicio profesional. El efecto de fortalecer los programas de vinculación universitaria que promuevan la participación directa de los estudiantes en proyectos comunitarios asegura que puedan aportar desde sus distintas disciplinas y establecer espacios de reflexión académica para integrar las experiencias de campo con el conocimiento teórico.

## Referencias

- Balcazar, F. E. (2003). Investigación acción participativa (iap): Aspectos conceptuales y dificultades de implementación. *Fundamentos en humanidades*, (7), 59-77. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1272956>
- Norma No. 41599-S. Oficialización de la Norma de atención integral de la salud mental y de abordaje psicosocial en situaciones de emergencias y desastres en los escenarios de servicios de salud y en la comunidad. 17 de enero de 2019.
- Sandoval-Díaz, J., y Martínez-Labrín, S. (2021). Gestión comunitaria del riesgo de desastre: Una propuesta metodológica-reflexiva desde las metodologías participativas. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 5(2), 75-90. <https://doi.org/10.55467/reder.v5i2.73>

# Experiencias de acompañamiento psicosocial en emergencias y desastres en Costa Rica; el caso del proyecto ED-74 de la Escuela de Psicología de la Universidad de Costa Rica

Marco E. Carranza Morales <sup>1</sup>

Jimena Escalante Meza <sup>2</sup>

Costa Rica

1. Docente Investigador, Universidad de Costa Rica

2. Docente Investigadora, Universidad de Costa Rica

## Resumen

Históricamente, la noción y abordaje de las emergencias y desastres han tenido un desarrollo conceptual y metodológico, desde sus inicios con el paradigma fiscalista y la lógica emergencista en los procesos de intervención hasta el desarrollo y consolidación de la Gestión del Riesgo como un modelo de trabajo, pero también como un modelo de análisis crítico de los elementos sociales, ambientales, económicos, políticos y educativos circunscritos a una situación de desastre.

En ese sentido, también la incorporación de las ciencias sociales, particularmente la psicología, ha tenido un devenir teórico y epistemológico en la concepción y abordaje del impacto en las personas, su entorno y sus cotidianidades. Pasando de una perspectiva psiquiatrizante y psicologizante a una lectura psicosocial y comunitaria de la afectación, pero también de la vivencia en el riesgo a desastres.

En este recorrido, es donde situamos al proyecto ED-74 Acompañamiento Psicosocial en situaciones de Emergencias y Desastres de la Escuela de Psicología de la UCR, dada su trayectoria en el país, ha sido protagonista, testigo y partícipe de las discusiones y reflexiones para este cambio de enfoque.

Esta ponencia pretende dar a conocer los principios, enfoques, alcances y modo de operación en el que se desempeña este proyecto y sus respectivos acercamientos con otras instancias dentro de los marcos normativos establecidos.

**Palabras clave:** acompañamiento psicosocial, comunidades, desastres.

## Introducción

La psicología de las emergencias y desastres es un campo de acción, de cierto modo, novedoso en relación con otros campos de aplicación de dicha disciplina, no obstante, a pesar de su corta edad, ha tenido múltiples transformaciones teóricas y epistemológicas. Esto ha respondido a los avances constantes en la conceptualización del riesgo a desastres y los aspectos normativos, políticos y organizativos en relación con su reducción.

Estos cambios a partir de experiencias concretas de abordaje, pero también de reflexiones académicas constantes desde la investigación, la docencia y la acción social han posibilitado pensar pero,

sobre todo, actuar de formas más articuladas y sustentadas conceptual y metodológicamente, garantizando no solo una cobertura adecuada de los procesos desde una perspectiva integral, sino que, involucrando a las comunidades en estos procesos, se promueve la incidencia política en la gestión de aspectos materiales y subjetivos que tienen implicación directa con la afectación o impacto de su situación de emergencia o desastre y que atañen directamente a otras instancias del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo (SNGR), gubernamentales o no gubernamentales, que por competencia deberían de escuchar y coordinar propuestas con las comunidades implicadas.

Lo anterior es necesario para entender la línea del abordaje psicosocial que se ha venido construyendo, en la cual el soporte no solamente es emocional derivado de la experiencia misma del evento o las pérdidas generadas, sino que también atraviesa las vivencias cotidianas, en los medios de vida, en la educación, en la recreación, en la organización comunal y en la significación subjetiva y social de esos espacios donde habitan en condiciones de riesgo, y no solo a desastres, sino riesgos sociales, ambientales, económicos, entre otros.

La propuesta de esta ponencia, por tanto, es visibilizar, dentro del amplio espectro que comprende la Gestión Integral del Riesgo, el impacto psicosocial, devenir histórico y sus líneas de acción contemporáneas, todo a partir de la experiencia del proyecto ED-74, conocido tradicionalmente como la Brigada de la UCR, y mayormente recordado por diferentes actuaciones en emergencias nacionales, pero que cotidianamente y en periodo ordinario, se ha dispuesto a problematizar, reflexionar y construir, conjuntamente con otras instancias, un modelo de acompañamiento psicosocial, respetuoso y vigilante de los derechos humanos, desde la salud mental comunitaria, el fortalecimiento de las capacidades y los diferentes momentos de la Gestión del Riesgo.

Para efecto de desarrollar esta ponencia, se tomarán en cuenta las experiencias directas de personas participantes de esta ponencia, así como la revisión documental de los informes del proyecto y los diferentes escritos normativos al respecto.

## Contexto

Si bien el proyecto ED-74 fue inscrito en 1996, el trabajo y aporte de la Escuela de Psicología data de 1988, según señalan Sáenz et.al (2021), con la experiencia de intervención a partir del huracán Joan, y más enfáticamente en 1991 con el abordaje brindado tras el denominado Terremoto de Limón, cuando en el auge del enfoque de gestión del riesgo se empiezan a formular nuevas propuestas para el abordaje desde la psicología como la intervención en crisis de primer orden.

- Creación del proyecto en 1996

Paralelo a lo anterior con la consolidación del Programa de Gestión del Riesgo a Desastres de la Vicerrectoría de Administración, surge la iniciativa de transversalizar la temática en los tres ejes fundamentales de la Universidad de Costa Rica, de tal manera que se establece, en 1996, el ED-74 que actualmente responde al objetivo general de:

Fortalecer los procesos de acompañamiento psicosocial de las comunidades para el abordaje y recuperación en situación de emergencia o desastre mediante la organización comunitaria y la articulación interinstitucional, con un enfoque de derechos humanos, salud mental comunitaria y gestión del riesgo. (Carranza y Escalante, 2024)

Es necesario mencionar que, en el objetivo presentado, ya se incluyen los principales elementos conceptuales y epistemológicos que históricamente se han incorporado, lo cual refleja, además del alcance del trabajo, su fundamento y trascendencia.

Como parte de la transversalización en las áreas sustantivas del quehacer académico, en 1997, se aprueba el curso de la carrera de psicología llamado Psicología y Atención de Emergencias y de Desastres, cuya razón de ser explican Sáenz et al. (2021) es:

que el estudiantado conozca el enfoque de gestión del del riesgo y la forma como se desarrolla el abordaje psicosocial de situaciones de emergencias y desastres en el trabajo con comunidades vulnerabilizadas del país, desde la mirada de los derechos humanos. Adicionalmente el módulo procura que los y las estudiantes comprendan el marco legal y normativo y se apropien de los lineamientos básicos para el trabajo de apoyo psicosocial en situaciones de emergencias y desastres. (p. 6)

La incorporación de este curso optativo en la currícula, resulta trascendental no solamente para la formación y futuro ejercicio profesional del estudiantado, sino también para la formación de personas brigadistas capacitadas y supervisadas que pudieran participar en el trabajo de acción social que desarrolla el ED-74.

A nivel nacional, ya para el 2010, se incorpora el Comité Asesor Técnico de Apoyo Psicosocial (CATAPS) al Sistema Nacional de Gestión del Riesgo (SNGR), lo cual representó la consolidación y vigencia de la temática dentro de este sistema. Desde su creación hasta la actualidad, las personas coordinadoras del ED-74 se han mantenido activas en este comité y, del 2019 al 2024, se ocupó la subcoordinación, dada la trayectoria y experiencia en este proceso.

El CATAPS tiene como objetivo, de acuerdo con el Decreto Ejecutivo N.º 41599-S que señala lo siguiente en el punto 6 del Considerando:

asesorar con criterio especializado, técnico y científico a la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, al Centro de Operaciones de Emergencia (COE) y a las demás instancias de coordinación del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo, con el fin de orientar el proceso de acompañamiento y seguimiento articulado, interdisciplinario, interinstitucional, intersectorial y comunitario basado en la gestión del riesgo, orientado a establecer la cotidianidad de las personas, la integridad emocional y reactivar sus redes sociales, con un enfoque participativo, de Derecho, de género, brindado por personal y especializado.

Por tanto, es una tarea de asesoría trascendental que se ha venido desarrollando desde el 2010, tanto a nivel nacional como en el ámbito local, no obstante, al ser su papel recomendatorio, limitaba o dejaba a elección de las instancias la aplicación de lo sugerido. Por esto, en 2019, se publica a solicitud del CATAPS y mediante la figura de decreto ejecutivo, la *Norma de atención integral de la salud mental y de abordaje psicosocial en situaciones de emergencias y desastres en los escenarios de servicios de salud y en la comunidad*, que puntúa además del marco conceptual, principios y enfoques básicos, los lineamientos, competencias y requisitos formativos, logísticos y de cuidado para los equipos de apoyo psicosocial según sea su ámbito de acción. Así, también se establece la línea jerárquica de regulación, canalización de las solicitudes, información y referencias en los diferentes procesos que se lleven a cabo en el marco del apoyo psicosocial.

Ante este escenario, es meritorio señalar que el primer equipo o Célula en Salud Mental y Apoyo Psicosocial (CESMAPS) inscrito y acreditado en el país, según estas disposiciones, fue justamente la Brigada de Acompañamiento Psicosocial en Situaciones de Emergencias y Desastres de la Escuela

de Psicología de la Universidad de Costa Rica, pues se presentaron y aprobaron los correspondientes protocolos de activación, operación, desactivación y autocuidado según lo solicita la secretaria técnica en Salud Mental (STSM) en Costa Rica.

## Enfoques y principios metodológicos

Siguiendo con lo anterior, partir de la definición de acompañamiento que se propone en dicho Decreto 41599-S, lo enmarca como un:

Proceso de apoyo y seguimiento articulado, interdisciplinario, interinstitucional, intersectorial y comunitario basado en la gestión del riesgo, orientado a restablecer la cotidianidad de las personas, la integridad emocional y reactivar sus redes sociales, con un enfoque participativo, de derechos y de género, brindado por personal especializado y no especializado.

El proyecto había venido conceptualizando y desarrollando los enfoques que se señalan en dicho decreto desde tiempo atrás con sus aprendizajes derivados de la práctica-teoría-práctica. Estos son el enfoque de derechos de niñez y adolescencia, enfoque género-sensitivo, enfoque de diversidades, enfoque de gestión del riesgo y de salud mental comunitaria, en el que se concibe a las personas y grupos como agentes activos de la salud mental que, en lo cotidiano, tejen redes y crean recursos de afrontamiento colectivo en lo cotidiano, muchas veces frente a contextos adversos.

Adicionalmente, el abordaje comunitario ha estado acompañado desde el proyecto con un énfasis en la identificación de necesidades psicosociales individuales y colectivas, así como la contención primaria y referencia de situaciones críticas; asimismo, ha incluido la capacitación, la organización, la asesoría institucional, la promoción y vigilancia de los derechos humanos de las personas afectadas por una situación de emergencia y desastres, en los diferentes momentos, tanto preparativos y respuesta con en la recuperación en los que se han desarrollado procesos de hasta 3 años de trabajo.

Dicho trabajo contempla los dispositivos comunitarios que, citando a Montano (2023) “es un plan de trabajo que integra una serie de estrategias diseñadas para ofrecer alternativas de acción” (p. 4). Este siempre es dialogado y realimentado por las diferentes partes involucradas; no es inflexible, sino que marcha sobre el proceso como vehículo de la reflexión-acción.

Además, se cuenta con el dispositivo de supervisión, que más allá de representar un elemento restrictivo, vigilante, se concibe, desde la propuesta de Usher (2008), de cuidar al equipo de abordaje de posibles desgastes o malestares derivados de la praxis en contextos difíciles y de mucho padecimiento, enlazando finalmente con el dispositivo de cuidado propio y cuidado colectivo que se le brinda constantemente al equipo de acuerdo con las circunstancias, tiempos y emergentes y que es definido por Tobón (2003) como: “las acciones que son planeadas y desarrolladas en cooperación, entre los miembros de una comunidad, familia o grupo, quienes se procuran un medio físico y social afectivo y solidario; (...) en procura del bienestar común” (p. 2).

## Lecciones aprendidas

El proyecto ED-74 conocido como Brigada, en su camino desde antes de la década de los noventa hasta la actualidad, ha transitado por diversos escenarios institucionales, epistemológicos, metodológicos y comunitarios que le han permitido ir modificándose y transformándose, así como aportando a las diversas situaciones y coyunturas en Costa Rica en cuanto al acompañamiento psicosocial.

A continuación, se mencionan algunas de las lecciones más relevantes:

En el SNGR:

- La incorporación formal del tema psicosocial en el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo significó un avance importante en la conceptualización y operativización de este componente a nivel institucional y comunitario, permitiendo mayor organización y claridad en las competencias y alcances de las diferentes instancias, así como una visibilización y pertinencia de los abordajes psicosociales y comunitarios dentro del sistema.
- La consolidación del CATAPS y la Norma Técnica sintetizan los esfuerzos históricos por resguardar y garantizar los derechos de las personas afectadas en situaciones de emergencias y desastres, con un trato digno, respetuoso y sustentado teórica y metodológicamente desde la praxis reflexiva y crítica.

Sobre el acompañamiento:

- Desde las primeras aproximaciones psicológicas en los años 1988 y 1991, se ha colocado como una prioridad la necesidad de que se brinde atención en este nivel a las poblaciones afectadas por emergencias y desastres. Este abordaje ha evolucionado a ser psicosocial y comunitario y se ha visualizado la necesidad de que el acompañamiento psicosocial sea interdisciplinario, interinstitucional e intersectorial, como lo dispone la normativa, pero, sobre todo, con miras a la complejidad y multidimensional que tiene el fenómeno en cuanto a impacto y propuestas de acción.

Sobre la formación:

- Como se ha planteado, el acompañamiento psicosocial se convierte, por la expertise epistemológica, teórica, metodológica y de aproximación al campo que se ha desarrollado desde el ED y el vínculo con las demás instancias del SNGR del país, un eje fundamental en la gestión del riesgo. Por lo tanto, se requieren contar, cada vez más, con recursos humanos que brinden esta formación. La formación en la materia es indispensable, inclusive para aquellas carreras del área de la salud mental, ya que se ha visto que aun con cierta especialidad disciplinar en el tema es necesario el manejo de un lenguaje común, enfoques básicos y principios orientadores del abordaje en este contexto.

## Recomendaciones

Propuestas desde lo local:

- Es necesaria, cada vez más, la divulgación, el acceso, la psicoeducación en la materia, de tal manera que las personas puedan tener presentes sus derechos, así como los mecanismos para ejercerlos, basándose sobre todo en las competencias institucionales y articulando con los recursos comunitarios.
- Resultaría importante el seguimiento institucional y el monitoreo de lo consignado en las políticas y los planes de fortalecimiento en esta materia, de tal forma que se garantice la transversalización y preparación de los recursos necesarios para el abordaje psicosocial en caso de emergencia o desastres, de una manera organizada y situada en primera mano desde el ámbito local.

## Referencias

- Ministerio de Salud. (2019). DE-41599 Norma de atención integral de la salud mental y de abordaje psicosocial en situaciones de emergencias y desastres en los escenarios de servicios de salud y en la comunidad.
- Montaño Fraire, R. (2007). Dispositivos para la intervención comunitaria y prácticas institucionales. *TRAMAS. Subjetividad y procesos sociales*, (18/19), 211–224. <https://tramas.xoc.uam.mx/index.php/tramas/article/view/336>
- Sáenz-Segreda, L., Salas-Calvo, J. M., Escalante-Meza, J. y López-Thompson, V. (2021). Terremoto de Limón de 1991: reflexiones generadas del trabajo psicológico realizado desde la Escuela de Psicología de la Universidad de Costa Rica. *Revista geológica De América Central*, 65, 1–11. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/47003>
- Tobón Correa, O. (2003). El autocuidado una habilidad para vivir. *Hacia La Promoción de La Salud*, 8, 38–50. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/hacialapromociondelasalud/article/view/187>
- Ussher, M. (2008), La supervisión en la psicología social comunitaria. *Psicología América Latina n.12* [https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-350X2008000100006#sdfootnote1sym](https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-350X2008000100006#sdfootnote1sym)

# Resiliencia: aproximación a una discusión crítica sobre las comprensiones teórico-metodológicas desde la gestión del riesgo ante desastres

M. Sc. Marco Carranza Morales <sup>1</sup>

M. Sc. Laura Cerdas Guntanis <sup>2</sup>

M. Sc. Jimena Escalante Meza <sup>1</sup>

Costa Rica

1. Escuela de Psicología, Universidad de Costa Rica

2. Universidad de Costa Rica

## Resumen

La presente ponencia reflexiona en torno a la producción teórica y la investigación generada en la temática de resiliencia desde las Ciencias Sociales, en el periodo comprendido entre el 2005-2022, en aras de identificar las comprensiones teórico-metodológicas desde las cuales se ha vinculado con el enfoque de la gestión del riesgo ante desastres. Entre los hallazgos es posible identificar comprensiones vinculadas a un discurso basado en la continuidad de los procesos productivos y la recuperación pronta de la estructura comunitaria, apostando a la adaptación y convivencia con el riesgo, así como otros que colocan una discusión crítica sobre la resiliencia y las implicaciones de su uso en los procesos de gestión del riesgo.

**Palabras clave:** resiliencia, resiliencia comunitaria, riesgo, desastres, gestión del riesgo.

## Introducción

La trayectoria en la investigación de los desastres permite identificar las transformaciones teórico-metodológicas que han mediado la comprensión de este tema, por ende, en las formas y finalidades que se han venido posicionando para su abordaje. Desde una mirada histórica y social, el enfoque de la Gestión del Riesgo colocó en el debate, a partir de la década de los noventa, la importancia que adquiere, a través de los estudios de la vulnerabilidad, el análisis de los procesos derivados de la desigualdad social y económica que inciden junto a las multiamenazas en el origen del riesgo y su materialización en los desastres.

En esta línea, se planteó la imperiosa necesidad de transversalizar la gestión del riesgo a la gestión del desarrollo, “como una práctica transformadora que apoya la búsqueda de mayores niveles de seguridad humana integral, con la participación de diversidad de actores sociales, instituciones públicas, sector privado y sociedad civil, en los procesos para la identificación, control y reducción del riesgo, así como manejo y recuperación por el desastre.” (CEPPEDENAC-PNUD, 2005, p. 48)

En el marco de esta finalidad, que, apuesta a considerar el riesgo como parte de la gestión del desarrollo, se coloca la noción de resiliencia de las poblaciones, objeto de discusión de esta ponencia. Es posible identificar el posicionamiento de la *resiliencia* en el Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres, promulgado por la Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres, que la define como:

La capacidad de un sistema, comunidad o sociedad potencialmente expuesto a amenazas para adaptarse, resistiendo o cambiando, con el fin de alcanzar o mantener un nivel aceptable en su funcionamiento y estructura. Viene determinada por el grado en que el sistema social es capaz de organizarse para incrementar su capacidad de aprender de desastres pasados a fin de protegerse mejor en el futuro y mejorar las medidas de reducción de los riesgos. (EIRD, 2005)

Así pues, la resiliencia de las poblaciones frente al riesgo ante desastres se plantea como parte de la direccionalidad de las acciones en los marcos internacionales, tal como el actual Marco de Sendai para la Reducción de Riesgos de Desastres 2015-2030, el cual define como una de sus prioridades “Invertir en la reducción del riesgo de desastres para la resiliencia”.

Asimismo, para efectos de nuestro país, se incorpora en la Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030, en el eje temático la “generación de resiliencia e inclusión social”, con el objetivo de “Aumentar la resiliencia de la población vulnerable y excluida del país, mediante la inclusión de iniciativas para la gestión del riesgo en los programas sociales de reducción de la pobreza (...)” (CNE, 2015, p. 34).

El posicionamiento que ha tenido la resiliencia en los marcos políticos, en el ámbito académico e institucional, así como la fuerza con la cual esta noción se colocó en las discusiones y orientaciones brindadas por la pandemia por COVID-2019 en el 2020, motivó a las personas autoras a problematizar este tema.

Lo anterior, tomando en consideración la larga experiencia de trabajo de las personas autoras en el tema, desde la Unidad de Apoyo: Acción Social, Formación e Investigación desde un enfoque Psicosocial en Emergencias y Desastres (UAED Psicosocial), específicamente la Brigada de Acompañamiento Psicosocial en Emergencias y Desastres de la Escuela de Psicología y la Estrategia de articulación de la investigación, la docencia y la acción social para la gestión del riesgo en el distrito de Cachí de la Escuela de Trabajo Social.

Como parte de este trabajo interdisciplinario, en el periodo 2019-2022, las personas ponentes participaron en conjunto con varias instancias de investigación de la Universidad de Costa Rica, entre estas: la Red Sismológica Nacional, el Laboratorio de Ingeniería Sísmica, el Laboratorio de Materiales y Modelos Estructurales, la Escuela de Psicología y la Escuela de Trabajo Social en un proyecto que obtuvo fondos del Espacio Universitario de Estudios Avanzados (UCREA). Esta investigación buscaba desarrollar la actualización de la amenaza sísmica en el país y, desde el componente psicosocial, nos propusimos conocer las implicaciones psicosociales y subjetivas que presentan las poblaciones del cantón de Corredores, Puntarenas, al estar expuestas a riesgo de amenaza sísmica. Este componente se abordó en la zona sur del país debido al riesgo, según estudios científicos, de presentar en los próximos años un sismo de gran magnitud, acercándonos además a la discusión de resiliencia por la importancia que en esos años de pandemia adquirió este tema.

Así se desarrolló la actividad de Apoyo a la Investigación denominada “Resiliencia: una discusión crítica sobre las comprensiones teórico-metodológicas desde la gestión del riesgo ante desastres” en el 2022, con la intención de realizar una primera aproximación a la producción teórica generada en la temática de resiliencia y gestión del riesgo desde las Ciencias Sociales, en el periodo comprendido entre los años 2005-2022 para develar, desde una lógica interdisciplinaria, nuevas preguntas de investigación que permitan profundizar y aportar desde una lectura crítica a este debate. A partir de esta actividad de investigación y aproximación temática surge la presente ponencia.

## Metodología

La reconstrucción y análisis de algunas de las tendencias teórico-metodológicas contenidas en el presente artículo, desde las cuales se ha vinculado la resiliencia con el riesgo ante desastres, es el resultado de la elaboración de un estado del arte, el cual se le conoce como una metodología de investigación cualitativo-documental de carácter crítico interpretativo, cuya finalidad responde a la descripción, comprensión o creación de marcos teóricos sobre un tema (Gómez et al., 2015).

El objetivo de esta primera aproximación se pensó como la plataforma teórico-conceptual sobre el tema que le facilitara conocer, adentrarse y colocarse al equipo de investigación y de allí abrir nuevas interrogantes que permitieron posteriormente formular el proyecto de investigación denominado “Las implicaciones del uso de la resiliencia en los marcos político normativos, así como en las prácticas institucionales y comunitarias en Costa Rica, en el periodo comprendido entre 2016-2024”, para ser ejecutado a partir del año 2025.

El estado del arte se reconoce como una metodología de investigación cualitativo-documental de carácter crítico-interpretativo. Gómez, Galeano y Jaramillo (2015) proponen que, según la investigación realizada, el estado del arte tiende a seguir una misma lógica: útil, rigurosa y práctica, que sirva de guía a futuras investigaciones de este corte. Estos autores plantean que:

Es útil porque si el fin último es la descripción, la comprensión o la creación de marcos teóricos, esta metodología del estado del arte ofrece técnicas y herramientas para lograr cada una de ellas. Esto la hace flexible a las necesidades de las y los investigadores y les permite abarcar los posibles deseos y contingencias con los que se encuentren en el proceso de investigación. Es rigurosa ya que sus técnicas y herramientas, siendo cualitativas, siguen unos parámetros de sistematización y plan de análisis previamente delimitados. Además, siempre deja registro de cada paso dado, de manera que la comunidad científica pueda convertirse en garante de rigor sobre el proceso metodológico. La persona investigadora será evaluada no sólo por sus resultados sino también por la lógica detrás de sus procesos y decisiones metodológicas. Es práctica, sobre todo por sus herramientas, en una investigación donde se leerá gran cantidad de textos y es esencial encontrar una forma de extraer de manera ordenada la información, inicialmente dispersa, para su futuro abordaje y comparación (Gómez, Galeano y Jaramillo, 2015, p. 435).

Una primera fase que acompañó este proceso fue la búsqueda, revisión y lectura de documentos de investigación sobre la temática, tales como trabajos finales de graduación y artículos académicos realizados desde las Ciencias Sociales, así como resoluciones, marcos, normativa mundial y nacional, en el periodo de estudio establecido, del 2005 al 2022, el 2005 fue el año en el cual se colocó la noción de resiliencia en los marcos internacionales.

Para ello, se usaron los siguientes buscadores: resiliencia, resiliencia comunitaria, resiliencia y desastres, resiliencia y gestión del riesgo, resiliencia y COVID-19. En este sentido, se realizó una primera revisión de un total de 87 documentos recuperados a través de las siguientes bases de datos: EBSCO, PROQUEST, KIMUK, JSTOR, SIBDI, KERWÁ, estas dos últimas de la Universidad de Costa Rica.

La discusión en torno a los resultados de este primer acercamiento permitió reconstruir aquellos campos desde los cuales se venía tratando la noción de resiliencia, como: la ingeniería, la psicología, la geografía, la medicina, el trabajo social, la educación, así como la salud pública.

De allí que las múltiples aristas temáticas que nos planteaban estos campos para la reconstrucción del estado de investigación, nos llevó como equipo a reconocer la importancia de volver al objeto propuesto y, por tanto, a centrar la revisión en aquellos documentos que abordaban la relación resiliencia-riesgo-desastres. A partir de ello, se seleccionaron 60 documentos, los cuales corresponden a 39 artículos científicos y 21 trabajos finales de graduación, particularmente del Programa de Maestría Profesional en Gestión del Riesgo y Atención de Emergencias de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica.

Los artículos surgen de estudios realizados desde la psicología y geografía, principalmente, así como desde trabajo social, antropología, educación, desarrollo y medio ambiente; asimismo, para efectos de los estudios sobre resiliencia y COVID-19, se sumaron áreas de estudio tales como la psiquiatría, farmacia y medicina, por la particularidad del tema. Los trabajos finales de graduación, tal y como se mencionó anteriormente, en su mayoría corresponden a los estudios de posgrado en materia de gestión del riesgo, así como 8 investigaciones realizadas desde las áreas de la psicología, sociología, trabajo social y servicios de emergencias.

Para la organización de la información, se construyó, como instrumento, una matriz tomando en cuenta las siguientes categorías: temática de investigación, disciplinas involucradas, contexto histórico y geográfico, objeto de estudio, metodología empleada, comprensiones sobre resiliencia, debates sobre resiliencia y gestión del riesgo, así como conclusiones y recomendaciones.

De esta manera, fue posible emprender, como segunda fase, el análisis de la información, realizando una lectura analítica según las categorías planteadas, con la finalidad de reconstruir las tendencias teórico-metodológicas desde las cuales se ha vinculado la categoría resiliencia con el enfoque de la gestión del riesgo ante desastres.

Cabe destacar, que la discusión interdisciplinaria fue transversal en todo el proceso, coadyuvando a identificar dos grandes ejes a través de los cuales se presenta seguidamente el análisis, a saber: comprensiones en torno a la resiliencia, y resiliencia y gestión del riesgo. Aunado a ello, y como parte de las finalidades de la realización de los estados del arte, se comparten reflexiones y puntos de partida para futuras investigaciones sobre este tema.

## Comprensiones sobre la resiliencia: punto de partida para la discusión

A manera de preámbulo, para emprender la discusión sobre el vínculo entre resiliencia y gestión del riesgo, resulta importante identificar las comprensiones en torno a resiliencia, propiamente. El término resiliencia procede del latín *resilio* que significa volver a saltar, rebotar, reanimarse; se utiliza en la ingeniería civil y en la metalurgia para calcular la capacidad de ciertos materiales para recuperarse o volver a su posición original cuando han soportado ciertas cargas o impactos que los deforma (Uriarte, 2010; Carrio et al., 2019).

Las ciencias sociales incorporaron el término a partir de los años ochenta, en referencia a cómo los individuos, los grupos familiares o colectivos son capaces de minimizar y sobreponerse a los efectos nocivos de las adversidades, los contextos desfavorecidos y deprivados socioculturalmente, de recuperarse tras haber sufrido experiencias notablemente traumáticas, en especial catástrofes naturales, epidemias, guerras civiles, deportaciones, así como campos de concentración (Rutter, 1993; Werner, 2003, citados en Uriarte, 2010).

Según Brenes (2007), el término resiliencia ha sido utilizado especialmente por disciplinas como la psiquiatría, la psicología, las ciencias del deporte, la filosofía ética, las ciencias económicas, la ecología, posteriormente por las disciplinas que abordan el tema de la gestión del riesgo.

Autores y autoras consultadas, conceptualizan la resiliencia como una capacidad para adaptarse y recuperarse ante eventos adversos, manteniendo el equilibrio psicológico (Gargurevich, 2010; Naeem et al., 2020, citados en Austin y Gregory, 2020). Se plantea incluso que, ante la adversidad, se logra fortalecer, es una manera de esperanza, una capacidad única en el ser humano para poder ponerles actitud a las situaciones límite (Chávarry, 2019).

En esta línea, se añaden otras comprensiones para pensar la resiliencia como la resistencia y la recuperación. Ante esto, Salanova (2020) señala que la resiliencia humana y social no es solamente resistir, sino que conlleva un proceso de reconstrucción y superación de las dificultades.

González (2015), así como Lazo y Martínez (2018), han trascendido la resiliencia individual para pensarla como la capacidad de un sistema, familia, comunidad, colectivo o sociedad expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de los efectos de un evento en un momento oportuno y eficiente, incluso a través de la conservación y restauración de sus estructuras y funciones básicas.

Uriarte (2010), en esta línea, señala la necesidad de pensar en la dialéctica de las personas y el contexto, siendo la resiliencia, de esta manera, un término de naturaleza compleja y multidimensional. Así, sobre los mecanismos o formas para adquirir esta capacidad resiliente, se plantea que no es innata ni adquirida, sino que se requiere pensar en un proceso en el que intervienen factores individuales, familiares, sociales y culturales (Bhamra, Dani y Burnard, 2011, McAslan, 2010, citados en Carrio et al., 2019; Perdomo, 2014; Puac, 2018).

Por ello, a pesar de que la resiliencia se presenta de manera individual, su desarrollo se ve mediado por la interacción de la persona con el ambiente en el que se desenvuelve (Menanteux, 2014), y de esta manera abarca la capacidad de aprendizaje, la innovación, la renovación y la reorganización. (Folke, 2006, citado en Uriarte, 2010).

Carrio et al., (2019), en este sentido, destaca los factores de riesgo y factores protectores que inciden en la resiliencia,

Los factores de riesgo incluyen aquellos que aumentan la probabilidad de que un individuo experimente malestar en áreas particulares como la salud física, mental o las interacciones sociales. Desde la perspectiva de los factores de protección, existen dos conjuntos principales de recursos; los externos al individuo/comunidad y los recursos internos. La resiliencia se basa en la interacción entre la persona y el entorno. Esta capacidad debe integrarse en las dimensiones institucionales, sociales, económicas y ambientales de los esfuerzos de desarrollo sostenible en todos los niveles para combatir el malestar. (Carrio, et al., 2019, p. 14)

La revisión documental realizada permitió, a su vez, recuperar algunas perspectivas que discuten la forma en la cual se define esta noción. Trujillo (2011) elabora un análisis del uso de resiliencia en documentos escritos en 14 universidades colombianas. Según el autor, colocan la resiliencia como capacidad (Campo et al., 2010, citado por Trujillo, 2011) tal y como se ha señalado; para el autor, pensar en capacidad es problemático, pues habla de restricción o exclusión, de manera que, para el autor y el grupo Resilio al que pertenece, la resiliencia puede definirse como

Un proceso complejo, en el cual nadie quede excluido, o mejor dicho, en el cual todos estemos incluidos, pues al fin y al cabo todos podríamos hacer parte del proceso resiliente a partir del

momento en el cual llegamos a él, es decir cuando sufrimos una adversidad y también cuando podemos convertirla en ocasión para el mejoramiento personal o colectivo (Trujillo, 2011, p.15).

De la misma manera, Piña (2015) señala que, si el concepto de resiliencia se aplica a capacidades, no se le puede igualar o hacer depender de conceptos tales como competencias, habilidades, autoeficacia, aprendizaje, afrontamiento y personalidad, según sugieren varios autores (véanse Becoña, 2006; Cornejo, 2010; Gaxiola et al., 2011; Gaxiola et al., 2012; González-Arratia et al., 2011; Saavedra y Villalta, 2008; Vinaccia et al., 2007, citados en Piña, 2015).

Tanto el grupo Resilio como Becoña (2006), Fernández-Lansac y Crespo (2011), Ruiz y López (2012), citados en Piña (2015), proponen que el concepto de resiliencia sea pensado más como proceso, que brinde la posibilidad de reconocer los recursos con los que cuentan los sujetos, de tal manera que puedan potenciarlos para así afrontar las situaciones que vivencian, desde las fortalezas con las que cuentan y no desde el déficit (Campo, Granados, Muñoz, Trujillo y Rodríguez, 2010, citados en Trujillo, 2011).

Finalmente, Carril y Rivera (2017), desde el ámbito de la ecología, señalan que el aumento en el uso de resiliencia se da cuando fue necesario replantearse el discurso de desarrollo sostenible, pues cuando los seres humanos no tuvieron los recursos para generar este desarrollo y fue inminente el cambio climático, la noción de resiliencia fue la clave para que el sujeto se hiciera cargo de los efectos de esto. Plantean, entonces, la existencia de un cuestionamiento ético en este paso del desarrollo sostenible al de resiliencia, el cual es opaco en lo social y lo político.

Se traduce en un ejercicio que enarbola la resiliencia como única salida para hacer frente al colapso que se avecina. El problema político radica en que el desarrollo sustentable tiene, en efecto, una directriz de dignidad humana muy clara, mientras que la resiliencia, con su estatus de ambigüedad, se ha convertido en una práctica que legitima la injusticia social bajo nuevos acuerdos para regular tanto la escasez de recursos como su distribución inequitativa y para fijar nuevos términos de supervivencia en una era de cambio climático, pues este nuevo saber se ha instaurado a través de un ejercicio de poder. (Carril y Rivera, 2017, p. 37)

## La resiliencia, el riesgo y los desastres

La reflexión en torno a las comprensiones y los debates que se han desarrollado en torno a la noción de resiliencia permiten realizar una aproximación en torno a la relación que se ha establecido entre resiliencia y la temática de desastres. Además, posibilita recuperar una serie de discusiones vinculadas a una lectura crítica del posicionamiento ético-político implícito en esta noción, por tanto, de la direccionalidad que imprime a los procesos de gestión del riesgo.

Una primera comprensión de resiliencia que se vincula a la temática de riesgo y desastres alude al imperativo por mantener el funcionamiento y asumir el impacto generado por el riesgo que se materializa, mediante el evento, con la consigna primordial de mantener la continuidad del servicio (Mello et al., 2019).

Por tanto, Gowan et al. (2014), como se citan en Carrio et al. (2019), sugieren que la principal tarea, a nivel de trabajo comunitario, desde las instituciones, está en preparar a las comunidades para enfrentar o responder de forma que se aminore el impacto del desastre y que la organización comunitaria se dirija luego a la constitución de condiciones de funcionamiento anteriores o mejores. Además, señalan

que: “three essential components that are present in every concept of resilience are distinguished: the notion of adversity, resilient and positive adaptation.” (Carrio et al., 2019, p.14).

Brenes (2007) y Bahena-Ayala et al. (2021) agregan, además, dentro de esta noción de resiliencia, la dimensión temporal como un criterio de importancia para cuantificar qué tan resilientes fueron/son las comunidades, pues, desde esta óptica, entre menor sea el tiempo transcurrido en volver al “funcionamiento” anterior, mayor capacidad y resiliencia les confiere.

Otra de las comprensiones, plantea el hecho de que las personas deben adaptarse al riesgo, así como a los constantes cambios derivados de este, tanto a nivel geoespacial como en sus condiciones de vida, y asumir que, por tanto, vivir en riesgo es un hecho ineludible, ante lo cual solo queda adaptarse.

La resiliencia se determina por el grado de autoorganización para incrementar el aprendizaje sobre desastres pasados, de modo que se logre una mejor protección en el futuro y se optimicen las medidas de reducción de riesgo de desastres (Kiesel, 2001, citado en Jiménez, 2018, p. 24).

Gong et al. (2020) destacan, en esa misma línea, un aspecto que resaltó durante la revisión bibliográfica, a saber: la cuantificación del impacto y la resiliencia y cómo median los intereses políticos y económicos en la consideración de estos elementos. Incluso el alcance de las mediciones en los diferentes niveles, quedando principalmente a nivel regional donde están los grandes comercios o centros de distribución.

De esta forma, se estima y mide la resiliencia, prácticamente como un cálculo matemático, un dato, sin contexto, ni probabilidad de alteración circunstancial, sino que se enfoca en un porcentaje o probabilidad de un pronto restablecimiento de las actividades, principalmente productivas.

De este modo UNISDR, (2012b), citado en Bahena et al. (2021), señala: “Resilience, as a new element of risk assessment, is a reduction coefficient. The interaction of resilience with the risk and the elements that integrate it is expressed by the following function” (p. 206):

$$Risk = f \left( \frac{Hazard * Vulnerability * Exposure}{Resilience} \right)$$

Hasta aquí, es posible identificar que el vínculo entre resiliencia, riesgo y desastres apunta a objetivos de resistir ante las condiciones de riesgo, sobreponiéndose a esta condición y con el menor agravamiento posible de sus condiciones de vida, tanto personales como comunitarias.

Esto conlleva a enfocar la atención en la resiliencia comunitaria, última comprensión que quisiéramos destacar en el vínculo que se establece con riesgo y desastres. A nivel comunitario, la resiliencia es vista como la capacidad para hacer frente a las adversidades, para organizarse y para mejorar sus funciones, estructura e identidad; es decir, en este sentido, el entorno adverso se convierte en una oportunidad para el desarrollo comunitario. (Rutter, 2013, citado en Lazo y Martínez, 2018, p. 33).

Como se ha señalado, en algunas corrientes se ha tratado de pensar la resiliencia no solamente como un proceso individual, sino grupal, colectivo y comunitario. De esta manera, en las últimas tres décadas, se evoluciona desde un enfoque más psicológico, donde el foco era el individuo y las estrategias para convertirse en una persona resiliente, hacia uno que trate de comprender los elementos culturales y comunitarios que nacen e interactúan en los procesos resilientes, es decir, un enfoque socioeducativo (Ruiz et al., 2020).

Suárez (2001), citado en Ruano et al., (2022), define la resiliencia comunitaria como condiciones colectivas cuyo objetivo es sobreponerse a situaciones que impliquen desastres o situaciones masivas de adversidad y, a partir de ello, reconstruir los procesos. Estas situaciones adversas son resultado del cambio social, político y ambiental (Adger, 2000, citado en Torres et al., 2021).

Según la literatura revisada, existen dos perspectivas sobre la resiliencia comunitaria: unas que plantean regresar al mismo estado después de un tiempo (Campanella, 2006; Hamilton, 2009, citados en Navarro et al., 2017) y otros que apuntan a la capacidad de enfrentarse a peligros, pero también recuperarse y aprender de los eventos ocurridos y adaptarse a futuros escenarios (Adger, 2005; Folke, 2006; Cutter et al., 2008; Zhou et al., 2010; Cutter and Corendea, 2013, citados en Navarro, et al., 2017).

Suárez (2001) realiza una investigación en la que determina los pilares de la resiliencia comunitaria, los cuales son:

1. Autoestima colectiva, que involucra la satisfacción por la pertenencia a la comunidad;
2. Identidad cultural, como proceso integral de valores, costumbres, sentimientos y otras expresiones artísticas y culturales, que aumentan el sentido de pertenencia;
3. Humor social, como la capacidad de incluir la comedia en las situaciones o adversidades de carácter colectivo; y
4. Honestidad estatal, vista como la resistencia a los procesos que afecten el tejido y desgasten la dinámica de integración social entre las comunidades. (Suárez, 2001, citado en Ruano et al., 2022, p. 65)

Como se ha visto, las perspectivas de resiliencia comunitaria parecen establecer condiciones para que esta se genere o no, sobre esta base se establece que, para su generación, se requiere:

- 1) que las comunidades que aprenden a vivir con cambios e incertidumbre y que activamente construyen y comprometen la capacidad de prosperar en ese contexto, se vuelven resilientes;
- 2) que las comunidades pueden desarrollar resiliencia estratégicamente por medio de la planificación, la acción colectiva, la innovación y el aprendizaje;
- 3) que la resiliencia comunitaria se facilita mediante el desarrollo y el uso de diversos recursos de toda la comunidad;
- 4) que los miembros de la comunidad deben ser agentes activos en el desarrollo de la resiliencia comunitaria, al tomar medidas y acciones, y no simplemente ejercer la capacidad de respuesta de la comunidad. (Torres et al., 2021, p. 134)

## Debates en torno al vínculo de resiliencia con el riesgo y desastres

La revisión de los textos contribuyó a identificar el posicionamiento crítico de autores acerca de la noción de resiliencia y las implicaciones de su inclusión como un elemento determinante dentro de las acciones tendientes a la reducción del riesgo de desastres.

Sandoval y Astudillo (2019) señalan que, desde una perspectiva crítica, es posible vincular la resiliencia con dispositivos y discursos neoliberales orientados a desplazar las nociones pesimistas de la vulnerabilidad social (Macías, 2015), la distopía del desarrollo sustentable (Fernández y Ruiz-Godoy, 2017), así como a delegar responsabilidades a las poblaciones de autogestionar el riesgo.

Según los autores, desde esta lógica neoliberal se desplaza la atención hacia las capacidades de afrontamiento locales, dejando de lado las condiciones procesales de la vulnerabilidad estructural que afrontan las poblaciones. Por tanto, se debe reconocer que existen límites respecto a lo que pueden

lograr estas comunidades por sí solas, ya que varios de los factores subyacentes de riesgo resultan de procesos históricos estructurales de desarrollo desigual que escapan del poder local de los territorios resilientes-resistentes (Sandoval y Astudillo, 2019, p. 82).

Esta discusión crítica sobre el carácter estructural del riesgo y la direccionalidad que reproduce la resiliencia a los procesos de gestión del riesgo es también retomada por Cerdas (2021) y Macías (2021). La primera autora destaca cómo en el marco de procesos de construcción social e histórica del riesgo, mediados por relaciones sociales diferenciales que se establecen con la naturaleza, unas para la acumulación de riqueza y otras por necesidades de sobrevivencia, se promueven “procesos orientados a la autogestión comunitaria del riesgo con enfoques resilientes, para que mediante la autoayuda y el voluntariado se asuman localmente las respuestas para enfrentar escenarios de riesgo cuyo origen es estructural” (Cerdas, 2021, p. 13)

Lo anterior desde una lógica, señala la autora, donde las acciones “más allá de un carácter transformador, pareciera naturalizar las condiciones de desigualdad, de riesgo y por ende la asistencia que en función de los mínimos vitales se brindan a estas poblaciones” (Cerdas, 2021, p. 15).

Macías (2021), en este sentido, reflexiona en torno a las razones por las cuales resulta importante desvincularse de la noción de resiliencia, en tanto conlleva a centrar la atención, desde una medida proyectiva, en acciones “positivas” frente a las amenazas, dejando de lado los problemas estructurales de la sociedad, acciones que responden al desarrollo de capacidades en las comunidades para resistir, recuperarse o anticiparse. Desde esta perspectiva, la finalidad de

La revitalización del concepto de resiliencia en los últimos años obedece a la necesidad de justificar políticas y acciones para reducir desastres, a fin de cuentas, esa es no sólo una finalidad humanitaria, noble, sino obligación de las autoridades gubernamentales. Permite a los agentes del poder mostrar que se actúa, aunque con ello se eluden las razones de fondo de los desastres, que son la pobreza, la desigualdad, la explotación del hombre por el hombre, la apropiación de recursos colectivos por intereses privados. La noción de resiliencia, para concluir, desafía la coherencia del desarrollo de las sociedades hacia un rumbo de progreso, donde los desastres serían una posibilidad muy remota. (Macías, 2015, p. 321)

Macías (2015) nos advierte, además, cómo el uso de la noción de resiliencia ha venido a sustituir la noción de vulnerabilidad social, la cual buscaba criticar las condiciones sociales que definen la propensión de las poblaciones más pobres a sufrir desastres y sus dificultades para recuperarse. “En el campo de estudio de desastres, la noción de resiliencia ha buscado desplazar la consideración de problemas como la pobreza, la desigualdad, etc., éstas aparecen como dadas sin razón causal” (Macías, 2015, p. 15).

Sandoval y Astudillo (2019), desde esta lectura crítica, colocan una serie de reflexiones a la luz de un aluvión ocurrido en Paipote, Chile, donde la comunidad se empodera, genera resiliencia y resistencia ante la lógica gubernamental neoliberal de reubicación, planteando que la

Resiliencia comunitaria es la expresión agentiva-territorial del proceso riesgo-desastre, y se traduce en la concienciación de lo siconatural, la emergencia de nuevos sujetos ecopolíticos y el fortalecimiento del tejido comunitario basado en el apego al lugar, así como el relevo de capacidades de afrontamiento fundadas en saberes, memoria colectiva, percepción y aceptación diferenciada de riesgos entre comunidades y burócratas expertos (Sandoval y Astudillo, 2019, p. 82).

De esta manera, la resiliencia, planteada, ha sido utilizada como un dispositivo de control de sectores de poder que buscan que el sujeto sea empresario de sí y resiliencia sin criterio autónomo o crítico. Tales autores, consideran la problematización de lo cotidiano como un elemento de *resistencia*, donde muchas veces ni siquiera las necesidades básicas están resueltas, mismo aspecto que no es considerado en la resiliencia, pues al enfocarse en solo medir la capacidad de afrontar el evento, y las posibilidades de reponerse de este sin el otro contexto histórico- material de lo cotidiano y la vivencia frente al riesgo.

Así, Sandoval y Astudillo (2019), Cerdas (2021) y Macías (2021) señalan que esta noción de resiliencia responde claramente a la lógica del modelo de desarrollo neoliberal, desde el cual, dejando de lado la causalidad estructural, se enfoca la atención en las acciones de afrontamiento, delegando la responsabilidad a las poblaciones de autogestionar el riesgo, los desastres, así como el resguardo de los recursos y medios de vida. También, se manifiesta como un discurso hegemónico que se reproduce mediante políticas y medios normativos a nivel internacional y de los países.

Se la concibe, por tanto, como un nuevo dispositivo de gobierno para desplazar las nociones pesimistas de la vulnerabilidad social (Macías, 2015, citado en Sandoval y Astudillo, 2019) y la distopía del desarrollo sustentable (Fernández y Ruiz Godoy, 2017, citado en Sandoval y Astudillo, 2019). “Así los discursos neoliberales del riesgo se trasladan hacia la población, retraduciendo psicopolíticamente la simbología de la (auto)seguridad del Capitaloceno a escala territorial y subjetiva” (Evans y Reid, 2016, citado en Sandoval y Astudillo, 2019, p. 82).

## Reflexiones finales

La intensificación de la desigualdad social y económica, de los escenarios de riesgo ante desastres, así como de las implicaciones subjetivas y psicosociales en las poblaciones de la materialización de los desastres, se coloca frente a tendencias y discursos que, desde la comprensión de la resiliencia, parecieran promover la generación de capacidades en las poblaciones para adaptarse, resistir y autogestionar el riesgo cotidiano y su recuperación frente al desastre, enfrascando, en el plano de los recursos personales y locales, la resolución de una expresión que, como el riesgo, tiene orígenes estructurales.

Esto nos colocó, como equipo docente, el imperativo de desarrollar investigación desde una lógica interdisciplinaria de las tendencias teórico-metodológicas a partir de las cuales se ha vinculado la resiliencia con el riesgo ante desastres, así como las finalidades que estas instalan a los procesos de gestión.

La actividad de apoyo a la investigación “Resiliencia: una discusión crítica sobre las comprensiones teórico-metodológicas desde la gestión del riesgo ante desastres”, desarrollada en el 2022, nos permitió tener una primera aproximación al análisis de la producción teórica y la investigación generada en la temática de resiliencia desde las Ciencias Sociales, en el periodo comprendido entre el 2005 a la actualidad.

Desde esta aproximación, fue posible identificar posturas que ubican la resiliencia como una capacidad del sujeto para enfrentarse a circunstancias adversas y difíciles, adaptándose y, muchas veces, resurgiendo de estas. Otras posturas han evolucionado a discutir la resiliencia de las familias, comunidades, colectivos y sociedades para enfrentarse y sobreponerse a situaciones críticas, base para la comprensión de la resiliencia comunitaria y su asociación con el tema de los desastres.

Es posible identificar claramente una postura desde la perspectiva de gestión del riesgo, situada desde un discurso funcionalista, basado en la continuidad de los procesos productivos y la recuperación

pronta de la estructura funcional comunitaria. Postura que, además, centra la acción gubernamental en los niveles regionales y nacionales, dejando lo local a suerte de su *capacidad de ser resilientes* y de organizarse y adaptarse para convivir con el riesgo.

Así mismo, llama mucho la atención que se visualiza una corriente de profesionales o personas académicas que problematizan y revisan críticamente el concepto, atravesando lo material, lo histórico y los contextos políticos y económicos que subyacen al riesgo, volviendo nuevamente la mirada sobre la vulnerabilidad social y su relación con lo estructural y sus modelos de desarrollo. Este pensamiento es necesario no solo para enfocar los esfuerzos en preparar a las comunidades para la experiencia de enfrentar un desastre, sino también para mejorar sus condiciones de existencia, desde la acción política y las respectivas competencias institucionales en los diferentes niveles: local, regional y nacional.

Finalmente, se presenta una serie de inquietudes que convendría profundizar en torno a los procesos históricos que han contribuido a que la resiliencia se posicione como parte de las finalidades de la gestión del riesgo, así como en el marco político e institucional costarricense, de manera que se puedan debatir y aportar, desde una perspectiva interdisciplinaria, las consideraciones ético-políticas que implica posicionarse desde esta noción para los procesos de gestión del riesgo ante desastres.

## Referencias

- Austin, Z. y Gregory, P. (2020). Resilience in the time of pandemic: The experience of community pharmacists during COVID-19. *Research in Social and Administrative Pharmacy*, 17(1), 1867-1875. <https://doi.org/10.1016/j.sapharm.2020.05.027>
- Bahena-Ayala, R., Arreguín-Cortés, F. I. y Cervantes-Jaimes, C. E. (2021). Evaluación de la resiliencia en ciudades ante fenómenos hidrometeorológicos. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(1), 192-260. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-01-06>
- 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. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/reflexiones/article/view/11474>
- Carril, L. F. y Rivera, J. R. (2017). La evolución discursiva de la sostenibilidad a la resiliencia: ¿Un problema ético? *Ecología Política*, (53), 34-38. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6063828>
- Carrío, L., Castro Delgado, R., y Arcos González, P. (2019). A review of the concept of resilience in the field of disasters and its evolution=Revisión del concepto de resiliencia en el campo de los desastres y su evolución. *Revista Española De Comunicación En Salud*, 8-18. DOI:[10.20318/recs.2019.4590](https://doi.org/10.20318/recs.2019.4590)
- Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central y República Dominicana -Naciones Unidas para el Desarrollo (CEPREDENAC – PNUD) (2005). *La Gestión Local del riesgo. Concepto y Prácticas*. Programa Regional para la Reducción del riesgo en América Central.
- Cerdas Guntanis, L. (2021). La Gestión Local del Riesgo en el marco de las transformaciones sociales contemporáneas. *Revista Reflexiones*, 101(2). <https://doi.org/10.15517/rr.v101i2.49275>
- Chávary Reátegui, L. F. (2019). *Autoestima y resiliencia en los pobladores damnificados post desastre del AA. HH. los huertos de Cajamarquilla, distrito de Lurigancho- Chosica, Lima, 2019*. [Tesis de licenciatura, Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote]. Repositorio Institucional-ULADECH CATÓLICA.
- Comisión Nacional de Prevención del Riesgo y Atención de Emergencias (CNE). (2015). *Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016 – 2030*.

- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD). (2005). *Marco de Acción de Hyogo para 2005 – 2015: Aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres*.
- Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD). (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015 - 2030*.
- Gargurevich, R. (2010). Yo soy, yo tengo, yo puedo: fuentes múltiples de resiliencia frente a un desastre. *UCMaule-Revista Académica de la Universidad Católica del Maule*, (38), 71-83.
- Gómez Vargas, M., Galeano Higueta, C. y Jaramillo Muñoz, D. A. (julio-diciembre, 2015). El estado del arte: una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 6(2), 423-442. <https://www.redalyc.org/pdf/4978/497856275012.pdf>
- Gong, H., Hassink, R., Tan, J. y Huang, D. (2020). Regional resilience in times of a pandemic crisis: The case of covid-19 in China. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*. 111(3), 497–512. doi:10.1111/tesg.12447
- González Murillo, F. (2015). *Propuesta de un modelo de taller para el aprendizaje de la prevención del Riesgo en niños y niñas de Edad Escolar de la Escuela Santa Margarita, Heredia* [Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica]. Repositorio institucional-Universidad de Costa Rica
- Lazo Romero, R. y Martínez, G. (2018). *Fomento de la incorporación de la prevención de riesgos asociados a eventos naturales en la cultura desde un plan educativo de formación de docentes de primaria, a aplicar en la Escuela Alberto Paniagua Chavarría, Getsemaní, San Rafael, Heredia* [Tesis de maestría, Universidad de Costa Rica]. Repositorio institucional-Universidad de Costa Rica
- Macías, J. (2015). Crítica de la noción de resiliencia en el campo de estudios de desastres. *Revista Geográfica Venezolana*, 56(2), 309-325. <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347743079009.pdf>
- Mello Garcias, C., da Silva Ferentz, L. M. y Gomes Pinheiro, E. (2019). A Resiliência como Instrumento de Análise da Gestão Municipal de Riscos e Desastres. *Redes*, 24(2), 99-121.
- Menanteux Suazo, M. (2014). *Resiliencia comunitaria. Abordaje teórico y vinculación al ejercicio de la psicología comunitaria en el contexto latinoamericano actual*. [Tesis de maestría, Universidad de Chile]. Repositorio académico-Universidad de Chile.
- Navarro Cueto, D., Vallejo Villalta, I. y Navarro Bernal, M. (2017). Resiliencia a desastres y capital social. Análisis de redes sociales en barrios periféricos de la ciudad de Cusco, Perú. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 74, 463-481. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6093684>
- Perdomo Pérez, M. T. (2014) *Resiliencia Comunitaria como estrategia de recuperación psicosocial. Un estudio de casos*. [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid] Repositorio institucional-Universidad Autónoma de Madrid.
- Piña López, J. A. (2015). Un análisis crítico del concepto de resiliencia en psicología. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 31(3), 751-758. <https://doi.org/10.6018/analesps.31.3.185631>
- Puac Alvarez, C. (2018). *Los Factores Culturales Y La Resiliencia Post Desastre En Panabaj, Santiago Atitlán, Sololá*. [Tesis de maestría, Universidad Rafael Landívar.] Repositorio institucional-Biblioteca Landivariana.
- Ruano Bermúdez, F. A., Riascos Yandar, P. A., y Castillo, K. A. (2022). Procesos de resiliencia comunitaria en situación de desastres: estudio de caso de la comunidad de Mapachico Centro de Pasto (Colombia). *Informes Psicológicos*, 22(1), 61-76. <https://doi.org/10.18566/infpsic.v22n1a04>

- Ruiz, C., Juárez, J. y Molina, L. (2020). Evolución y nuevas perspectivas del concepto de resiliencia: de lo individual a los contextos y a las relaciones socioeducativas. *Educatio Siglo XXI*, 38(2), 213-232. doi: 10.6018/educatio.432981
- Salanova, M. (2020). How to survive COVID-19? Notes from organisational resilience (¿Cómo sobrevivir al COVID-19? Apuntes desde la resiliencia organizacional). *International Journal of Social Psychology*, 35(3), 670-676. <https://doi.org/10.1080/02134748.2020.1795397>
- Sandoval Díaz, J., y Astudillo Pizarro, F. (2019). Comunidades en movimiento ante el cambio climático. ¿Resistentes o resilientes? El caso de Paipote, Chile. *Ecología Política*, (58), 79-83. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7216675>
- Torres Vega, P., Castro Garza, G. y Torres Lima, P. (2021). Asentamientos informales y resiliencia comunitaria. Itinerarios para su evaluación ante riesgos de desastres. *Revista Ciudades, Estados y Política*, 8(1), 129-146. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2462-91032021000100129](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2462-91032021000100129)
- Trujillo, S. (2011). Resiliencia: ¿Proceso o capacidad? Una lectura crítica del concepto de resiliencia en 14 universidades colombianas. *Revista Iberoamericana de Psicología: Ciencia y Tecnología*, 4(1), 13-22. <https://doi.org/10.33881/2027-1786.rip.4102>
- Uriarte, J. (2010). La resiliencia comunitaria en situaciones catastróficas y de emergencia. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1(1), 687-693. <https://www.redalyc.org/pdf/3498/349832324073.pdf>

# Análisis de riesgos para los sistemas de agua potable desde el Ministerio de Salud

**M. Sc. Keylor Mauricio Castro Chacón**  
Costa Rica  
Ministerio de Salud

## Resumen

Haciendo una revisión de los datos, durante el 2024, nuestro país ha enfrentado serios desafíos en cuanto al suministro de agua potable debido a varios factores, incluidos la crisis climática y problemas de infraestructura, la cual se muestra vulnerable ante el aumento en la frecuencia y severidad de las sequías en algunas regiones, reduciendo la cantidad de agua disponible para beber y para la agricultura.

Durante los primeros meses del año, la **Defensoría de los Habitantes** declaró 2024 como un año de **alerta roja** por la crisis del agua. Más del 90% de las denuncias de desabastecimiento provienen de la Gran Área Metropolitana (GAM), y muchas comunidades han experimentado racionamientos severos y prolongados, lo que ha provocado protestas y un creciente descontento entre los residentes. (Teletica.com, 2024)

Aunque Costa Rica trata de abordar todos los riesgos de manera oportuna y eficiente, cuando estos no se manejan eficazmente, pueden tener importantes consecuencias a corto y a largo plazo en los planos individual, comunitario, cantonal y nacional. El uso de enfoques basados en riesgo permite optimizar la utilización de los recursos y a priorizar las medidas necesarias para mitigarlos, a fin de estar listos para responder a posibles emergencias.

El Ministerio de Salud, con el apoyo técnico de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, determinó los elementos para la valoración del riesgo e integración de fuentes de información, permitiéndole identificar y clasificar el nivel de riesgo para los eventos y establecer recomendaciones para facilitar la toma de decisiones sobre las estrategias y actividades más adecuadas para la modificación del riesgo y la respuesta.

Los resultados de las evaluaciones de riesgos permitieron planificar y priorizar de manera adecuada las medidas para prevenir las emergencias de salud, mitigarlos, detectarlos tempranamente, prepararse y estar operacionalmente listos para hacerles frente, responder y recuperarse.

## Introducción

El recurso hídrico es patrimonio y un bien de dominio público, cuya responsabilidad recae sobre el Estado para garantizar el bienestar y la salud de la población.

El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 6 busca garantizar la disponibilidad y la gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos. ..., la contaminación del agua es un desafío considerable que en muchos países afecta tanto a la salud de las personas como al medio ambiente (Iberdrola, 2024).

Los eventos suscitados durante el primer trimestre de 2024 en la **Planta Potabilizadora de Agua en Guadalupe** y el **Sistema Agua Potable de Turrialba**, calificados como emergencia por este ministerio y por el ente operador, con declaratoria de alerta roja por la Defensoría de los Habitantes al recibir más de 250 000 denuncias de parte de los habitantes de la Gran Área Metropolitana, Playa Naranjo, Playa Blanca y Bajos Negros en Paquera, así como en Santa Cruz, Guanacaste, han permitido al Ministerio de Salud establecer actividades de análisis del riesgo y de alerta en salud pública mediante una comunicación de riesgo, espacios de discusión con los actores involucrados y la determinación de las acciones para la respuesta:

- Suspender el servicio de abastecimiento.
- Implementar un sistema de evaluación continua y sistemática de la calidad del agua desde la fuente, planta de tratamiento, sistemas de almacenamiento y distribución.
- Asegurar el suministro de agua por otra vía.
- Aplicar las acciones correctivas correspondientes para operar el sistema, una vez asegurada la calidad del agua, en cumplimiento del artículo 14 del Decreto Ejecutivo Reglamento para la calidad del Agua Potable (SERSA), publicado en La Gaceta 170, del 1 de setiembre de 2015, alcance 69.
- Ordenar la realización de evaluaciones a los más de 1000 sistemas de agua potable restantes con el objetivo de identificar posibles riesgos desde el área de influencia de la captación hasta el consumidor.
- Entrar a operar el sistema, una vez asegurada la calidad del agua.

El análisis de riesgo a partir de la “Guía de Inspección para la calidad del agua potable SERSA”, sistematizada en ArcGIS® ha permitido al Ministerio de Salud registrar el estado de las diferentes estructuras (captaciones, conducciones, almacenamiento, distribución) del sistema de abastecimiento de agua potable y del entorno inmediato a las captaciones, comprendiendo la naturaleza de este y proporcionando las bases para su mitigación y tomar decisiones cuando se debe elegir entre distintos niveles de riesgo y alternativas de respuesta.

## Método

### *Identificación de necesidad.*

Para el análisis y valoración del riesgo en la salud pública, es importante identificar las vulnerabilidades para cada sistema de abastecimiento de agua potable y del entorno inmediato a las captaciones frente a sus amenazas.

Todo ente operador de un sistema de agua potable debe tener actualizado e implementado un Programa de Control de Calidad del Agua, el cual proporcione información referente al área de influencia del sistema de suministro de agua, referente a la descripción de las zonas donde se ubican las fuentes de abastecimiento, la frecuencia de muestreo, la probabilidad de que los peligros identificados ocasionen daños a la población expuesta en un plazo temporal especificado, incluida la magnitud del daño y sus consecuencias.

Al momento de manifestarse el evento de contaminación en la **Planta Potabilizadora de Agua en Guadalupe** el Ministerio de Salud contaba con los expedientes actualizados en su Área Rectora de

Salud, pero no en un sistema que permitiera una adecuada gestión de la información, por lo que la Dirección General de Salud (DGS), a través del Proceso de Gestión de Riesgo y al apoyo técnico de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE), sistematizaron la “Guía de Inspección para la calidad del agua potable SERSA”, dando origen al “Manejo e inventario de Sistemas Agua Potable en Costa Rica”, herramienta diseñada para recopilar y gestionar información vital sobre los acueductos y su infraestructura asociada en todo el país.

#### *Integración del equipo técnico.*

Reconociendo la alerta que se requiere valorar, la convocatoria de actores, la integración de información, valoración del riesgo, determinar los niveles de riesgo, niveles de la respuesta y gestión de la información para la toma de decisiones para este y otros eventos que se puedan presentar en los sistemas de agua potable, el Proceso de Gestión de Riesgo, a través de los canales oficiales, conformó un equipo *ad hoc* para sistematizar el anexo 5 del Decreto Ejecutivo 38924-S en la plataforma ArcGIS Survey 123.

Se analizaron y discutieron las funciones, misión y requerimientos necesarios de la “Guía de Inspección para la calidad del agua potable SERSA”, así como las competencias y habilidades personales y profesionales que deben cumplir los miembros del equipo. Los participantes fueron seleccionados tomando en consideración sus habilidades blandas, capacidad para trabajar en equipo, destrezas y conocimientos específicos para llevar a cabo la tarea.

El equipo estuvo conformado por:

- Tecnologías de la Información de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (TI-CNE)
- Proceso de Regulación de la Salud del Área Rectora de Salud de Pérez Zeledón (ARS-PZ)
- Proceso de Gestión de Riesgo de la Dirección General de Salud (PGR-DGS)

La transformación digital exige desarrollar y optimizar procesos, para obtener información rápidamente como acción estratégica en la gestión de la información, el control de los riesgos en salud y la toma de decisiones informadas.

#### *Sistema de agua potable*

El Sistema para el Manejo e Inventario de Sistemas de Agua Potable en Costa Rica es una herramienta integral diseñada para recopilar y gestionar información vital sobre los acueductos y su infraestructura asociada en todo el país.

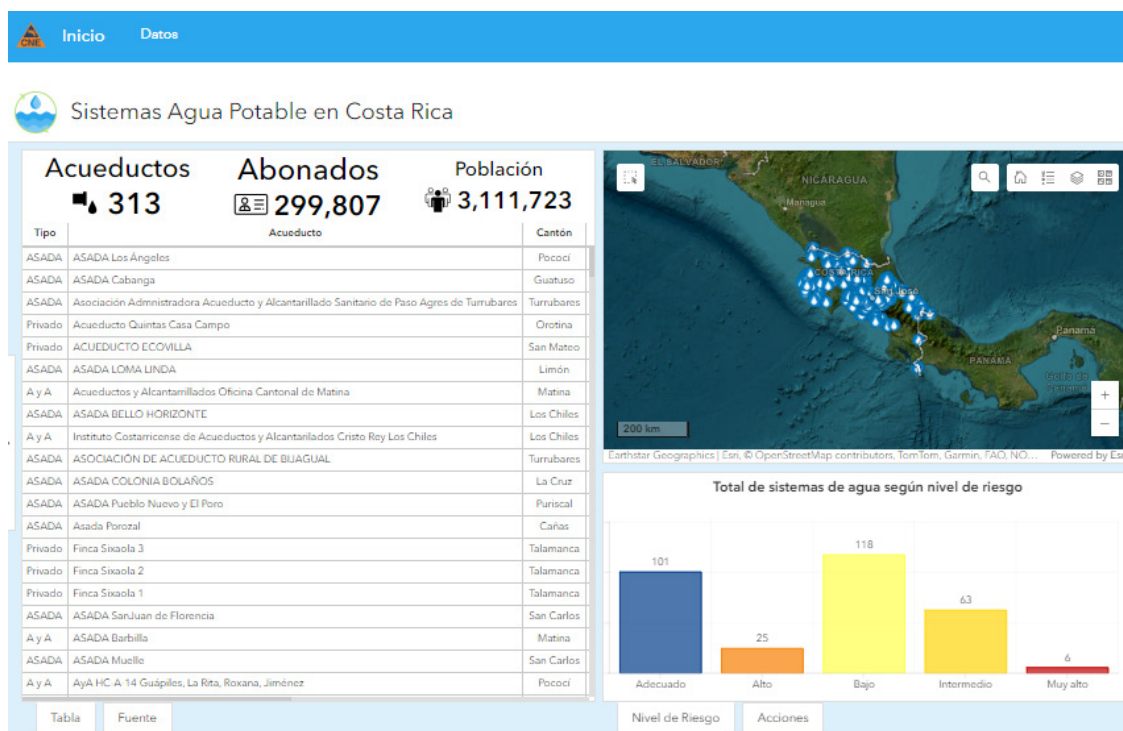
**Figura 4.** Manejo e Inventario de Sistemas de Agua Potable en Costa Rica.



Fuente: Paniagua, 2024

Este sistema permite registrar detalladamente cada componente, desde tomas de agua superficiales hasta nacientes, pozos, tanques de almacenamiento, así como las líneas de conducción y sistemas de distribución.

**Figura 5.** Totalidad de acueductos en Costa Rica



Fuente: Ministerio de Salud, 2024

Su función principal radica en proporcionar una visión completa y actualizada de los recursos hídricos y la infraestructura de suministro de agua potable, facilitando, así, la toma de decisiones informadas y la gestión eficiente de estos sistemas cruciales para el bienestar y desarrollo de las comunidades costarricenses.

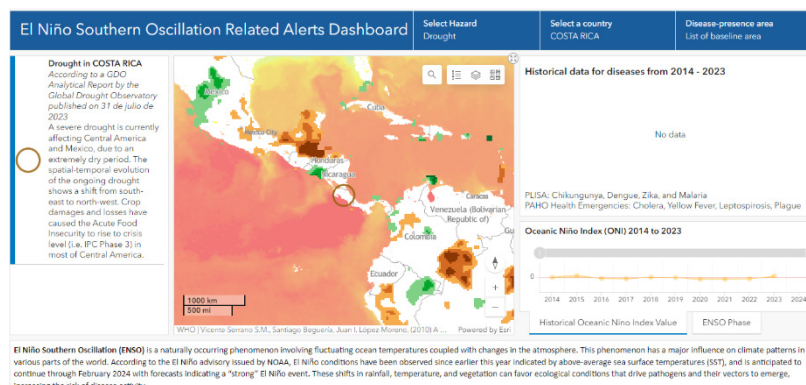
## Resultados

Uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible establecidos por la ONU (2015) se refiere a garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible, por lo que establece, en sus metas, lograr el acceso al agua con mejora de su calidad mediante la reducción de sus contaminantes y uso eficiente de los recursos hídricos.

El Ministerio de Salud, en cumplimiento con lo establecido en la Ley General de Salud, según el Capítulo I “Del agua para el uso y consumo humano y de los deberes y restricciones a que quedan sujetas las personas en la materia” y los artículos que lo conforman, tiene la potestad de vigilar la calidad del agua que consume la población. El artículo 268 de esta Ley le confiere esa labor de vigilar la calidad del agua potable en todos los sistemas de abastecimiento del país como función sustantiva de rectoría en salud.

Sequía en Costa Rica. Según Informe Analítico de GDO publicado el 31 de julio de 2023. Una grave sequía afecta actualmente a Centroamérica y México, debido a un periodo extremadamente seco. La evolución espacial-temporal de la actual sequía muestra un desplazamiento del sureste al noroeste. Los daños y pérdidas en las cosechas han causado la Alimentación Aguda. La inseguridad alcanzará niveles de crisis en la mayor parte de Centroamérica. (Salud, 2023)

**Figura 6.** Alertas relacionadas con la oscilación del fenómeno de El Niño



Fuente: GDO, 2023

El agua es un determinante social de la salud y, como tal, debe ser sujeto a la vigilancia y el control con el propósito de garantizar la salud pública de la población. Conjuntamente, con otros actores clave, Acueductos y Alcantarillados e Instituto Costarricense de Investigación y Enseñanza en Nutrición y Salud establecen la regulación de parámetros de valores máximos admisibles en aspectos microbiológicos, físicos y químicos del agua para consumo humano, así como la identificación de factores de riesgo en los componentes de los sistemas de abastecimiento de agua.

El sábado 27 de julio, alrededor de las 4 de la tarde, un camión cisterna de una empresa privada que transportaba 17.000 litros del fungicida Vondozeb 62, usado para eliminar hongos de las plantas se volcó en el límite entre Esparza y San Ramón, a la altura de Cambronero, provocando el derrame en una quebrada que drena en el río Barranca, ..., El AyA cerró la planta potabilizadora de Barranca, estaciones de bombeo y campos de pozos de Esparza y Punta-

renas, ... calculando que más de 101.000 personas, vecinas de las comunidades de La Gran Chacarita y Esparza están afectadas por la contaminación del agua para consumo humano y están recibiendo agua potable por medio de camiones cisternas del AyA. (García, 2024)

A agosto de 2024, el Ministerio de Salud ha inventariado 313 Sistemas de Agua Potable en Costa Rica, información que ha sido recopilada y gestionada sobre los acueductos y su infraestructura asociada en todo el país.

**Figura 7.** Sistemas Agua Potable en Costa Rica



Fuente: Ministerio de Salud, 2024

La sistematización ha permitido registrar detalladamente cada componente, desde tomas de agua superficiales hasta nacientes, pozos, tanques de almacenamiento, así como las líneas de conducción y sistemas de distribución.



Nacientes	Captaciones	Pozos	Tanques	Linéas
510	26	185	706	359

Fuente: Ministerio de Salud, 2024

Por lo tanto, proporciona una visión completa y actualizada de los recursos hídricos y la infraestructura de suministro de agua potable, facilitando así la toma de decisiones informadas y la gestión eficiente de estos sistemas cruciales para el bienestar y desarrollo de las comunidades costarricenses.

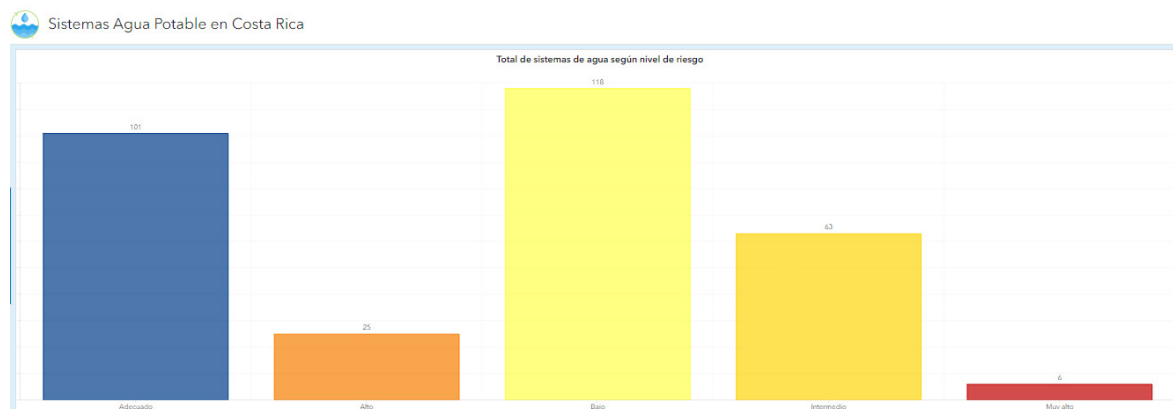
**Figura 8.** Infraestructura de suministro de agua potable



Fuente: ASADA San Rafael de Ojo de Agua, agosto de 2024.

Contar con registros de inspecciones actualizados, una adecuada identificación del riesgo y vulnerabilidad, aplicando la metodología de evaluación de riesgo sanitario conforme a las Guías de Inspección del Sistema Estandarizado de Regulación de la Salud (SERSA), nos ha permitido tener alcance y control sobre los niveles de riesgo de cada uno de los sistemas de agua potable, tomando las acciones administrativas correspondientes giradas a cada ente operador.

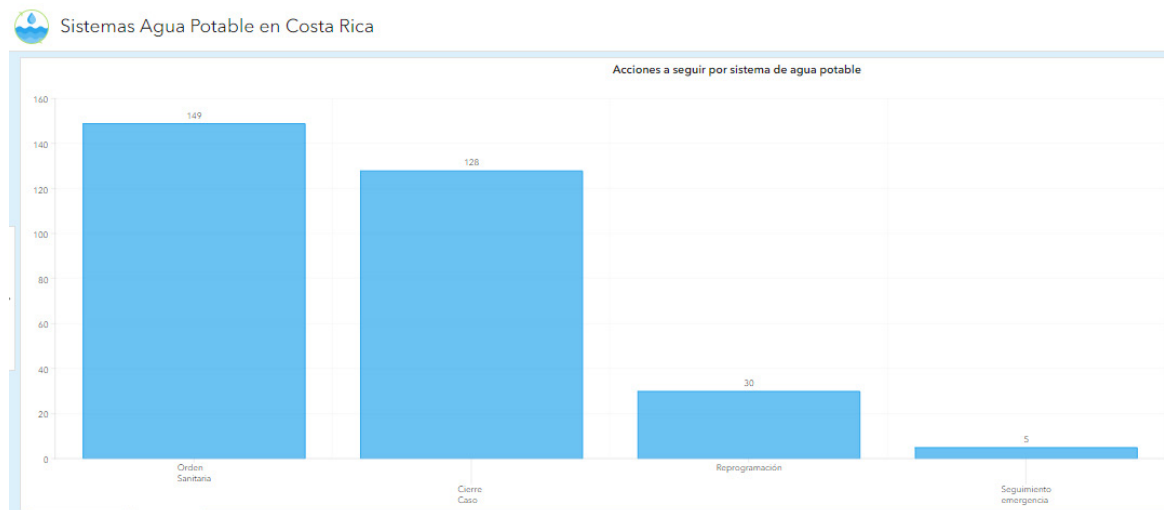
**Figura 9.** Totalidad de sistemas de agua según nivel de riesgo



Fuente: Ministerio de Salud, 2024

El análisis de riesgo a partir de la “Guía de Inspección para la calidad del agua potable SERSA”, sistematizada en ArcGIS®, le ha permitido al Ministerio de Salud registrar el estado de las diferentes estructuras (captaciones, conducciones, almacenamiento, distribución), del sistema de abastecimiento de agua potable y del entorno inmediato a las captaciones, comprendiendo la naturaleza de este, proporcionar las bases para su mitigación y tomar decisiones cuando se debe elegir entre distintos niveles de riesgo y alternativas de respuesta.

**Figura 10.** Acciones a seguir por sistema de agua potable



Fuente: Ministerio de Salud, 2024

Los resultados de las evaluaciones de riesgos permitieron planificar y priorizar de manera adecuada las medidas para prevenir las emergencias de salud, mitigarlas, detectarlas tempranamente, prepararse y estar operacionalmente listos para hacerles frente, responder y recuperarse.

# Evaluando el impacto de potenciales cambios en políticas de conservación de la cobertura del bosque sobre el comportamiento hidrológico de 605 subcuencas en Costa Rica

Esteban Montero-Sánchez <sup>1</sup>

Christian Birkel <sup>1</sup>

Saul Arciniega-Esparza <sup>2,1</sup>

Costa Rica

1. Escuela de Geografía, Observatorio del Agua y el Cambio Global, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

2. Departamento de Hidrogeología, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico City, México.

La pérdida acelerada de bosques en las regiones tropicales, debido a presiones como agricultura y la urbanización, modifican los regímenes hidrológicos a escalas locales. En este trabajo, simulamos los efectos en la hidrología de cuencas respecto a dos escenarios de deforestación al 20 y 50% de la cobertura boscosa y un escenario de aforestación al 15% para evaluar los posibles cambios en las políticas de conservación en comparación con la línea base actual en Costa Rica. Se utilizó el modelo HYPE para simular el caudal diario en 605 cuencas a lo largo de un gradiente climático, topográfico y geomorfológico. En general, las simulaciones dieron como resultado impactos significativos de la deforestación en los caudales medios, bajos y máximos y la evapotranspiración. Los escenarios de deforestación generaron caudales secos más severos y caudales máximos más altos. En contraste, el escenario de aumento de cobertura forestal mostró un efecto amortiguador en los caudales bajos y máximos. Nuestros resultados demuestran que la deforestación generó un aumento en la respuesta hidrológica extrema, mientras que la conservación y el aumento de los bosques aportan importantes servicios ecosistémicos de regulación hidrológica a nivel de cuenca, con potencial para reducir eventos secos y de inundaciones respecto de potenciales eventos climáticos extremos. Estos resultados pueden servir de insumo para analizar los efectos de cambios en las políticas públicas de conservación en el país en cuanto al aumento del riesgo hidrometeorológico en el país.

**Palabras clave:** cobertura boscosa, caudales, políticas públicas, riesgo a eventos extremos.

## Introducción

Predecir los efectos de los cambios en la cobertura del suelo sobre el ciclo hidrológico terrestre se está convirtiendo en una prioridad debido a los impactos combinados del cambio ambiental global (Brown et al., 2013). Los trópicos son las regiones que están experimentando cambios más rápidos en cuanto a la cobertura del suelo a nivel mundial, con impactos ambientales a gran escala (Song et al., 2018). En estas áreas, la expansión de la agricultura y la urbanización está modificando drásticamente el uso del suelo, con efectos directos en la alteración del ciclo del agua en los trópicos (Kayetesi, Guzha y Mariethoz, 2022). Además, los trópicos son frecuentemente afectados por eventos hidrometeorológicos extremos como sequías e inundaciones, lo que genera graves impactos en la vida humana y las acti-

vidades socioeconómicas (Quesada-Román y Villalobos-Chacón, 2020). Se espera que las sequías y las inundaciones en las regiones tropicales aumenten en magnitud y frecuencia debido al cambio climático, lo que podría incrementar la vulnerabilidad de las poblaciones (Hidalgo y Alfaro, 2012; Pörtner et al., 2022; Castellanos y Lemos, 2022).

Solo durante la década de 2000 a 2010, más de 7 millones de hectáreas de bosque tropical fueron reemplazadas por monocultivos agrícolas extensivos, pastizales y urbanizaciones (Lambin et al., 2010; Archad et al., 2014). Sin embargo, la mayoría de los países tropicales depende de los servicios ecosistémicos de los bosques para actividades económicas como la generación hidroeléctrica, la irrigación, el turismo y el suministro de agua potable (Mass et al., 2005; Brandon, 2014). Además, los bosques impulsan el ciclo hidrológico mediante el funcionamiento elemental de las plantas, que incluye la absorción de agua del suelo y la evapotranspiración hacia la atmósfera. Asimismo, la incorporación de materia orgánica a través de la caída de hojas aumenta la retención de humedad (Bruijnzeel, 2004). De igual manera, la materia orgánica en los suelos de los bosques previene la erosión y reduce el escurrimiento superficial (Paschalis et al., 2018). Por otro lado, la pérdida de cobertura forestal incrementa la erosión del suelo en los trópicos, creando persistentemente condiciones de suelos vulnerables a perturbaciones erosivas (Flores et al., 2020).

No obstante, cómo regulan los bosques el caudal estacional y a escala de eventos en las cuencas tropicales sigue siendo ambiguo y depende de la escala espacial, los regímenes hidrometeorológicos, las características físicas de las cuencas y la estructura del bosque (Zhang et al., 2017). La modelización hidrológica sigue siendo una herramienta prometedora para evaluar los impulsores e impactos a gran escala sobre el ciclo hidrológico bajo cambios en la cobertura del suelo y para el desarrollo de escenarios (Buechel et al., 2022). Las aplicaciones más extendidas de modelos utilizan modelos físicamente basados como SHE (Bathurst et al., 2018), JULES (Buechel et al., 2022; en el Reino Unido) y, más recientemente, ECH2Oiso (Neill et al., 2022). Sin embargo, dichos modelos físicamente basados también dependen de muchos parámetros determinados a través de la calibración, lo que aumenta la incertidumbre en las simulaciones del modelo (Beven et al., 2000). Además, la falta de información hidrológica en los trópicos limita los análisis de cambio de uso del suelo (Wohl et al., 2012; Krishnaswamy et al., 2018; Blöschl et al., 2007). Enfoques alternativos son los modelos conceptuales basados en procesos, pero más parsimoniosos, como HYPE (Arheimer et al., 2012), un modelo parametrizado con aplicaciones en cuencas no monitoreadas y para el desarrollo de escenarios (por ejemplo, Seibert et al., 2010; Birkel et al., 2012).

Costa Rica representa un caso particular en términos de política ambiental, donde una de las tasas de deforestación más altas entre 1950 y 1970 se detuvo progresivamente en los años ochenta y fue revertida por una prohibición de la deforestación en los años noventa, tras décadas de grave pérdida forestal (25% de cobertura forestal antes de 1950), lo que actualmente ha aumentado la cobertura forestal a alrededor del 52% (Rosero-Bixby y Palloni, 1998; Kleinn et al., 2002; Sánchez-Azofeifa, 2015). Una reciente política nacional de descarbonización propone aumentar la cobertura forestal a un mínimo del 60% con miras a una economía carbono cero (GR-MINAE, 2018). Por otro lado, la posibilidad de que las políticas de conservación se reviertan de manera negativa, permitiendo la reducción de la cobertura forestal es una posibilidad que ya ha sucedido en otros países como Brasil, durante el mandato del presidente Jair Bolsonaro. Por ende, resulta de relevancia saber cómo el potencial cambio de políticas de conservación puede afectar las dinámicas hidrológicas a nivel local y acentuar potenciales riesgos asociados a eventos hidrometeorológicos extremos.

Por tanto, los objetivos de esta investigación fueron: (1) utilizar el modelo HYPE para simular la respuesta hidrológica de cuencas costarricenses bajo escenarios de cobertura forestal, (2) analizar cómo

el gradiente climático, la reforestación y la deforestación impactan la evapotranspiración, la infiltración y los caudales bajos, medios y altos.

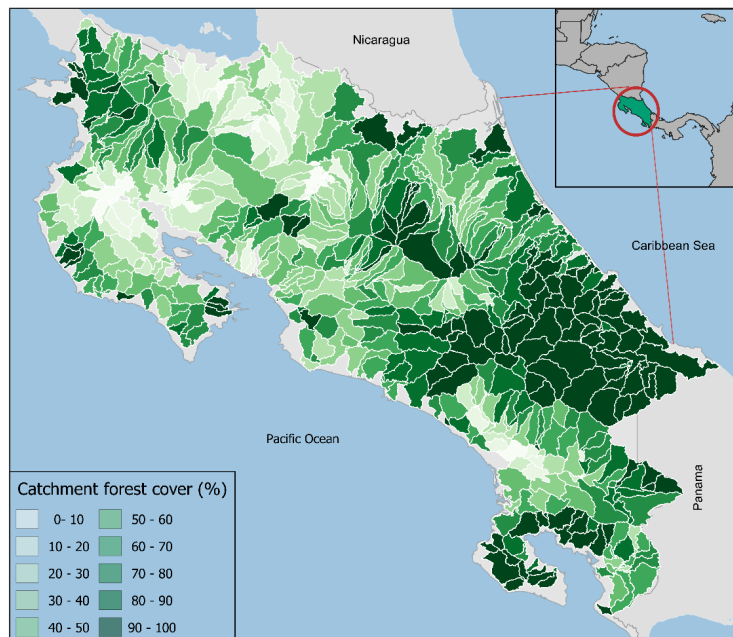
## Metodología

### 2.1 Área de estudio

El área de estudio se centra en el país tropical de Costa Rica, en América Central, con una superficie de ~51 000 km<sup>2</sup>. La elevación varía desde el nivel del mar hasta ~3 840 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) en una distancia horizontal relativamente corta de menos de 50 km, con una cordillera que divide el país en las cuencas de drenaje del Pacífico y del Caribe (Figura 11). Esta última influye en el clima y los patrones de precipitación debido a la proximidad a las importantes fuentes de humedad del Océano Pacífico y del Mar Caribe, respectivamente (Maldonado et al., 2013). La vertiente del Caribe experimenta mayor humedad que la vertiente del Pacífico, más estacional, marcada por una temporada seca y una lluviosa. Las tasas de precipitación media en la vertiente del Caribe varían desde 2 400 mm/año en las zonas más secas hasta 4,800 mm/año, con una temperatura media anual de 26 °C al nivel del mar. La vertiente del Pacífico exhibe un mayor gradiente de precipitación debido a su disposición geográfica, con precipitaciones que varían desde menos de 1,800 mm en el noroeste de Costa Rica hasta 4,800 mm/año en el suroeste. Además, el área montañosa central del país se caracteriza por una precipitación media anual de ~2,300 mm/año y una temperatura media anual de 20 °C (Solano y Villalobos, 2000).

El bosque cubre ~52% de Costa Rica, como producto de una destacada regeneración forestal, principalmente a partir de antiguas tierras de pastoreo (Kleinn et al., 2002). Se estimaba una cobertura forestal de ~25% en la década de 1970 (Kleinn et al., 2002). Esta cobertura forestal incluye una gran diversidad de ecosistemas, desde bosques secos hasta húmedos, y desde tierras bajas hasta bosques nubosos y páramos de alta elevación (Esquivel-Hernández et al., 2017). Al mismo tiempo, estos bosques interactúan con diferentes tipos de suelos originados tanto de geologías volcánicas como sedimentarias (Denyer y Kussmaul, 2012). Sin embargo, se espera que las nuevas estrategias de descarbonización alcancen más del 60% de cobertura forestal en las próximas décadas (DCC-MINAE, 2022). La conservación forestal a nivel de cuenca está regulada por ley, lo que ha resultado en la protección de la mayoría de las cuencas hidrográficas de cabecera (Figura 11).

**Figura 11.** Regional setting of Costa Rica with the delimited 605 catchments and their actual forest cover baseline from 2004 representative of the period from 2000 to 2019 in this study



Fuente: Bontemps et al., 2013. Images from 1993-2015

## 2.2 Fuentes de datos

Utilizamos los datos de precipitación para el periodo de 1981 a 2019 del producto CHIRPS (Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Satellite data v2) corregido por sesgo, usando 75 estaciones de precipitación obtenidas del Servicio Meteorológico Nacional (Arciniega et al., 2022). La temperatura media diaria fue obtenida del producto CPC Global Daily Temperature proporcionado por el NOAA/OAR/ESRL PSL (<https://psl.noaa.gov/>). Los tipos de suelo se derivaron de SoilGrids (Hengl et al., 2017) y fueron comparados con mapas de suelos a escala nacional. Además, con el fin de reducir el número de parámetros del modelo, solo se consideraron los cuatro tipos de suelo más frecuentes. Las clases de uso de suelo se obtuvieron de la Climate Change Initiative Land Cover (CCI LC) (Bontemps et al., 2013), que corresponde bien con las evaluaciones de cobertura forestal a escala nacional (FONAFIFO, 2012). Similar al procedimiento utilizado para los tipos de suelo, el uso de suelo fue reclasificado en las cuatro categorías más comunes (Figura 11), donde los usos de suelo predominantes fueron la cobertura arbórea (~65 %) y la cobertura de mosaico (~34%, que incluye arbustos, pastizales, vegetación escasa y cultivos). Una descripción detallada de cómo se preprocesaron los datos se muestra en Arciniega et al. (2022).

## 2.3 Configuración del modelo

Para la simulación, Costa Rica se dividió en 605 cuencas anidadas (Figura 11) utilizando el modelo de elevación de la Misión Radar Topográfica Shuttle de 30 m (SRTM) (Bamler, 1999) con las herramientas de análisis de terreno de SAGA GIS v.6.4 (Conrad et al., 2015). Las cuencas finales oscilaron entre 3 y 500 km<sup>2</sup> con un valor medio de 65 km<sup>2</sup>, con longitudes de río de 2.5 a 75 km y un valor medio de 15.2 km. Utilizamos la versión 5.9 del modelo Hydrological Predictions for the Environment (HYPE) (Lindström et al., 2010) y la configuración del modelo descrito por Arciniega et al. (2022) para simular la línea base de flujos hidrológicos.

## 2.4 Gradiente climático y estacionalidad del caudal

El gradiente climático se definió utilizando un índice de estacionalidad (Ecuación 1), compuesto por la variación delta del caudal medio mensual, y el caudal medio de la estación seca (de enero a abril), generado a partir de las simulaciones del modelo HYPE. Luego, los 605 índices de estacionalidad de las cuencas se clasificaron con el algoritmo de agrupamiento K-means del paquete de R “wssplot”, lo que resultó en 3 grupos significativos que maximizan la varianza total explicada por el soporte del agrupamiento mediante el “criterio del codo” en el gráfico (R Development Core Team, 2011).

### Ecuación 1.

$$S_{index} = \frac{\frac{\sum x_{1...x12}}{nx_{1...x12}} - \frac{\sum y_{1...y4}}{ny_{1...y4}}}{\frac{\sum x_{1...x12}}{nx_{1...x12}}}$$

$S_{index}$  = seasonality index

$x$  = monthly mean of 35 years for January (1) to December (12)

$y$  = monthly mean of 35 years for dry season January (1) to April (4)

$n$  = number of months (12 yearly and 4 for dry season)

## 2.5 Escenarios de cobertura del suelo

Se consideraron tres escenarios de cobertura del suelo para la simulación hidrológica: pérdida forestal del 20 y 50% y forestación del 15%. Estos escenarios se desarrollaron asumiendo un clima estacionario con las características de la calibración del modelo base para abordar lo siguiente:

i) Los escenarios de deforestación se utilizaron para explorar la respuesta hidrológica bajo el caso hipotético de un cambio drástico en la política del país que promoviera una agricultura industrial más generalizada. Aquí, se introdujeron reducciones forestales del 20 y 50% en el modelo a partir de la cobertura de suelo base propuesta por Arciniega et al. (2022), aumentando la cobertura de cultivos y reduciendo la cobertura forestal en los archivos de configuración.

ii) El escenario de forestación responde a los recientes objetivos de políticas de descarbonización (DCC-MINAE, 2022). En este escenario, se configuró un aumento del 15% en la cobertura forestal a expensas de una menor área disponible para la agricultura y el pastoreo. Esta configuración afectó solo a las cuencas con una cobertura forestal inferior al 100% de su área.

Los tres escenarios se utilizaron con HYPE para simular variables hidrológicas diarias desde 1985 hasta 2019, con el objetivo de capturar ciclos climáticos significativos para compararlos con el periodo base. Con fines de comparación, se calculó la variación delta respecto a los caudales base restando y dividiendo los escenarios de caudales por los valores del periodo base (Ecuación 2.). Se seleccionaron los cuantiles diarios de caudal del 10%, 50% y 90% como índices que brindan información sobre el posible efecto de los escenarios de cobertura forestal en caudales bajos, medianos y altos en todas las cuencas. Se aplicó un análisis similar para la evapotranspiración mensual. Además, se calcularon curvas de duración de caudales (FDC, por sus siglas en inglés) para visualizar la distribución completa de los caudales durante el periodo de simulación, y se seleccionaron seis cuencas representativas para una comparación más detallada. Las cuencas escogidas fueron los ríos Telire, Reventazón, San Carlos, Térraba, Tempisque y Bebedero. Las curvas de duración de caudales se calcularon utilizando el paquete de R HydroTSM (Zambrano-Bigiarini y Bellin, 2010). Todos los cálculos se efectuaron con el

software R versión 4.1.2 (equipo de desarrollo de R, 2014). La cartografía se procesó con el software QGIS versión 3.18.1.

## Ecuación 2.

Variación delta respecto a los caudales base, restando y dividiendo los escenarios de caudales por los valores del periodo base.

$$S_{\text{variation}} = \frac{Xb - Ys}{Xb}$$

$S_{\text{variation}}$  = streamflows variation

$Xb$  = monthly median of 35 years of the baseline land cover

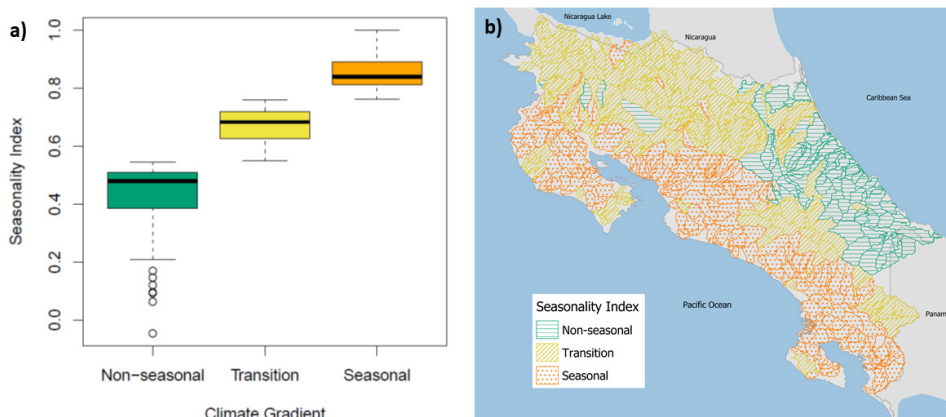
$Ys$  = monthly median of 35 years of the land cover scenarios

## Resultados

### 3.1 Caracterización del gradiente hidrometeorológico

Se identificaron tres clases hidrometeorológicas significativas (Figura 12a). El agrupamiento generado por IA, basado en el índice de estacionalidad, se evaluó como el mejor ajuste entre la suma de cuadrados dentro de los grupos y la suma total de cuadrados. Este resultado indicó una transición climática entre los climas tropicales estacionales y no estacionales bien conocidos en Costa Rica, ubicados principalmente a lo largo de la división continental de las pendientes del Pacífico y del Caribe (Figura 12b). Sin embargo, las cuencas de transición se extendieron hacia la región noroeste del país y representaron el grupo más grande, con 262 cuencas (43,3%). El segundo grupo más grande fue el de las cuencas estacionales, con 239 (39,5%), concentradas en la costa del Pacífico de norte a sur. Las cuencas no estacionales se ubicaron principalmente hacia la costa caribeña, con un número ligeramente menor de cuencas agrupadas.

**Figura 12** a) Diagramas de caja de los conglomerados hidrometeorológicos basados en la estacionalidad  
b) Clasificación del gradiente climático de las 605 cuencas modeladas.



## 3.2 Impactos del cambio de cobertura boscosa en los flujos de caudal

### 3.2.1 Impactos de los escenarios de cobertura forestal a lo largo del gradiente hidrometeorológico

Las simulaciones hidrológicas para los tres escenarios de cobertura forestal generaron señales consistentes entre los diferentes parámetros simulados. El caudal medio mostró una disminución del -7% en comparación con la línea base a nivel nacional en el escenario de forestación (Tabla 1). Además, la deforestación resultó en un aumento de la tendencia del caudal medio respecto a la línea base de alrededor del 12% para la deforestación moderada y una reducción del 30% para la deforestación severa. Considerando los caudales estacionales y de transición, se observaron valores medios más altos de alrededor del 11% para la deforestación severa y por encima del 20% para la deforestación dramática. Asimismo, las cuencas no estacionales mostraron ser más sensibles a los escenarios de deforestación en los caudales medios que las cuencas estacionales y de transición.

**Tabla 1.** Impactos del cambio de cobertura boscosa por cuenca y gradiente hidroclimático.

En paréntesis, las desviaciones estándar. Significancia estadística con 95% de intervalo de confianza es representada por asteriscos (t-student,  $p < 0.05$ )

	Línea base	+15%	-20%	-50%
<b>1.1 Cobertura boscosa (%) **</b>				
Estacional	53.7 (25)	67.4 (23)	34.8 (24)	1t3.8 (16)
Transición	60.5 (31)	72.7 (28)	42.3 (28)	20.6 (19)
No estacional	85.5 (16)	93.6 (11)	65.5 (16)	36.6 (14)
<b>1.2 Caudales medios (l/s/km<sup>2</sup>)</b>				
Estacional	885.1 (3172)	800.6* (2853)	988.8* (3543)	1106.1* (3954)
Transición	952.2 (3897)	887.3* (3672)	1055.0* (4328)	1170.4* (4851)
No estacional	1405.7 (7052)	1323.1 (6510)	1604.9* (8003)	1883.1* (9255)
<b>1.3 Caudales bajos (l/s/km<sup>2</sup>)</b>				
Estacional	146.1 (563)	166.2* (654)	121.51* (474)	88.35* (373)
Transición	224.1 (1073)	239.7* (1119)	196.3* (985)	153.05* (835)
No estacional	508.8 (2482)	498.14 (2422)	537 (2588)	563.30 (2716)
<b>1.4 Peak Flows (l/s/km<sup>2</sup>)</b>				
Estacional	3403.5 (12953)	3214.9* (12087)	3655.9* (14081)	3960.5* (15463)
Transición	3064.4 (12259)	2884.0* (11568)	3361.5* (13550)	3749.4* (15362)
No estacional	3243.4 (15228)	3154.0 (14690)	3463.0* (16212)	3790.7* (17663)
<b>1.5 Evapotranspiration (mm/month)</b>				
Estacional	130.5 (23.6)	141.9 (23.0)	115.7 (22.2)	99.3 (17.6)
Transición	181.16 (24.9)	188.0 (23.4)	164.3 (24.4)	137.4 (22.5)
No estacional	155.3 (27.1)	164.0 (26.1)	139.4 (24.3)	119.2 (18.2)

\*\*Debido a las especificidades de cada cuenca, no es posible aplicar de manera homogénea un valor específico de aumento o reducción de la cobertura forestal, por lo que los valores de la tabla responden a la mediana de la cobertura forestal después de procesos de manipulación, los cuales pueden no coincidir totalmente con la reducción propuesta.

Además, se observó una clara señal de cambio en los escenarios de forestación y deforestación tanto para los flujos altos como bajos a lo largo del gradiente climático (Tabla 1). Sin embargo, se encontraron efectos más fuertes de los cambios en la cobertura forestal en las cuencas estacionales, tanto para los escenarios de forestación como de deforestación. Los flujos bajos (Q90) mostraron los valores más bajos en las cuencas estacionales a lo largo del gradiente climático (Tabla 1.3), presentando grandes diferencias con las cuencas no estacionales en todos los escenarios. El escenario de disminución de la cobertura forestal genera valores decrecientes de flujo bajo para las cuencas estacionales y de transición en comparación con la línea base, pero valores crecientes para el escenario de forestación. Notoriamente, las cuencas no estacionales mostraron el efecto opuesto, donde el escenario de forestación generó una disminución en los flujos bajos (-2%) y valores crecientes para los escenarios de deforestación (14% severa y 34% drástica).

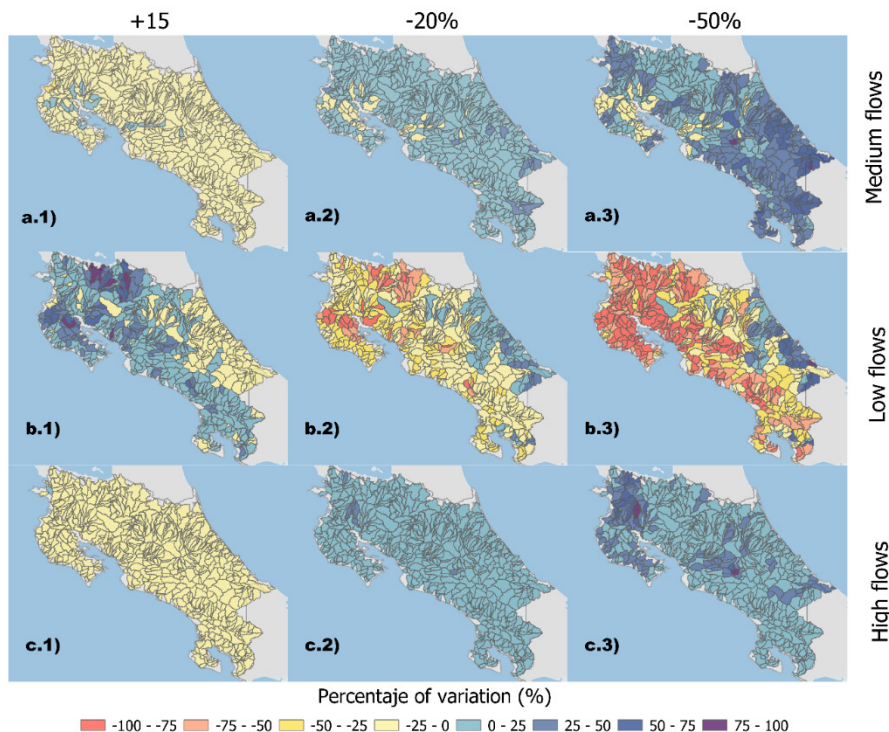
Los flujos máximos (Q10) aumentan progresivamente con los escenarios de deforestación y disminuyen en el escenario de forestación, mostrando la misma tendencia para todas las clasificaciones de cuencas (Tabla 1.2). Las magnitudes más fuertes en las cuencas estacionales y de transición para el escenario de forestación disminuyeron los flujos máximos en alrededor del 6% (~180 l/s/km<sup>2</sup>) y solo un 3% (89,4 l/s/km<sup>2</sup>) en las cuencas no estacionales. Por otro lado, los flujos máximos de las cuencas de transición aumentaron más del 22%, mientras que los flujos máximos de las cuencas estacionales y no estacionales aumentaron de manera similar en un 16% (~300 l/s/km<sup>2</sup>).

### **3.2.2 Patrones espaciales de caudal bajo los escenarios de cobertura forestal**

Encontramos patrones espaciales en relación con la agrupación hidrometeorológica y su cambio en la cobertura forestal. La variación delta del caudal medio mostró reducciones espaciales extendidas de hasta el 25% en todas las cuencas para el escenario de forestación, con algunas excepciones que presentaron aumentos en los caudales medios hacia la pendiente pacífica occidental. Por otro lado, los caudales medios en la pendiente del Caribe, con cuencas mayormente no estacionales, resultaron en reducciones relativamente pequeñas en comparación con la línea base en el escenario de deforestación, aunque hubo un fuerte aumento en la deforestación drástica de hasta el 25% a 50% (Figuras 3b.1, 2, 3).

El escenario de pérdida severa de bosque mostró aumentos en el caudal medio de alrededor del 5% al 10% en la mayoría de las cuencas. El aumento del caudal medio fue una tendencia general para las 605 cuencas, con algunas excepciones de disminución en cuencas ubicadas en el centro y suroeste de Costa Rica, como se indica en la figura 3.a.1. Sin embargo, el escenario de deforestación drástica generó mayores variaciones, especialmente aumentando los caudales medios entre el 50% y el 75% en las regiones del Caribe y sur del Pacífico, donde la cobertura forestal base presentaba altos valores de conservación. Al mismo tiempo, es interesante notar que un grupo de cuencas locales alrededor del Golfo de Nicoya disminuyeron su caudal medio con los escenarios de deforestación en contraste con la tendencia del resto de las cuencas (Figuras 3.a.2 y 3.a.3), lo cual está asociado con bajos porcentajes de cobertura forestal.

**Figura 13.** Cambios en la cobertura del suelo (+15, -10, -50% cobertura forestal) impactan en caudales medios, bajos y altos por cuenca respecto al periodo base. a1, b1 y c1 representan escenarios de forestación (incremento de bosque) mientras que a.1), a.2) y a.3). Progresivamente de a.1) a c.1) representan un incremento del 15% en el área forestal.

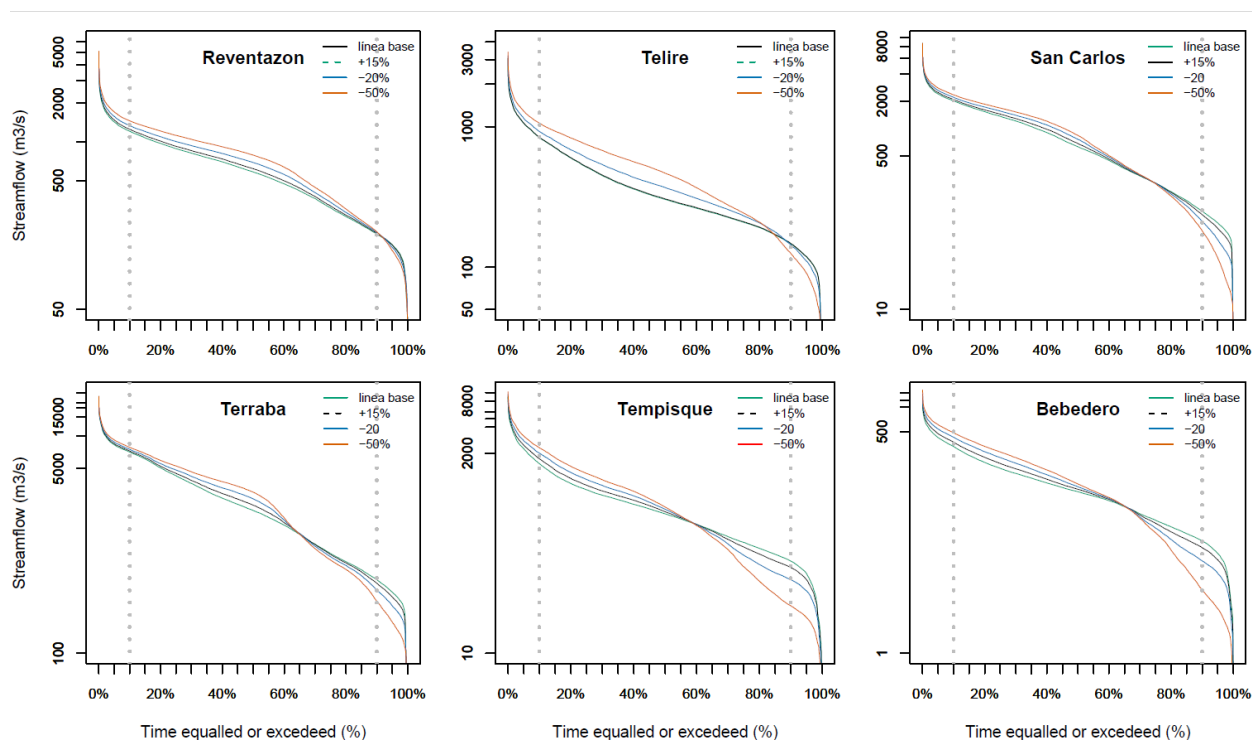


El escenario de forestación tuvo un efecto positivo de alrededor de un 5 a 10% de aumento relativo en los caudales bajos para las cuencas estacionales y de transición. Sin embargo, se observó una tendencia débil (0 a -25%) y no estadísticamente significativa ( $p > 0.05$ ) de disminución en los caudales bajos en las cuencas no estacionales en la pendiente del Caribe. Además, para el escenario de pérdida drástica del 50% de cobertura forestal, un alto número de cuencas estacionales mostró reducciones muy dramáticas de los caudales bajos, de hasta un 75 a 100% en relación con la línea base (Figura 3.b.3). Esto es especialmente relevante para las cuencas estacionales y de transición hacia el norte y oeste en la pendiente del Pacífico principalmente. De manera interesante, el escenario de deforestación drástica causó el efecto opuesto en las cuencas mayormente no estacionales del Caribe, generando aumentos entre el 25 y 50% en los caudales bajos (Figura 3.b.3).

Los caudales altos presentaron cambios espacialmente más moderados en comparación con los caudales bajos. Hubo un efecto negativo general de hasta un -25% sobre el conjunto completo de cuencas en el país para el escenario de forestación (Figura 3.c.1). Asimismo, el escenario de pérdida de cobertura forestal generó un patrón de aumento en los caudales altos en comparación con la línea base en el país. El escenario de pérdida del 50% de cobertura forestal mostró un aumento mayor de hasta un 50 a 75% en los caudales altos en muchas cuencas ubicadas en la pendiente occidental del Pacífico y el Golfo de Nicoya, incrementando las probabilidades de experimentar eventos de inundación (Figura 3.c.3).

Finalmente, las diferencias de las curvas de duración de caudales de las seis cuencas seleccionadas más grandes siguieron una tendencia similar, enfatizando que las pérdidas de cobertura forestal resultaron en una disminución de los caudales bajos y un aumento de los caudales medianos y altos (Figura 13). La pérdida de cobertura forestal generó picos más pronunciados de caudales altos y una pendiente más empinada hacia la cola de caudales bajos en comparación con la línea base, lo que significa que hay más probabilidades de respuestas extremas de caudales bajos y altos en casos de eventos hidrometeorológicos. Esta pendiente más pronunciada de la curva de duración de caudales fue más prominente en el escenario de deforestación drástica. Dicha tendencia fue particularmente marcada en las cuencas estacionales del Térraba, Bebedero y Tempisque. Esto coincide con la agrupación hidrometeorológica, pues se encontró que las cuencas estacionales de la pendiente del Pacífico experimentaban caudales bajos más pronunciados. Por otro lado, el aumento de la cobertura forestal se tradujo en una disminución de los caudales medianos y altos, mientras que los caudales bajos se mantuvieron cercanos a la línea base, lo que implica caudales bajos más altos en comparación con los escenarios de pérdida de cobertura forestal, evidenciando un efecto de suavización de la cobertura forestal (Figura 13).

**Figura 14.** Curvas de duración del flujo de cuencas de mayor importancia en el país



La variación en la forestación y la deforestación se manifestó con variaciones más dramáticas en los caudales medios y bajos, mientras que los caudales altos mostraron menores variaciones en comparación con la línea base. Los escenarios de deforestación tuvieron un efecto más evidente, reduciendo los caudales bajos en las cuencas estacionales de la región noroeste del país, que es parte de la vertiente del Pacífico y se extiende hacia el norte como parte del corredor seco de Centroamérica. La deforestación altera el ciclo hidrológico terrestre al disminuir la pérdida de agua por evapotranspiración, pero aumentando la escorrentía como consecuencia de la falta de protección del suelo, con la con-

secuente erosión y pérdida de las propiedades físicas del suelo para transportar agua a niveles más profundos (Bruijnzeel, 1990; Zhou et al., 2010; Hua et al., 2022). Esto es relevante para apoyar la gestión adaptativa del uso del suelo en el futuro, ante los escenarios esperados de cambio climático que pronostican, inequívocamente, una tendencia de aridificación para el corredor seco de Centroamérica (Hidalgo et al., 2013; Alfaro-Córdoba et al., 2020).

Por lo tanto, los intentos potenciales de reducir la cobertura forestal, por ejemplo, mediante la modificación de las políticas de conservación y regulación del uso del suelo a gran escala, se traducen claramente en mayores probabilidades de mínimos extremos de sequía o episodios de inundación a escala de cuenca, especialmente, bajo los complejos escenarios que plantea el cambio climático (Ramírez et al., 2017; Blöschl et al., 2017).

Además, el aumento de la deforestación puede afectar profundamente los flujos de energía, con repercusiones en la retroalimentación suelo-vegetación-atmósfera a nivel regional, como la disminución de la nubosidad y la reducción del reciclaje de humedad por parte de la vegetación en los bosques montañosos (Wohl et al., 2012). La alteración de la retroalimentación vegetación-atmósfera que conduce a la modificación de los ciclos hidrológicos ya ha sido documentada en el caso de la presencia de nubes en los ecosistemas de bosques nubosos en Costa Rica (Bruijnzeel et al., 2011). Por lo tanto, se puede esperar que tanto los periodos secos prolongados como los eventos de lluvias intensas empeoren desde múltiples direcciones, exacerbando los flujos extremos debido a la reducción de la cobertura forestal. Por ejemplo, evidencia de los bosques tropicales sugiere que el inicio de la temporada de lluvias se retrasa y los periodos secos aumentan en las regiones fuertemente deforestadas del Amazonas (Butt et al., 2011; Zemp et al., 2017; Leite-Filho et al., 2019).

## Conclusiones

Concluimos que los bosques tienen un efecto regulador hidrológico a lo largo de un gradiente hidrometeorológico tropical en Costa Rica, principalmente en la regulación de los caudales bajos en cuencas estacionales. Aunque el aumento de la cobertura forestal o arbórea incrementa las pérdidas por evapotranspiración, ocurren simultáneamente intercambios beneficiosos relevantes, como la protección contra la erosión del suelo, mejores propiedades hidráulicas del suelo, la retención de humedad y la mejora del transporte preferencial de agua en suelos profundos. Esta combinación favorece la desaceleración del escurrimiento durante los eventos de lluvia y la redistribución del agua desde la estación húmeda hacia la estación seca. El efecto es más pronunciado en paisajes degradados con menor cobertura forestal, donde los caudales bajos pueden aumentar hasta un 50% en comparación con sistemas previamente degradados. Las estrategias de forestación deben ser evaluadas cuidadosamente para cada caso específico.

Sin embargo, en general, tienen un gran potencial a mediano y largo plazo para la regulación hidrológica frente a futuros climáticos inciertos. Por otro lado, la disminución de la cobertura forestal aumenta de manera inequívoca las respuestas hidrológicas abruptas, exacerbando los picos de caudal y los caudales bajos, lo que incrementa el riesgo de eventos extremos de sequía e inundaciones. Por lo tanto, desaconsejamos cambios en las políticas públicas que reduzcan la cobertura forestal especialmente en cuencas estacionales.

## Referencias

- Alfaro-Córdoba, M., Hidalgo, H. G. y Alfaro, E. J. (2020). Aridity trends in Central America: A spatial correlation analysis. *Atmosphere*, 11(4), 427.
- Arciniega-Esparza, S., Birkel, C., Chavarría-Palma, A., Arheimer, B. y Breña-Naranjo, J. A. (2022). Remote sensing-aided rainfall-runoff modeling in the tropics of Costa Rica. *Hydrology and Earth System Sciences*, 26(4), 975-999.
- Arheimer, B., Dahné, J., Donnelly, C., Lindström, G. y Strömqvist, J. (2012). Water and nutrient simulations using the HYPE model for Sweden vs. the Baltic Sea basin—influence of input-data quality and scale. *Hydrology research*, 43(4), 315-329.
- Bamler, R. (1999). The SRTM Mission—a world-wide 30 m resolution DEM from SAR interferometry in 11 days. *Photogrammetric week 1999*, 145-154.
- Bathurst, J., Birkinshaw, S., Johnson, H., Kenny, A., Napier, A., Raven, S., ... y Stroud, R. (2018). Runoff, flood peaks and proportional response in a combined nested and paired forest plantation/peat grassland catchment. *Journal of Hydrology*, 564, 916-927.
- Beven, K. J. (2000). Uniqueness of place and process representations in hydrological modelling. *Hydrology and earth system sciences*, 4(2), 203-213.
- Birkel, C., Soulsby, C. y Tetzlaff, D. (2012). Modelling the impacts of land-cover change on streamflow dynamics of a tropical rainforest headwater catchment. *Hydrological Sciences Journal*, 57(8), 1543-1561.
- Blöschl, G., Ardoin-Bardin, S., Bonell, M., Dorninger, M., Goodrich, D., Gutknecht, D., ... y Szolgay, J. (2007). At what scales do climate variability and land cover change impact on flooding and low flows? *Hydrological Processes*, 21(9), 1241-1247.
- Bonell, M., Purandara, B. K., Venkatesh, B., Krishnaswamy, J., Acharya, H. A. K., Singh, U. V., ... y Chappell, N. (2010). The impact of forest use and reforestation on soil hydraulic conductivity in the Western Ghats of India: implications for surface and sub-surface hydrology. *Journal of Hydrology*, 391, 47–62. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol>.
- Bontemps, S., Defourny, P., Radoux, J., Van Bogaert, E., Lamarche, C., Achard, F., ... y Arino, O. (2013). Consistent global land cover maps for climate modelling communities: current achievements of the ESA's land cover CCI. In *Proceedings of the ESA living planet symposium, Edimburgh (Vol. 13, pp. 9-13)*. In: *ESA Living Planet Symposium*, <http://maps.elie.ucl.ac.be/CCI/viewer/index.php> (last access: May 2019)
- Bradshaw, C. J., Sodhi, N. S., Peh K. S. H. y Brook, B. W. (2007). Global evidence that deforestation amplifies flood risk and severity in the developing world. *Global Change Biology*, 13(11), 2379-2395.
- Brandon, K. (2014). Ecosystem services from tropical forests: review of current science. *Center for Global Development Working Paper*, (380).
- Brown, A. E., Western, A. W., McMahon, T. A. y Zhang, L. (2013). Impact of forest cover changes on annual streamflow and flow duration curves. *Journal of Hydrology*, 483, 39-50.
- Bruijnzeel, L. A. (1990). Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review. *Hydrology of moist tropical forests and effects of conversion: a state of knowledge review*.

- Bruijnzeel, L. A. (2004). Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees?. *Agriculture, ecosystema & environment*, 104(1), 185-228.
- Bruijnzeel, L. A., Mulligan, M. y Scatena, F. N. (2011). Hydrometeorology of tropical montane cloud forests: emerging patterns. *Hydrological Processes*, 25(3), 465-498.
- Buechel, M., Slater, L. & Dadson, S. (2022). Hydrological impact of widespread afforestation in Great Britain using a large ensemble of modelled scenarios. *Communications Earth & Environment*, 3, 6. <https://doi.org/10.1038/s43247-021-00334-0>
- Buechel, M., Slater, L. y Dadson, S. (2022). Hydrological impact of widespread afforestation in Great Britain using a large ensemble of modelled scenarios. *Communications Earth & Environment*, 3(1), 1-10.
- Butt, N., De Oliveira, P. A. y Costa, M. H. (2011). Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondonia, Brazil. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D11).
- Castellanos, E. J. y Lemos, M. F. (2022). IPCC Sixth Assessment Report (AR6): Climate Change 2022-Impacts, Adaptation and Vulnerability: Regional Factsheet Central and South America.
- Conrad, O., Bechtel, B., Bock, M., Dietrich, H., Fischer, E., Gerlitz, L., ... y Böhner, J. (2015). System for automated geoscientific analyses (SAGA) v. 2.1. 4. *Geoscientific Model Development*, 8(7), 1991-2007.
- Dehaspe, J., Birkel, C., Tetzlaff, D., Sánchez-Murillo, R., Durán-Quesada, A. M. y Soulsby, C. (2018). Spatially distributed tracer-aided modelling to explore water and isotope transport, storage and mixing in a pristine, humid tropical catchment. *Hydrological Processes*, 32(21), 3206-3224.
- Denyer, P. y Kussmaul, S. (2012). *Geología de Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Esquivel-Hernández, G., Sánchez-Murillo, R., Birkel, C., Good, S. P. y Boll, J. (2017). Hydroclimatic and ecohydrological resistance/resilience conditions across tropical biomes of Costa Rica. *Ecohydrology*, 10(6), e1860.
- Farley, K. A., Jobbágy, E. G. y Jackson, R. B. (2005). Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. *Global change biology*, 11(10), 1565-1576.
- Flores, B. M., Staal, A., Jakovac, C. C., Hirota, M., Holmgren, M. y Oliveira, R. S. (2020). Soil erosion as a resilience drain in disturbed tropical forests. *Plant and Soil*, 450 (1), 11-25.
- Gobierno de la República (GR) y Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), (2018). Plan Nacional de Descarbonización 2018–2050; Gobierno de Costa Rica.
- Hall, J., Scholl, M., Gorokhovich, Y. y Uriarte, M. (2022). Forest cover lessens the impact of drought on streamflow in Puerto Rico. *Hydrological Processes*, e14551.
- Hengl, T., Mendes de Jesús, J., Heuvelink, G. B., Ruiperez González, M., Kilibarda, M., Blagotić, A., ... & Kempen, B. (2017). SoilGrids250m: Global gridded soil information based on machine learning. *PLoS one*, 12(2), e0169748.
- Hidalgo, H. G. y Alfaro, E. J. (2012). Some physical and socio-economic aspects of climate change in Central America. *Progress in Physical Geography*, 36(3), 379-399.
- Hidalgo, H. G., Amador, J. A., Alfaro, E. J. y Quesada, B. (2013). Hydrological climate change projections for Central America. *Journal of Hydrology*, 495, 94-112.
- Hua, F., Bruijnzeel, L. A., Meli, P., Martin, P. A., Zhang, J., Nakagawa, S., ... y Balmford, A. (2022). The biodiversity and ecosystem service contributions and trade-offs of forest restoration approaches. *Science*, 376(6595), 839-844.

- Ilstedt, U., Bargués Tobella, A., Bazié, H. R., Bayala, J., Verbeeten, E., Nyberg, G., ... y Malmer, A. (2016). Intermediate tree cover can maximize groundwater recharge in the seasonally dry tropics. *Scientific reports*, 6(1), 1-12.
- Kayitesi, N. M., Guzha, A. C. y Mariethoz, G. (2022). Impacts of land use land cover change and climate change on river hydro-morphology-a review of research studies in tropical regions. *Journal of Hydrology*, 128702
- Kleinn, C., Corrales, L. y Morales, D. (2002). Forest area in Costa Rica: a comparative study of tropical forest cover estimates over time. *Environmental monitoring and assessment*, 73(1), 17-40.
- Krishnaswamy, J., Kelkar, N. y Birkel, C. (2018). Positive and neutral effects of forest cover on dry-season stream flow in Costa Rica identified from Bayesian regression models with informative prior distributions. *Hydrological Processes*, 32(24), 3604-3614.
- Lambin, E. F. y Meyfroidt, P. (2010). Land use transitions: Socio-ecological feedback versus socio-economic change. *Land use policy*, 27(2), 108-118.
- Lane, P. N., Best, A. E., Hickel, K. y Zhang, L. (2005). The response of flow duration curves to afforestation. *Journal of Hydrology*, 310(1-4), 253-265.
- Laurance, W. F. (2007). Forests and floods. *Nature*, 449(7161), 409-410.
- Leite-Filho, A. T., de Sousa Pontes, V. Y. y Costa, M. H. (2019). Effects of deforestation on the onset of the rainy season and the duration of dry spells in southern Amazonia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(10), 5268-5281.
- Lindström, G., Pers, C., Rosberg, J., Strömquist, J. y Arheimer, B. (2010). Development and testing of the HYPE (Hydrological Predictions for the Environment) water quality model for different spatial scales. *Hydrology research*, 41(3-4), 295-319.
- Maass, J. M., Balvanera, P., Castillo, A., Daily, G. C., Mooney, H. A., Ehrlich, P., ... y Sarukhán, J. (2005). Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and society*, 10(1).
- Maldonado, T., Alfaro, E., Fallas-López, B. y Alvarado, L. (2013). Seasonal prediction of extreme precipitation events and frequency of rainy days over Costa Rica, Central America, using Canonical Correlation Analysis. *Advances in Geosciences*, 33, 41-52.
- n, R. B. (2005). Effects of afforestation on water yield: a global synthesis with implications for policy. *Global change biology*, 11(10), 1565-1576.
- Nainar, A., Tanaka, N., Bidin, K., Annammala, K. V., Ewers, R. M., Reynolds, G. y Walsh, R. P. D. (2018). Hydrological dynamics of tropical streams on a gradient of land-use disturbance and recovery: a multi-catchment experiment. *Journal of Hydrology*, 566, 581-594.
- Neill, A. J., Birkel, C., Maneta, M. P., Tetzlaff, D., and Soulsby, C. (2021). Structural changes to forests during regeneration affect water flux partitioning, water ages and hydrological connectivity: Insights from tracer-aided ecohydrological modelling. *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 25, 4861-4886, <https://doi.org/10.5194/hess-25-4861-2021>, 2021
- Ochoa-Tocachi, B. F., Buytaert, W., Antiporta, J., Acosta, L., Bardales, J. D., Céleri, R., ... y De Bièvre, B. (2018). High-resolution hydrometeorological data from a network of headwater catchments in the tropical Andes. *Scientific data*, 5(1), 1-16.x

- Onda, Y., Gomi, T., Mizugaki, S., Nonoda, T. y Sidle, R. C. (2010). An overview of the field and modelling studies on the effects of forest devastation on flooding and environmental issues. *Hydrological Processes: An International Journal*, 24(5), 527 -534.
- Paschalis, A., Fatichi, S., Pappas, C. y Or, D. (2018). Covariation of vegetation and climate constrains present and future T/ET variability. *Environmental Research Letters*, 13(10), 104012.
- Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adler, C., Aldunce, P., Ali, E., ... & Fischlin, A. (2022). Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. IPCC Sixth Assessment Report.
- Quesada-Román, A. y Villalobos-Chacón, A. (2020). Flash flood impacts of Hurricane Otto and hydrometeorological risk mapping in Costa Rica. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 120(2), 142-155.
- Ramírez, B. H., Teuling, A. J., Ganzeveld, L., Hegger, Z. y Leemans, R. (2017). Tropical Montane Cloud Forests: Hydrometeorological variability in three neighboring catchments with different forest cover. *Journal of Hydrology*, 552, 151-167.
- Rosero-Bixby, L. y Palloni, A. (1998). Population and deforestation in Costa Rica. *Population and Environment*, 149-185.
- Sánchez-Azofeifa, A. (2015). Análisis de la cobertura forestal de Costa Rica entre 1960 y 2013. *Revista Ambientalico*, 253, 4-14.
- Schlesinger, W. H. y Jasechko, S. (2014). Transpiration in the global water cycle. *Agricultural and Forest Meteorology*, 189, 115-117.
- Schosinsky, G. y Losilla, M. (2000). Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. *Revista Geológica de América Central*, (23).
- Seibert, J. y McDonnell, J. J. (2013). Gauging the ungauged basin: relative value of soft and hard data. *J. Hydrol. Eng.*, 20(1), A4014004.
- Solano, J. y Villalobos, R. (2000). Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional. [www.imn.ac.cr](http://www.imn.ac.cr).
- Song, X. P., Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V., Tyukavina, A., Vermote, E. F. y Townshend, J. R. (2018). Global land change from 1982 to 2016. *Nature*, 560(7720), 639-643.
- Staal, A., Flores, B. M., Aguiar, A. P. D., Bosmans, J. H., Fetzer, I. y Tuinenburg, O. A. (2020). Feedback between drought and deforestation in the Amazon. *Environmental Research Letters*, 15(4), 044024.
- van Meerveld, H. J., Zhang, J., Tripoli, R. y Bruijnzeel, L. A. (2019). Effects of reforestation of a degraded Imperata grassland on dominant flow pathways and streamflow responses in Leyte, the Philippines. *Water Resources Research*, 55(5), 4128-4148.
- Wang, L., Good, S. P. y Caylor, K. K. (2014). Global synthesis of vegetation control on evapotranspiration partitioning. *Geophysical Research Letters*, 41(19), 6753-6757.
- Wei, X., Li, Q., Zhang, M., Giles-Hansen, K., Liu, W., Fan, H., ... y Liu, S. (2018). Vegetation cover—another dominant factor in determining global water resources in forested regions. *Global change biology*, 24(2), 786-795.
- Wohl, E., Barros, A., Brunzell, N., Chappell, N. A., Coe, M., Giambelluca, T., ... y Ogden, F. (2012). The hydrology of the humid tropics. *Nature Climate Change*, 2(9), 655-662.

- Xue, B., Wang, G., Helman, D., Sun, G., Tao, S., Liu, T., ... y Xiao, J. (2022). Divergent hydrological responses to forest expansion in dry and wet basins of China: Implications for future afforestation planning. *Water Resources Research*, e2021WR031856.
- Zambrano-Bigiarini, M. y Bellin, A. (2010). R: a statistical environment for hydrological analysis. *Geophysical Research Abstracts*, Country, 12.
- Zemp, D. C., Schleussner, C. F., Barbosa, H. y Rammig, A. (2017). Deforestation effects on Amazon forest resilience. *Geophysical Research Letters*, 44(12), 6182-6190.
- Zhang, M., Liu, N., Harper, R., Li, Q., Liu, K., Wei, X., ... y Liu, S. (2017). A global review on hydrological responses to forest change across multiple spatial scales: Importance of scale, climate, forest type and hydrological regime. *Journal of Hydrology*, 546, 44-59.
- Zhou, G., Wei, X., Chen, X., Zhou, P., Liu, X., Xiao, Y., ... y Su, Y. (2015). Global pattern for the effect of climate and land cover on water yield. *Nature communications*, 6(1), 1-9.
- Zhou, G., Wei, X., Luo, Y., Zhang, M., Li, Y., Qiao, Y., ... y Wang, C. (2010). Forest recovery and river discharge at the regional scale of Guangdong Province, China. *Water Resources Research*, 46(9).

# Evaluación del riesgo en la Ruta Nacional N. ° 4, Corredor Logístico Noratlántico de Costa Rica.

**Paulo Ruiz**  
**Arelis Méndez**  
**Rodrigo Barrantes**  
**Fabio Piedra**  
**Diana Granados**  
**Roy Barrantes**  
Costa Rica  
Universidad de Costa Rica

Se aplica la metodología planteada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) para la evaluación de perfil del riesgo de infraestructura, con el objetivo de crear un insumo que mejore la gestión del riesgo con propuestas de medidas de mitigación y propiciando la resiliencia en puntos críticos y ante amenazas naturales específicas. Se aplica en la Ruta Nacional N. °4 (RN4), un corredor logístico crucial que conecta la frontera norte con los puertos del Caribe. La metodología del BID incluye seis fases que han sido modificadas y mejoradas en este trabajo: 1. Recopilación bibliográfica con datos del IMN, CONAVI, CNE, RSN-UCR, etc; 2. Caracterización de las amenazas (lahares, inundaciones, deslizamientos y terremotos); 3. Caracterización de la población y activos viales expuestos mediante inventarios y trabajo de campo; 4. Determinación de la exposición y vulnerabilidad para cada amenaza; 5. Evaluación del riesgo (de forma cualitativa mediante matrices del riesgo para cada amenaza), y 6. Propuestas de recomendaciones para mitigar y disminuir el riesgo. Con datos recopilados en el campo y SIG, se generaron mapas temáticos para cada amenaza. Para las fases tres y cuatro, se incorporó un análisis cuantitativo de la densidad poblacional a lo largo de la RN4, mediante el uso de la base de datos de META, caracterizando mejor la exposición y vulnerabilidad de las personas. Los resultados preliminares destacan que el sector donde la RN4 pasa por Upala es altamente propenso a inundaciones, el puente del río Chirripó a lahares, y el sector de Monterrey presenta la susceptibilidad más elevada a deslizamientos. La actividad sísmica recurrente en la zona norte, combinada con la variabilidad climática debido al calentamiento global antrópico, puede causar una concatenación de amenazas que agravarían los impactos en la RN4 especialmente aquellos sitios que presentan una alta densidad de población, como Pital de San Carlos, Puerto Viejo de Sarapiquí, entre otros.

**Palabras clave:** carreteras, amenazas, vulnerabilidad, riesgo.

## Introducción

La evaluación del riesgo de infraestructura vial en corredores logísticos estratégicos es fundamental para la seguridad, la continuidad del servicio de transporte y el desarrollo socioeconómico de las regiones que conectan. En países como Costa Rica, donde la geografía montañosa, los procesos de geodinámica externa y las amenazas hidrometeorológicas recurrentes plantean desafíos constantes,

1: Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica

2: Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, LANAMME-UCR

3: Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica

por lo que contar con herramientas que permitan la identificación y mitigación de riesgos en la red vial es crucial. La Ruta Nacional N. ° 4 (RN4), que une la frontera norte con los puertos del Caribe, es un ejemplo claro de un corredor logístico vital que está expuesta a múltiples amenazas naturales, como deslizamientos, inundaciones, terremotos y lahares. Este tipo de estudios contribuye a fortalecer la resiliencia de infraestructuras críticas, garantizando la integridad de las vías y, en consecuencia, la seguridad de las poblaciones que dependen de ellas.

El presente trabajo aplica y adapta la metodología de perfil de riesgo de infraestructura planteada por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), orientada a mejorar la gestión del riesgo en la RN4. La importancia de este enfoque radica en su capacidad para identificar puntos críticos a lo largo de este corredor, proponer medidas de mitigación y promover la resiliencia en áreas clave afectadas por diversas amenazas naturales.

## Metodología

La metodología utilizada para evaluar el perfil de riesgo de infraestructura en la Ruta Nacional N. ° 4 se basa en la propuesta del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que ha sido adaptada y mejorada para este proyecto específico. A través de seis fases interrelacionadas, este enfoque permite una comprensión integral de las amenazas naturales, la exposición y la vulnerabilidad de los activos viales y la población a lo largo del corredor logístico. A continuación, se describen en detalle los pasos seguidos en el desarrollo del estudio:

1. **Recopilación bibliográfica y de datos históricos:** en esta fase inicial, se realizó una revisión exhaustiva de información relevante sobre la RN4 y las amenazas naturales presentes en la región. Los datos provinieron de diversas fuentes nacionales como el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI), la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) y la Red Sismológica Nacional de la Universidad de Costa Rica (RSN-UCR). También, se integraron datos históricos de eventos como sismos, deslizamientos, lahares y registros de inundaciones previas en la zona. Esto permitió contextualizar el área de estudio y obtener una base sólida de conocimiento sobre los riesgos potenciales.
2. **Caracterización de las amenazas:** se llevó a cabo una evaluación detallada de las amenazas naturales que afectan la RN4, enfocándose en los procesos más comunes y peligrosos, como los lahares, las inundaciones, los deslizamientos y los terremotos. Este análisis se realizó utilizando datos históricos y modelos predictivos basados en la actividad sísmica de la zona norte, los registros pluviométricos y la evolución climática. Además, se consideraron las condiciones geológicas del terreno para identificar áreas propensas a movimientos de tierra y el impacto de eventos climáticos extremos agravados por el cambio climático.
3. **Caracterización de la población y activos expuestos:** en esta fase se llevó a cabo un inventario detallado de los activos viales (puentes, carreteras, taludes) y la población expuesta, utilizando tanto trabajos de campo como bases de datos nacionales como, por ejemplo, la del CONAVI SAEP para la caracterización de los puentes. Durante las giras de campo, se recolectaron datos de alta precisión sobre el estado de la infraestructura, complementados con información satelital y fotogrametría obtenida mediante vuelos con drones. Para caracterizar mejor la exposición poblacional, se incorporó un análisis cuantitativo a partir de la base de datos de META. Basados en los datos poblacionales de META, la información de carreteras de OpenStreetMap y de LanammeUCR, se tomó la RN4 como punto de partida para el análisis. Se creó un buffer de 5 km de radio a cada

lado de la ruta, utilizando Python como lenguaje de programación. Este buffer interseca los datos de población y la ruta, de forma que abarca toda la población que se encuentre dentro de dicho radio a lo largo de la RN4. Este trabajo permitió identificar densidades poblacionales en diferentes puntos críticos de la ruta, especialmente en zonas urbanas como Upala y Pital de San Carlos. Cada punto resultante proporciona información sobre sus coordenadas geográficas, el área Km<sup>2</sup> que abarca la medición y la densidad poblacional de esa área. De esta manera, se identifican las zonas con mayor densidad de población a lo largo de la ruta.

4. Determinación de la exposición y vulnerabilidad: en esta etapa, se evaluó la vulnerabilidad tanto de la infraestructura vial como de las comunidades cercanas. Este análisis combinó técnicas de georreferenciación en Sistemas de Información Geográfica (SIG) y modelado geoespacial para estimar el grado de exposición de los activos viales y la población ante las amenazas identificadas. A partir de este análisis, se generaron mapas temáticos que muestran áreas con mayor susceptibilidad a desastres, como el tramo afectado por lahares cerca del río Chirripó o las áreas propensas a deslizamientos en Monterrey.
5. Evaluación del riesgo: la evaluación del riesgo se realizó mediante matrices cualitativas que cruzan la probabilidad de ocurrencia de las amenazas con el nivel de exposición y vulnerabilidad determinado en fases anteriores. Estas matrices permitieron clasificar el riesgo en diferentes niveles (alto, medio, bajo) para cada amenaza en puntos específicos a lo largo de la RN4. Se identificaron sitios críticos, como el sector de Upala, donde la vulnerabilidad a inundaciones es alta, y el puente sobre el río Chirripó, en riesgo de ser afectado por lahares.
6. Propuestas de mitigación y recomendaciones: finalmente, se elaboraron una serie de propuestas orientadas a mitigar los riesgos identificados y fortalecer la resiliencia del corredor vial. Estas medidas incluyen tanto intervenciones físicas (mejoramiento de taludes, drenajes y puentes) como recomendaciones de políticas públicas para integrar la gestión de riesgos en la planificación de infraestructura. Las propuestas fueron formuladas con un enfoque sostenible, teniendo en cuenta no solo las amenazas actuales, sino también los posibles escenarios futuros asociados al cambio climático.

Este enfoque integral, basado en la recopilación de datos, la caracterización precisa de las amenazas y la utilización de herramientas avanzadas de análisis geoespacial, permite generar insumos valiosos para mejorar la gestión del riesgo y garantizar la continuidad y seguridad de la infraestructura vial en la RN4.

## Resultados preliminares y discusión

Los resultados preliminares de la investigación sobre la Ruta Nacional N.º 4 (RN4) han permitido identificar varios factores clave que afectan tanto la infraestructura vial como el desarrollo económico de Costa Rica. A continuación, se presentan los hallazgos más importantes hasta el momento.

La RN4 ha sido impactada en el pasado por eventos naturales como inundaciones, lahares y deslizamientos. Estos eventos han interrumpido el tráfico y afectado gravemente la infraestructura en diversos puntos críticos de la ruta. Este hallazgo refuerza la importancia de evaluar la vulnerabilidad actual de la RN4 para prevenir y mitigar futuros desastres.

Aunque la RN4 aún no ha sufrido un impacto directo por sismos fuertes, su ubicación en una zona de alta actividad sísmica representa una amenaza considerable. Esto subraya la necesidad de incluir

medidas de refuerzo sísmico en la infraestructura vial para prepararse ante posibles eventos futuros; lo cual sugiere la importancia de una planificación a largo plazo que considere eventos sísmicos en las estrategias de resiliencia.

A partir de los datos encontrados en CONAVI-SAEP y LanammeUCR, se ha generado una base de datos en la que se evaluaron 10 indicadores de la vulnerabilidad de los 61 puentes existentes en la RN4, evaluando aspectos estructurales, funcionales, de exposición y económicos. Algo relevante de esos datos es el indicador de condición del estado del puente de acuerdo con evaluaciones. En este aspecto, se ha identificado que varios puentes a lo largo de la RN4 están en mal estado debido a años de mantenimiento insuficiente. Aunque algunos de estos puentes son relativamente pequeños, su colapso podría detener el flujo de mercancías clave, como la piña de exportación, que es uno de los principales productos agrícolas de Costa Rica. La RN4 es un corredor logístico crucial para la economía del país, y cualquier interrupción prolongada en su funcionamiento podría tener consecuencias negativas para las exportaciones y la actividad económica local. Estos hallazgos apuntan a la necesidad de priorizar el mantenimiento y refuerzo de puentes pequeños pero críticos; a pesar de que su reparación no implicaría un costo financiero elevado, la interrupción del tránsito podría generar un impacto económico significativo.

La RN4 atraviesa una región clave para la producción de piña, un sector que depende en gran medida de esta ruta para el transporte de mercancías hacia los puertos de exportación. Si algunos de los puentes vulnerables fallaran, se podrían generar retrasos en la exportación de este producto, afectando la competitividad del país en el mercado internacional. Existe una interrelación entre infraestructura vial y desarrollo económico. La resiliencia vial es esencial no solo para la seguridad pública, sino también para el sostenimiento económico en sectores estratégicos.

Los resultados preliminares que hemos obtenido refuerzan la necesidad de implementar medidas inmediatas de mitigación y mantenimiento preventivo en la RN4, especialmente en los puentes y zonas vulnerables a las amenazas naturales evaluadas. También, sugieren que una mayor inversión en la resiliencia de la infraestructura vial podría tener un retorno significativo en términos de evitar interrupciones en la cadena de suministro de productos exportables.

Aquí vemos la importancia de un enfoque holístico en la evaluación del riesgo de infraestructura. Este enfoque no solo debe abordar las amenazas naturales, sino también la interacción entre infraestructura y la actividad económica, enfatizando que los impactos no se limitan a lo físico, sino que abarcan aspectos económicos, sociales y estratégicos.

## Conclusiones y recomendaciones

La Ruta Nacional N.º 4 ha sido históricamente impactada por diversas amenazas naturales, como inundaciones, lahares y deslizamientos, y se encuentra en una zona de riesgo sísmico. Aquí se muestra que la infraestructura crítica, particularmente puentes y tramos en sectores clave, está en condiciones vulnerables debido al deterioro y la falta de mantenimiento adecuado. La RN4 es un corredor logístico esencial para la economía de Costa Rica, especialmente en la exportación de productos. El colapso de infraestructura, aunque de bajo costo financiero de reparación, podría generar una interrupción significativa en el transporte de mercancías, con impactos negativos para la economía nacional. En el contexto actual, existe la posibilidad de que múltiples amenazas naturales se concatenen, como sismos que desencadenen deslizamientos, o sismos combinados con lluvias intensas que activen lahares. Estos eventos podrían verse agravados por la creciente variabilidad climática y el incremento en

la frecuencia, intensidad y duración de lluvias debido al calentamiento global antrópico. Este proceso aumenta el riesgo de eventos catastróficos con efectos en cadena, amplificando el impacto sobre la infraestructura vial.

Se debe implementar un programa de mantenimiento integral para la infraestructura crítica de la RN4, priorizando el refuerzo de puentes y tramos vulnerables. Este programa debe incluir evaluaciones periódicas y mejoras en las estructuras para hacer frente tanto a amenazas naturales conocidas como a eventos de concatenación que podrían surgir.

La gestión del riesgo debe adaptarse a la realidad de la concatenación de amenazas. Es vital que las intervenciones no se limiten a soluciones para eventos aislados, sino que se consideren escenarios en los cuales se combinen sismos, deslizamientos y lahares en el mismo periodo, exacerbados por las condiciones climáticas extremas. Esto implica mejorar los sistemas de monitoreo y alarma temprana en zonas críticas como el puente sobre el río Chirripó y sectores propensos a deslizamientos en Monterrey.

Dada la influencia del calentamiento global antrópico en la frecuencia e intensidad de eventos hidrometeorológicos, se recomienda incorporar medidas de adaptación al cambio climático en la gestión de infraestructura vial. Estas medidas incluyen la mejora de sistemas de drenaje en áreas propensas a inundaciones, la construcción de taludes más resistentes a la erosión por lluvias intensas, y la implementación de barreras naturales o artificiales que puedan mitigar los efectos de lahares.

La RN4 debe ser vista como una pieza clave dentro de la red económica del país. Se recomienda establecer rutas alternas o provisionales para minimizar las interrupciones en el transporte de productos esenciales en caso de colapso de puentes o cortes en la vía. Además, se deben diseñar soluciones que reduzcan el tiempo de inactividad en caso de desastres, para proteger la competitividad de los sectores agrícolas y logísticos.

La creación de un sistema de monitoreo continuo es esencial para predecir y gestionar eventos de concatenación. Este debería incluir sensores sísmicos, pluviométricos y sistemas de alerta de deslizamientos y lahares, que permitan una respuesta rápida y coordinada ante situaciones de emergencia. La integración de los riesgos múltiples y la variabilidad climática en la planificación de infraestructura vial es crucial para mejorar la resiliencia de corredores logísticos tan estratégicos como la RN4. El refuerzo preventivo y la adaptación al cambio climático deben ser elementos clave en las futuras intervenciones, asegurando que la infraestructura esté preparada para enfrentar amenazas complejas y en rápida evolución.

# Rutas hacia la incorporación del cambio climático en la precipitación de diseño en Costa Rica

Ing. Roberto Villalobos Herrera, Ph. D.<sup>1,2</sup>

Costa Rica

1. Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica

2. Centro de Investigaciones y Estudios en Desarrollo Sostenible (CIEDES),  
Universidad de Costa Rica

## Resumen

El cambio climático ha generado variaciones en la intensidad y frecuencia de los extremos de precipitación, y se espera que el calentamiento futuro ocasione precipitación extrema cada vez más intensa. A pesar de ello, Costa Rica no ha adoptado ninguna metodología para incorporar la variabilidad de la precipitación debida al cambio climático en los análisis hidrológicos necesarios para el diseño de infraestructura como puentes, drenajes urbanos, y obras de gestión de crecientes.

En esta ponencia, se presenta una revisión bibliográfica de diferentes metodologías adoptadas a nivel internacional para incorporar los efectos esperados del cambio climático en el análisis hidrológico y se discuten sus ventajas y desventajas, además de su grado de aplicabilidad para Costa Rica y otros países de la región. Las metodologías analizadas se segregan en dos categorías: aquellas que se basan en modelado del clima futuro, y las que se basan en razonamientos físicos y tendencias observadas.

Una comparación de la información y recursos requeridos para aplicar estas metodologías indica que el uso de razonamientos físicos y el análisis de tendencias es practicable en Costa Rica, y puede generar una herramienta útil para generar diseños robustos ante cambios futuros del clima.

**Palabras clave:** cambio climático, hidrología, inundaciones, diseño, precipitación extrema.

## Introducción

Los extremos de precipitación y otros fenómenos hidrometeorológicos son los causantes de gran cantidad de impactos y amenazas como inundaciones fluviales y pluviales que tienen un gran costo social y económico en Costa Rica (MIDEPLAN, 2019). Estos extremos han sido afectados por el cambio climático antropogénico, con cambios en aspectos como su intensidad, su duración, y su extensión (Wasko et al., 2021; Ali et al., 2018, 2021; Fowler et al., 2021; IPCC, 2021).

El diseño de infraestructura, como vías, puentes, alcantarillados, diques y otros, además de la necesidad de cuantificar el riesgo de inundación, requiere como insumo datos sobre la precipitación esperada durante eventos extremos. En el presente, no existe una metodología claramente definida para estimar la magnitud de la precipitación extrema en Costa Rica, y distintos consultores en hidráulica e hidrología tienen libertad para utilizar los métodos que consideren adecuados, dentro de los lineamientos generales establecidos por el MOPT, el CONAVI y las municipalidades, además, no existe ningún método concreto para incorporar el efecto del cambio climático sobre los extremos de precipitación.

Esta situación es contraria a la que se presenta en la mayoría de países en desarrollo, donde, como mínimo, existe un método de análisis de frecuencia definido para la precipitación extrema (Svensson y Jones, 2010); otros países como el Reino Unido (Chan et al., 2022) y Australia (Wasko et al., 2024) cuentan, también, con métodos para incorporar el efecto del cambio climático en la precipitación extrema. Ante el vacío en este tema a nivel nacional, esta ponencia explora los distintos métodos empleados internacionalmente para incorporar la variable del cambio climático en el proceso de estimación de precipitación de diseño, como paso inicial para definir un método válido para Costa Rica.

## Metodología

Se realizó una revisión bibliográfica de artículos en revistas indexadas en idioma inglés, y una búsqueda más general utilizando buscadores web. Las palabras claves utilizadas fueron:

*Climate change, design rainfall, climate change allowance, temperature scaling, extreme rainfall, scaling factor.*

De forma adicional, se contactó por correo electrónico y mediante videollamada a algunos autores mencionados para obtener referencias adicionales y opiniones relevantes al tema. Una limitación de estos métodos es que pueden existir metodologías redactadas en idiomas distintos del inglés o el español que no se considerarán aquí.

## Resultados

La literatura muestra que, en general, hay dos métodos utilizados para incorporar de forma directa la variable de cambio climático en las estimaciones de precipitación de diseño. El primero corresponde al uso de **factores de cambio** (DACGER y JICA, 2014; Dale et al., 2015; Wasko et al., 2021; Chan et al., 2021; Griffin et al., 2022; Chan et al., 2022), en el cual las estimaciones efectuadas con datos observados se multiplican por un factor para obtener el valor esperado para un clima futuro. Estos factores pueden ser constantes, como en El Salvador, donde se recomienda un aumento de 30 a 40 % en las intensidades de lluvia utilizadas para el diseño de puentes (DACGER y JICA, 2014), o variables, en función de la duración y el periodo de retorno de la precipitación, por ejemplo, como el Reino Unido (Chan et al., 2022).

Estos factores de cambio se suelen calcular mediante el uso de proyecciones de clima futuro. Esencialmente, se utilizan modelos de circulación global (GCMs) o regional (RCMs) para proyectar las condiciones futuras del clima y se compara la precipitación extrema futura con la observada. La diferencia proporcional o porcentual corresponde al factor de cambio requerido para ajustar la precipitación actual a un futuro con precipitación más extrema (Dale et al., 2015; Chan et al., 2022).

La calidad de la estimación de los factores de cambio depende, principalmente, de dos factores. La resolución espacial del modelo climático utilizado controla la capacidad de representar de forma adecuada procesos de convección claves para simular eventos de precipitación de corta duración (Kendon et al., 2017), y la cantidad de corridas limita la capacidad de representar la variabilidad de las estimaciones (Chan et al., 2021; Kendon et al., 2021).

Una lista de países que incorporan factores de cambio en su proceso de estimación de precipitación de diseño se encuentra en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Países con factores de cambio de precipitación por cambio climático.

País o jurisdicción	Factor de cálculo	¿Considera variabilidad espacial?	¿Consideran la incertidumbre de estimación?	¿Consideran el periodo de retorno?
Bélgica	Variable, basado en proyecciones climáticas con reducción de escala	No	Sí	Sí
Dinamarca		No	Sí	Sí
El Salvador	+30-40%, adaptado de lineamientos en otros países	No	No	Sí
Irlanda del Norte	+20%, basado en proyecciones climáticas con reducción de escala	No	No	No
Noruega	0, +20, +40%, basado en proyecciones climáticas con reducción de escala	Sí, según cuenca	No	No
Nueva Zelanda	Variable, basado en proyecciones climáticas con reducción de escala	Sí	No	Sí
Reino Unido		Sí	Sí	Sí
Suecia		No	Sí	No
Vietnam		No	Sí	Sí

*Adaptado de Wasko et al., 2021*

El segundo método para incorporar el cambio climático en precipitación de diseño es el uso de **factores de escala**, estos son factores de aumento porcentual que representan el aumento esperado en la intensidad de la precipitación de acuerdo con el aumento en temperatura ocasionado por el cambio climático antropogénico. Estos factores han sido calculados a nivel nacional y global, usualmente para duraciones de precipitación diaria y horaria. Desde un punto de vista científico, se considera que representan el aumento de la capacidad de la atmósfera de retener humedad, de aproximadamente +7%/°C (Trenberth, 2011; Lenderink y Attema, 2015; Ali et al., 2018; Guerreiro et al., 2018; Ali et al., 2021; Fowler et al., 2021)

Este método es utilizado por Australia (Wasko, et al., 2024) y anteriormente por Nueva Zelanda (New Zealand Ministry of the Environment, 2010). Las recomendaciones neozelandesas eran sencillas y utilizaban un factor único de **+8%/°C** para escalar la precipitación de acuerdo con proyecciones futuras de temperatura. Esta recomendación ha sido modificada por el uso de factores de cambio vigente en la actualidad (Carey-Smith et al., 2018).

En Australia, se utilizan factores de escala diferenciados por duración, con factores de **+15%/°C** (7-28%) para precipitación con duración igual o menor a una hora, y **+8%/°C** (2-15%) para eventos con duración mayor o igual a 24 horas, se recomienda interpolación para duraciones intermedias. Las recomendaciones consideran factores adicionales como cambios a las condiciones antecedentes de humedad, cambios en los perfiles temporales y el área de los eventos de precipitación (Wasko, Pepler, et al., 2024; Wasko, et al., 2024).

## Conclusiones

Los métodos de incorporación del cambio climático en el diseño hidrológico, utilizados a nivel global, son factores de cambio y factores de escala que modifican las estimaciones de precipitación obtenidas a partir de datos observados y aumentan su valor según las condiciones esperadas a futuro.

La mayoría de los países que incorporan estos factores utilizan factores de cambio variables estimados a partir de proyecciones de clima futuro. En general, estos factores oscilan entre un +20% y un +40%.

Los factores de escala recomendados para uso en Australia siguen evidencia científica local y global, la cual indica que existen diferencias en la forma como la intensidad de la lluvia de diferentes duraciones escala con la temperatura. Eventos cortos escalan a una tasa de +15%/°C, mientras que eventos de larga duración escalan a una tasa de +8%/°C.

## Recomendaciones

Ante la dificultad de obtener proyecciones climáticas adecuadas para la estimación de factores de cambio, se recomienda explorar el uso de factores de escala para modificar la intensidad de la lluvia de diseño en Costa Rica. Como paso inicial, se recomienda estudiar las tasas locales de escala y determinar si existe alguna variación espacial significativa en el marco local.

## Referencias

- Ali, H., Fowler, H. J., Lenderink, G., Lewis, E. y Pritchard, D. (2021). Consistent Large-Scale Response of Hourly Extreme Precipitation to Temperature Variation Over Land. *Geophysical Research Letters*, 48 (4), .
- Ali, H., Fowler, H.J. y Mishra, V. (2018). Global Observational Evidence of Strong Linkage Between Dew Point Temperature and Precipitation Extremes. *Geophysical Research Letters*, 45 (22), 12,320-12,330.
- Carey-Smith, T., Henderson, R. y Singh, S. (2018). High Intensity Rainfall Design System Version 4. *NIWA Client Report 2018022CH*. (August).
- Chan, S., Kendon, E., Fowler, H., Youngman, B., Dale, M. y Short, C. (2022). New Extreme Rainfall Projections for Improved Climate Resilience of Urban Drainage Systems. *SSRN Electronic Journal*. 30 (April), 100375.
- Chan, S.C., Dale, M., Fowler, H. J. y Kendon, E. J. (2021). *Extreme precipitation return level changes at 1, 3, 6, 12, 24 hours for 2050 and 2070, derived from UKCP Local Projections on a 5km grid for the FUTURE-DRAINAGE Project*.
- DACGER y JICA. (2014). *Lineamientos básicos de adaptación al cambio climático en el diseño de puentes en El Salvador*.
- Dale, M., Luck, B., Fowler, H. J., Blenkinsop, S., Gill, E., Bennett, J., Kendon, E. J. & Chan, S. (2015). New climate change rainfall estimates for sustainable drainage. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers*. 170 (December), 1–11.
- Fowler, H. J., Ali, H., Allan, R. P., Ban, N., Barbero, R., Berg, P., Blenkinsop, S., Cabi, N. S., Chan, S., Dale, M., Dunn, R. J. H., Ekström, M., Evans, J. P., Fosser, G., Golding, B., Guerreiro, S. B., Hegerl, G. C., Kahraman, A., Kendon, E. J., et al. (2021) Towards advancing scientific knowledge of climate change impacts on

- short-duration rainfall extremes. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 379 (2195), 1–22.
- Griffin, A., Kay, A., Stewart, L. y Spencer, P. (2022). Climate change allowances, non-stationarity and flood frequency analyses. *Journal of Flood Risk Management*. 15 (3), 1–12.
- Guerreiro, S. B., Fowler, H. J., Barbero, R., Westra, S., Lenderink, G., Blenkinsop, S., Lewis, E. & Li, X. (2018). Detection of continental-scale intensification of hourly rainfall extremes. *Nature Climate Change*. 8 (9), 803–807.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. En V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (eds.). Cambridge University Press (In Press).
- Kendon, E., Short, C., Pope, J., Chan, S., Wilkinson, J., Tucker, S., Bett, P. y Harris, G. (2021). *Update to UKCP Local (2.2km) projections, Science Report, Met Office Hadley Centre*. (July), 1–114.
- Kendon, E. J., Ban, N., Roberts, N. M., Fowler, H. J., Roberts, M. J., Chan, S. C., Evans, J. P., Fosser, G. y Wilkinson, J. M. (2017). Do convection-permitting regional climate models improve projections of future precipitation change? *Bulletin of the American Meteorological Society*. 98 (1), 79–93.
- Lenderink, G. y Attema, J. (2015). A simple scaling approach to produce climate scenarios of local precipitation extremes for the Netherlands. *Environmental Research Letters*, 10 (8), .
- MIDEPLAN. (2019). *COSTA RICA Impacto de los Fenómenos Naturales para el periodo 1988-2018, por sectores, provincias, cantones y distritos*.
- New Zealand Ministry of the Environment. (2010). *Preparing for future flooding: a guide for local government in New Zealand*.
- Svensson, C. y Jones, D. A. (2010). Review of rainfall frequency estimation methods. *Journal of Flood Risk Management*. 3 (4), 296–313.
- Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. *Climate Research*. 47 (1), 123–138.
- Wasko, C., Nathan, R., Stein, L. y O’Shea, D. (2021). Evidence of shorter more extreme rainfalls and increased flood variability under climate change. *Journal of Hydrology*. 603 (PB), 126994.
- Wasko, C., Westra, S., Nathan, R., Jakob, D., Nielsen, C., Evans, J., Rodgers, S., Ho, M., Babister, M. y Sharples, W. (2024). *Chapter 6. Climate Change Considerations*.
- Wasko, C., Westra, S., Nathan, R., Orr, H.G., Villarini, G., Villalobos Herrera, R. y Fowler, H. J. (2021) Incorporating climate change in flood estimation guidance. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 379 (2195), 20190548.
- Wasko, C., Westra, S., Nathan, R., Pepler, A., Raupach, T. H., Dowdy, A., Johnson, F., Ho, M., McInnes, K.L., Jakob, D., Evans, J., Villarini, G. y Fowler, H. J. (2024) *A systematic review of climate change science relevant to Australian design flood estimation*. Vol. 28.

# Eje 4



**VI Congreso Nacional  
de Gestión del Riesgo  
de Desastres  
y Adaptación al Cambio  
Climático**  
2024

Identificación de estrategias, prácticas y experiencias innovadoras relacionadas con la continuidad de los servicios, la preparación y respuesta a emergencias en el marco de la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático

# Patrones y tendencias en llamadas al 9-1-1 relacionadas con inundaciones en 2023

**Marvin Palma Siles**

Costa Rica

Coordinador de Operaciones, Sistema de Emergencias 9-1-1.

## Resumen

**Introducción:** en 2023, el Sistema de Emergencias 9-1-1 recibió 1.354.977 incidentes de los cuales 2.721 se relacionaron con inundaciones. El análisis de estos datos permite identificar patrones en las llamadas al 9-1-1 que pueden resultar esenciales para mejorar la gestión del riesgo y la respuesta a estos eventos. El estudio resalta la importancia de una gobernanza efectiva y la coordinación interinstitucional para una respuesta eficiente, subrayando la importancia que tiene el 9-1-1 para generar datos valiosos.

**Objetivo:** identificar los patrones y tendencias en las llamadas al 9-1-1 relacionadas con eventos de inundaciones en el 2023, con el fin de mejorar la capacidad de respuesta y preparación del Sistema de Emergencias 9-1-1 y fortalecer la gestión efectiva del riesgo de desastres en Costa Rica.

**Metodología:** se realizó un estudio cuantitativo con enfoque descriptivo que incluyó la recolección de las siguientes variables: la persona que reporta la emergencia, la posible causa de la inundación, los daños en estructuras o bienes, la necesidad de intervención de la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, así como la ubicación geográfica, fecha y hora del incidente, mediante técnicas de minería de datos y análisis estadístico para identificar relaciones significativas.

**Resultados:** los datos arrojan patrones clave que permiten prever áreas de mayor riesgo y momentos críticos en los que las inundaciones son más frecuentes. Además, se identificaron las solicitudes recurrentes de los usuarios del 9-1-1 en relación con la asistencia requerida.

**Conclusiones:** los hallazgos subrayan la importancia de la recolección de datos en el Sistema de Emergencias 9-1-1 como un componente esencial para una gobernanza efectiva en la gestión del riesgo, promoviendo la coordinación entre entidades gubernamentales y no gubernamentales. Se concluye que el análisis de los datos disponibles no solo mejora la capacidad de respuesta ante emergencias, sino que también identifica necesidades específicas de las comunidades afectadas.

**Palabras clave:** inundaciones, llamadas de emergencia, gestión del riesgo, respuesta ante desastres, gobernanza.

## Introducción

Para el 2023, la totalidad de incidentes reportados al Sistema de Emergencias 9-1-1 fue de 1.354.977, 2 721 fueron de inundaciones, es decir, un 0,2% del total. En este contexto, el Sistema se convierte en un recurso esencial para el acceso inmediato de la población para la coordinación de las solicitudes de ayuda por inundaciones; tal y como lo establece el Informe del Estado de la Nación 2023 el cual indica que las inundaciones representan un riesgo significativo en Costa Rica. El 49% de los desastres

generados por eventos naturales entre 1970 y 2022 fueron inundaciones (Consejo Nacional de Rectores, 2023).

La capacidad de analizar los datos generados por las llamadas al 9-1-1 ofrece una oportunidad única para identificar patrones de riesgo, momentos críticos y áreas de mayor vulnerabilidad, lo que es fundamental para fortalecer la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático. Este estudio busca resaltar la importancia de una gobernanza efectiva y una coordinación interinstitucional que permita una respuesta más rápida y eficiente. Para Kapucu (2006), los sistemas de llamadas de emergencia, como el 9-1-1 no solo facilitan la respuesta inmediata, sino que también generan datos esenciales para la coordinación interinstitucional. Los datos ayudan a identificar áreas de mejora en la comunicación y la colaboración entre distintas entidades involucradas en la gestión de emergencias.

El objetivo de este estudio fue identificar los patrones y tendencias en las llamadas al 9-1-1 relacionadas con eventos de inundaciones en 2023, con el fin de mejorar la capacidad de respuesta y preparación del Sistema de Emergencias 9-1-1 y fortalecer la gestión efectiva del riesgo de desastres en Costa Rica.

## Metodología

Este estudio se basó en un enfoque descriptivo, utilizando datos recopilados por el Sistema de Emergencias 9-1-1 para el 2023.

El Sistema de Emergencias 9-1-1, utiliza un software denominado Incidentes para la Contingencia IPC, en este se registra de forma automática cada llamada que ingresa al 9-1-1 y solicita la ayuda de alguna entidad de respuesta, se registran datos de provincia, cantón, distrito y señas particulares de cada incidente, así como nombre de la persona que llama y, específicamente para el caso de las inundaciones, se recolecta información como la causa probable, los daños reportados, la afectación o no a viviendas y caminos, personas heridas, desaparecidas o aisladas así como la altura o el nivel en el que está el agua. Esta información la recolecta el operador del 9-1-1 basándose en el procedimiento “901 Inundaciones”, en el cual se establece el orden de las preguntas que se deben realizar, así como alguna instrucción especial que se le requiera brindar al usuario.

La recolección de datos se realizó mediante la extracción de registros de la base de datos del IPC, debido a que esta base de datos recolecta la información de manera general; primeramente, se filtraron todos los incidentes identificados como inundación, para luego hacer una lectura de cada uno de estos y clasificar la información en los siguientes parámetros:

1. ¿Cuál es la posible causa del evento?
  - a. Alcantarillado obstruido.
  - b. Desbordamiento de río.
  - c. Fuertes lluvias.
  - d. Marejada.
  - e. No se logra determinar.
  - f. Rompimiento de tubo madre.
  - g. Tormenta tropical, huracán, tifón o evento estacionario similar.

2. ¿Hay estructuras o bienes afectados?
  - a. No hay afectación.
  - b. No se logra determinar.
  - c. Sí, afectación en siembra y cultivos.
  - d. Sí, daño en vías y carreteras.
  - e. Sí, daño en vivienda o edificaciones.
3. El requerimiento principal del usuario en la llamada:
  - a. Atención de oficiales de Tránsito para liberar vías de acceso.
  - b. Atención inmediata de instituciones de primera respuesta como Cruz Roja, Bomberos o Policía.
  - c. No se logra determinar.
  - d. Presencia de la CNE para inspección.
  - e. Traslado o información para albergues.

Finalmente, los datos como provincia, cantón, distrito, fecha y hora del incidente se obtuvieron de forma automática por medio de una base de datos.

Para el análisis de la información, se utilizaron técnicas de minería de datos para identificar patrones y tendencias, incluyendo:

- Análisis estadístico descriptivo para resumir características generales de las llamadas como la frecuencia, horas pico de mayor reporte y distribución geográfica.
- Análisis de frecuencia con el fin de determinar las causas más comunes de reportes en las llamadas.
- Análisis geoespacial para visualizar la distribución de las llamadas e identificar zonas de mayor riesgo.

## Resultados y discusión

Para el año 2023, el Sistema de Emergencias 9-1-1 registro un total de 1.354.977 reportes de emergencias, que se clasificaron en 168 tipos de incidente.

En la siguiente tabla, se puede observar la segregación por la institución de primera respuesta asignada para darle el seguimiento correspondiente a estos casos.

**Tabla 3.** Sistema de Emergencias 9-1-1, cantidad de incidentes por institución de respuesta, 2023

	<b>Cantidad</b>	<b>% Relativo</b>	<b>% Acumulado</b>
<b>INSTITUCIÓN</b>	<b>1.354.977</b>	<b>100%</b>	
Ministerio de Seguridad Pública	633.047	46,7%	46,7%
Cruz Roja Costarricense	436.322	32,2%	78,9%
Policía de Tránsito	135.050	10,0%	88,9%
Cuerpo de Bomberos	92.323	6,8%	95,7%
Patronato Nacional de la Infancia	19.629	1,4%	97,2%
Instituto Nacional de las Mujeres	10.018	0,7%	97,9%
Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias	8.327	0,6%	98,5%
Caja Costarricense de Seguro Social	6.624	0,5%	99,0%
Organismo de Investigación Judicial	5.770	0,4%	99,4%
Sistema de Emergencias 9-1-1	5.245	0,4%	99,8%
Hospital Nacional de Salud Mental	2.585	0,2%	99,997%
Ministerio de Salud	37	0,003%	100%

Fuente: Sistema de Emergencias 9-1-1, 2024

De la tabla anterior, se observa que la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias CNE acumuló un total de 8327 incidentes durante el 2023, lo que significó un 0,6% del total. Al segregar los incidentes atendidos por la CNE, se obtienen los siguientes resultados.

**Tabla 4.** Sistema de Emergencias 9-1-1, cantidad de incidentes por clasificación, trasladados a la CNE, 2023

	<b>Cantidad</b>	<b>% Relativo</b>	<b>% Acumulado</b>
<b>TIPO DE INCIDENTE</b>	<b>8.327</b>	<b>100%</b>	
942 / SOLICITUD DE INSPECCIÓN	4.661	56,0%	56,0%
901 / INUNDACIONES	2.721	32,7%	88,7%
912 / DESLIZAMIENTO	423	5,1%	93,7%
991 / CNE - CONSULTA DE INCIDENTE	277	3,3%	97,1%
990 / CNE - GESTIONES	190	2,3%	99,3%
904 / AVALANCHA O FLUJOS DE LODO	20	0,2%	99,6%
911 / EVENTO SÍSMICO	14	0,2%	99,7%
994 / CNE - ASUNTOS INTERNOS	6	0,1%	99,8%
940 / DECLARATORIA DE ALERTA CNE	5	0,1%	99,9%
993 / CNE - QUEJAS	4	0,05%	99,9%
913 / ACTIVIDAD VOLCÁNICA	4	0,05%	99,976%
903 / SUNAMI Y MAREJADAS	2	0,02%	100%

Fuente: Sistema de Emergencias 9-1-1, 2024

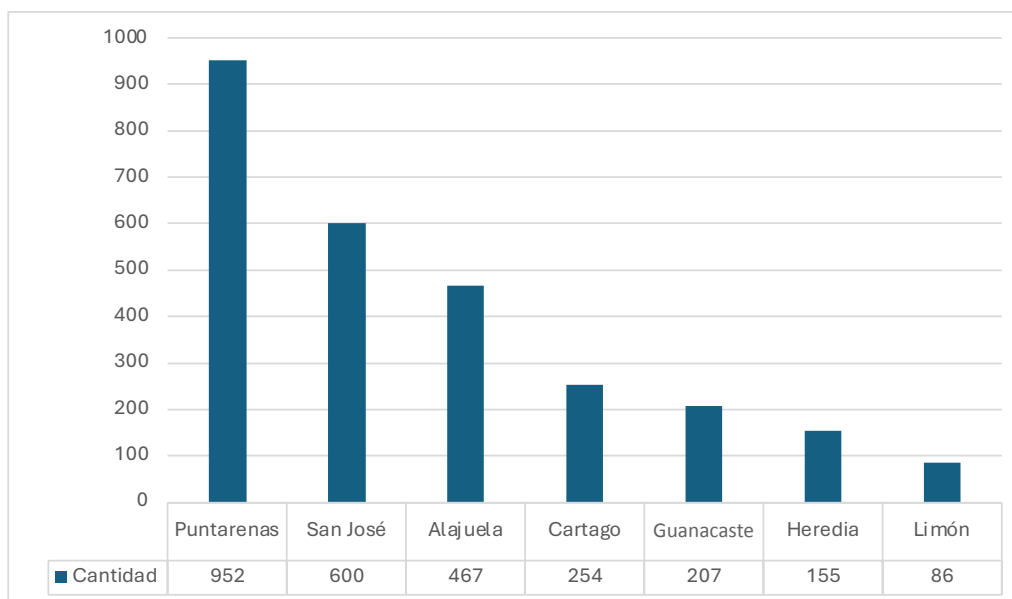
Tal y como se muestra en la Tabla 4, el 32,7% de los casos trasladados a la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias en el 2023 corresponden a inundaciones. El catálogo de procedimientos del Sistema de Emergencias 9-1-1 define inundaciones como los eventos ocasionados por el desbordamiento de ríos, lluvias torrenciales, saturación de alcantarillados y rompimiento de tubos madres, entre otros, que pueden generar daños significativos en las personas y los bienes materiales (Sistema de Emergencias 9-1-1, 2024).

Esta prevalencia de incidentes relacionados con inundaciones se alinea con los hallazgos del Informe Estado de la Nación (2023) que cita a Orozco et al. (2022), quienes indican que este es un patrón más amplio observado en la región, donde, según la base de datos DesInventar, en el 2022, los eventos meteorológicos, incluyendo lluvias y deslizamientos, representaron el 80% de las emergencias reportadas en el país.

Estos fenómenos se transforman en emergencias debido al contexto de riesgo local, causando severos impactos en la población y sus medios de vida. Los desastres en América Latina y el Caribe, como las inundaciones y tormentas, afectan de manera desproporcionada a las poblaciones vulnerables, incrementando su frecuencia e intensidad en los últimos años. Entre 2019 y 2022, se observó un aumento del 19,5% en personas afectadas por inundaciones en la región. Estos eventos se transforman en emergencias da causa de las condiciones de vulnerabilidad local, causando pérdidas significativas en medios de vida y afectando gravemente el desarrollo sostenible (UNDRR y OCHA, 2023).

En el 2023, las inundaciones reportadas a través del Sistema de Emergencias 9-1-1 se distribuyeron entre las diferentes provincias de Costa Rica, como se muestra en el siguiente gráfico.

**Figura 15.** Sistema de Emergencias 9-1-1, cantidad de incidentes por inundación reportados al 9-1-1 por provincia, 2023



Fuente: Sistema de Emergencias 9-1-1, 2024

Puntarenas lideró con 952 incidentes, representando el mayor número de reportes; le siguen San José con 600, Alajuela con 467 y Cartago con 254 incidentes. Las provincias con menores reportes fueron Guanacaste (207), Heredia (155) y Limón (86). Esta distribución puede reflejar cómo las carac-

terísticas geográficas y climáticas de cada región influyen en la frecuencia y gravedad de los eventos de inundación, pero también es importante mencionar que las regiones con mayor rezago social, baja planificación territorial y la construcción en zonas de alto riesgo pueden intensificar los impactos de las inundaciones (Orozco y Brenes, 2023); (Consejo Nacional de Rectores, 2023).

Las inundaciones en la provincia de Puntarenas representan una parte significativa de los incidentes atendidos. Los distritos más afectados incluyen Chacarita, con 149 incidentes (5,5% del total), seguido de El Roble y Parrita, con 88 y 82 reportes, respectivamente. Quepos y Golfito también presentan un alto número de incidentes, reflejando la vulnerabilidad de estas zonas debido a su proximidad a cuerpos de agua y condiciones geográficas que las hacen propensas a inundaciones recurrentes.

Al analizar las inundaciones por mes, se observa una clara estacionalidad que coincide con la temporada de lluvias. Esta tendencia se refleja en la frecuencia de incidentes, siendo los meses más lluviosos los que registran el mayor número de reportes de inundaciones. Esta relación sugiere que las variaciones climáticas, durante el año, influyen directamente en la prevalencia de estos eventos, como se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 5.** Sistema de Emergencias 9-1-1, cantidad de incidentes de inundaciones por mes, 2023

Mes	Cantidad
	<b>2,721</b>
Enero	12
Febrero	6
Marzo	88
Abril	15
Mayo	90
Junio	365
Julio	221
Agosto	218
Septiembre	445
Octubre	901
Noviembre	327
Diciembre	33

Fuente: Sistema de Emergencias 9-1-1, 2024

Como se observa en la Tabla 5, los meses de mayor prevalencia fueron setiembre y octubre, con 445 y 901 incidentes, respectivamente, lo que refleja la relación directa entre las lluvias más intensas y la mayor frecuencia de inundaciones. Durante los meses de junio, julio y noviembre, también se observaron picos importantes de inundaciones, con 365, 221 y 327 incidentes, respectivamente. Estos datos subrayan la importancia de implementar medidas preventivas y de respuesta efectiva, en especial, en estos periodos críticos, cuando la vulnerabilidad a las inundaciones es mayor.

Este resultado es coincidente con el informe de Perspectiva Climática Anual 2023 que destaca que los meses de setiembre y octubre coinciden con los periodos de mayor intensidad de lluvias en gran parte del país, especialmente en el Pacífico Sur y Central, regiones con alta vulnerabilidad a inundaciones. Según el informe, los eventos de lluvias torrenciales son más frecuentes durante estos meses

debido a la acumulación de humedad y la actividad ciclónica en el Atlántico. (Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica, 2023).

Además de la distribución mensual de los incidentes de inundaciones, los datos también revelan una variación significativa en la ocurrencia de estos eventos según la hora del día. Los picos más altos se concentraron en las horas de la tarde, siendo las 15:00, 16:00 y 17:00 las horas con mayor número de incidentes, registrando 418, 419 y 360, respectivamente (Sistema de Emergencias 9-1-1, 2024).

En este patrón, se observa que los reportes por inundaciones que ingresaron al 9-1-1 tienden a ser más frecuentes en las horas de la tarde, lo cual podría estar relacionado con la acumulación de lluvias a lo largo del día, especialmente en la temporada más lluviosa. A medida que el día avanza, las lluvias intensas podrían saturar los sistemas de drenaje, provocando inundaciones en áreas vulnerables. En contraste, las horas de la madrugada y mañana registraron significativamente menos incidentes.

Dicha situación es congruente con lo reportado por los usuarios que llaman al 9-1-1 donde el 38,7% identificó las fuertes lluvias como la primera causa de inundaciones. El desbordamiento de ríos fue la segunda causa más común, representando el 32% de los reportes, los problemas relacionados con alcantarillado obstruido constituyeron un 21,4%, lo que subraya la importancia de la infraestructura de drenaje en la mitigación de inundaciones.

Otros factores, como el rompimiento de tubos madre (2,9%) y marejadas (1,8%), también contribuyeron a las inundaciones, aunque en menor proporción. Cabe destacar que, en el 2,2% de los casos, no se pudo determinar la causa exacta del incidente, lo que podría apuntar a la necesidad de mejorar la precisión en los reportes.

En cuanto a los daños causados por las inundaciones, las personas que llamaron al 9-1-1 durante el periodo analizado, reportaron en un 68,1% daños significativos en viviendas y edificaciones. Este porcentaje evidencia la vulnerabilidad de las áreas residenciales frente a eventos hidrometeorológicos severos, especialmente en zonas con infraestructuras insuficientes o mal planificadas.

Además de los daños en viviendas o edificaciones, un 14,9% de los incidentes afectaron vías y carreteras, interrumpiendo el tránsito y las actividades económicas en diversas regiones. Aunque un 13,6% de los casos no presentaron afectación visible, esto no resta importancia al hecho de que las inundaciones generan problemas considerables en infraestructura crítica. Los daños en siembras y cultivos, aunque menores, con un 0,9%, siguen siendo relevantes, sobre todo en comunidades que dependen de la agricultura. Estos datos resaltan la necesidad de estrategias integrales de mitigación y planificación territorial para reducir el impacto de las inundaciones tal como lo señala el informe de la Zurich Flood Resilience Alliance y la Cruz Roja Costarricense, en el cual destacan que es necesario fortalecer la resiliencia comunitaria a través de políticas y planes de gestión del riesgo de desastres. Estos esfuerzos incluyen el desarrollo de marcos legales sólidos a nivel municipal, regional y nacional para abordar los factores de vulnerabilidad, como el crecimiento urbano no planificado y la mala distribución del uso de la tierra, que aumentan los riesgos de inundaciones. (Zurich Flood Resilience Alliance y Cruz Roja Costarricense, 2024).

Finalmente, se consultó a los usuarios del 9-1-1 cuál era su principal necesidad al momento de reportar la inundación. La Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) figura como la principal entidad que responde a estos eventos, principalmente con inspecciones y evaluaciones de daños, mientras que las instituciones de primera respuesta, como la Cruz Roja, el Cuerpo de Bomberos y la Fuerza Pública, juegan un rol fundamental en la atención inmediata y las

labores de rescate. Esta tabla ofrece una visión clara de la coordinación interinstitucional y la diversidad de acciones tomadas durante las emergencias por inundaciones.

De las 2,721 llamadas reportadas por inundaciones al Sistema de Emergencias 9-1-1, el 85,5% (2.327 llamadas) solicitó la presencia de la CNE para inspecciones. En 9,3% de los casos (254 llamadas), se solicitó la intervención de instituciones de primera respuesta como la Cruz Roja, Bomberos y Policía. Un 3% (82 casos) no logró determinarse la afectación. El 1,3% (36 llamadas) estuvo relacionado con traslados o información de albergues, y solo el 0,8% (22 casos) requirió la intervención de oficiales de tránsito para liberar vías.

Estos datos reflejan la importancia de la CNE como eje central en la respuesta ante emergencias y desastres, con una amplia mayoría de los incidentes que requieren su inspección por medio del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo, representado, en este caso, por los comités municipales de gestión del riesgo. Sin embargo, también se observa la necesidad de instituciones de primera respuesta para intervenir en situaciones de mayor riesgo que requieren atención inmediata.

El Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030 refleja un compromiso a largo plazo para mejorar la capacidad de respuesta de Costa Rica ante desastres, fomentando la participación de los comités municipales y promoviendo una cultura de prevención (CNE, 2016). La amplia cantidad de usuarios que solicitan la presencia de la CNE para una inspección puede ser un indicador, que dicho plan está cumpliendo con parte de sus objetivos.

El número relativamente bajo de incidentes relacionados con el traslado a albergues y la liberación de vías puede sugerir que la mayoría de las acciones se centraron en la inspección y la evaluación de daños, esto podría indicar que las inundaciones se concentraron en áreas específicas que no afectaron en gran medida las redes de transporte o la necesidad de evacuar grandes poblaciones durante el periodo de la investigación.

## Conclusiones

El análisis de los incidentes de inundación en 2023 reportados al Sistema de Emergencias 9-1-1 revela varios patrones clave. En primer lugar, la presencia de la CNE fue solicitada, en la mayoría de los casos, destacando su rol como el principal ente coordinador en estas situaciones. Esto sugiere que, la supervisión y gestión de la CNE es vista como una pieza esencial en la evaluación y toma de decisiones.

La atención inmediata de instituciones de primera respuesta, como la Cruz Roja y los Bomberos, demuestra la necesidad de una acción rápida en situaciones donde las vidas humanas y la integridad física están en riesgo. A pesar de que la mayoría de los incidentes requirieron inspección de daños, esto evidencia que el país aún enfrenta desafíos en la capacidad de análisis de daños por inundaciones.

Por otro lado, el bajo número de solicitudes de traslado a albergues y liberación de vías sugiere que, aunque severas en algunas zonas, las inundaciones no requirieron evacuaciones masivas. Los datos también destacan que las fuertes lluvias y el desbordamiento de ríos fueron las principales causas de las inundaciones, subrayando la necesidad urgente de adaptar la construcción de drenajes y la gestión de aguas a un entorno de cambio climático cada vez más severo. Los daños reportados en viviendas y vías indican la vulnerabilidad de estas infraestructuras, lo que refuerza la necesidad de revisar las normas de construcción y planificación territorial para mitigar estos riesgos.

## Recomendaciones

Es necesario fortalecer la coordinación interinstitucional entre la CNE y las instituciones de primera respuesta para optimizar la atención de emergencias. Además, se deben implementar estrategias de prevención centradas en mejorar la infraestructura de drenaje, especialmente en áreas propensas a inundaciones. La baja demanda de albergues sugiere que las inundaciones estuvieron localizadas, pero es importante promover planes de evacuación más efectivos en zonas de alto riesgo.

## Referencias

- AyA. (2022). *Reporte anual de Daños y Pérdidas de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Periodo: 2021*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, UEN Investigación y Desarrollo.
- AyA. (2023). *Reporte anual de Daños y Pérdidas de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Periodo: 2022*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, UEN Investigación y Desarrollo.
- AyA. (2024). *Reporte anual de Daños y Pérdidas de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Periodo: 2023*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, UEN Investigación y Desarrollo.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). (2016). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030*. [www.cne.go.cr](http://www.cne.go.cr).
- Comité Técnico Asesor. Sistema de Emergencias 9-1-1. (2024). 901-Inundaciones.
- Consejo Nacional de Rectores (CONARE), Programa Estado de la Nación. (2023). *Informe Estado de la Nación*. [https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2023/11/Carpeta-de-Prensa\\_vf.pdf](https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2023/11/Carpeta-de-Prensa_vf.pdf)
- García, F. P. (2024). AyA espera resultados de nuevas muestras de agua para decidir próximas medidas en emergencia de contaminación en Barranca. *Seminario Universidad*.
- Iberdrola, S. (2024). *IBERDROLA*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/comprometidos-objetivos-desarrollo-sostenible/ods-6-agua-limpia-y-saneamiento#:~:text=El%20ODS%206%20busca%20garantizar,conflictos%20y%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico>.
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. (2023). *Perspectiva climática anual 2023*. <https://www.imn.ac.cr>.
- Kapucu, N. (2006). Interagency communication networks during emergencies: Boundary spanners in multi-agency coordination. *The American Review of Public Administration*, 207-225. Obtenido de <https://doi.org/10.1177/0275074005280605>
- Organización Panamericana de la Salud (2023). *El Niño Southern Oscillation Related Alerts Dashboard*. <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/cfc136bd4f46493d8f61dc0f52a1cc5d>
- Teletica.com. (12 de agosto de 2024). [https://www.teletica.com/nacional/defensoria-de-los-habitantes-declara-el-2024-como-ano-de-alerta-roja-por-crisis-de-agua\\_361861](https://www.teletica.com/nacional/defensoria-de-los-habitantes-declara-el-2024-como-ano-de-alerta-roja-por-crisis-de-agua_361861)
- UNDRR & OCHA. (2023). *Panorama de los desastres en América Latina y el Caribe 2000-2022. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres y la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios*. [www.undrr.org/media/89902/download?startDownload=true](http://www.undrr.org/media/89902/download?startDownload=true)
- Zurich Flood Resilience Alliance y Cruz Roja Costarricense. (2024). *Flood Resilience in Costa Rica: Resource Compilation. PrepareCenter*. <https://preparecenter.org/resource/floodresilienceincostarica>.

# Retos y oportunidades en la protección contra incendios de Costa Rica: cambio climático y normativa nacional

Ing. Mónica María Carpio Chaves, MSc. <sup>1,2</sup>

Costa Rica

1. Escuela de Ingeniería en Seguridad Laboral e Higiene Ambiental, Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR)
2. Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), Representante en el Comité Técnico Interinstitucional del artículo 67 del Reglamento a la Ley 8228

## Resumen

El marco regulatorio en materia de protección contra incendios de Costa Rica ha evolucionado desde del 2005, apoyado en la experiencia adquirida por parte del Benemérito Cuerpo de Bomberos. La reforma al Reglamento de la Ley N.º 8228 del 2022, dio lugar a un nuevo Comité Técnico Interinstitucional con la capacidad de incidir en la normativa aplicable al sector de diseño y construcción. Esta ponencia tiene como objetivo mostrar el papel de las instituciones que conforman el Comité y los desafíos asociados a la actualización del Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios de Costa Rica.

En el 2023, el Comité implementó la primera actualización al reglamento, centrada en la rehabilitación de edificios existentes, con el fin de atender las necesidades de repoblamiento de San José. Para el 2024, se ha dirigido al estudio de los sistemas de supresión a base de agua, a partir de la situación actual del país y los requisitos de protección de los ocupantes y la propiedad.

No obstante, este proceso técnico hace compleja la reflexión sobre la crisis climática y las oportunidades ante las tecnologías emergentes. La resiliencia ante incendios enfrenta limitaciones al abordar los retos de sostenibilidad; aunque el país requiere avanzar hacia sistemas de energía limpia, los sistemas fotovoltaicos son un peligro emergente en los edificios; los nuevos sistemas constructivos y de fachadas, incorporan mayores cargas de fuego y promueven la rápida propagación de los incendios, además, las tasas de liberación de calor de los incendios que involucran vehículos eléctricos e híbridos, junto con las baterías de iones de litio, representan desafíos críticos para los cuerpos de rescate y emergencia.

La resiliencia ante incendios requiere una respuesta integral que aborde la adaptación al cambio climático, el desarrollo de capacidades de la población, la vinculación con la academia y la gestión de emergencias desde una perspectiva innovadora.

**Palabras clave:** seguridad contra incendios, cambio climático, tecnologías emergentes.

## Introducción

A partir de la adopción de la normativa de la National Fire Protection Association (NFPA) en el 2005 por parte del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica, el marco regulatorio en materia de protección contra incendios ha evolucionado, apoyado en la experiencia adquirida por esta institución. La reforma al Reglamento de la Ley N.º 8228 del 2022 dio lugar a un nuevo Comité Técnico Interinstitucional. Los representantes de Bomberos de Costa Rica, el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), la Universidad de Costa Rica, la Cámara Costarricense de la Construcción, el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo, el Ministerio de Economía, Industria y Comercio y el Ministerio de Salud tienen la capacidad de incidir en la normativa aplicable al sector de diseño y construcción. Esta ponencia tiene como objetivo mostrar el papel de las instituciones que conforman el Comité y los desafíos asociados a la actualización del Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios de Costa Rica en la era del cambio climático y las tecnologías emergentes.

## Metodología

Esta ponencia integra un estudio de caso junto con el análisis documental, con el fin de orientar el contexto nacional de la actualización del Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios de Costa Rica y complementar con las tendencias y desafíos de la gestión del riesgo de incendio y la adaptación al cambio climático identificados en el contexto mundial.

## Resultados y discusión

En el 2023, el Comité Técnico Interinstitucional del artículo 67 del Reglamento a la Ley 8228, implementó la primera actualización al reglamento, centrada en la rehabilitación de edificios existentes, con el fin de atender las necesidades de repoblamiento de San José. Además, se incluyó que, en los estadios, tribunas y similares existentes, se permitiera el cálculo de la capacidad de salida de los medios de egreso con métodos adicionales a los ya establecidos por la NFPA.

Para el 2024, se ha dirigido la redacción de una nueva propuesta hacia el estudio de los sistemas de supresión a base de agua, fundamentados en la situación actual del país y los requisitos de protección de los ocupantes y la propiedad. Para esta propuesta, ha sido necesaria la elaboración de nuevos estudios estadísticos que identificaron las ocupaciones con mayor incidencia de muertes y daños materiales. Cada institución, tiene a cargo proponer nuevos cambios, basados en los requisitos técnicos y consideraciones que define cada organización involucrada. Por parte del CFIA, cada acuerdo y propuesta debe ser previamente avalada por la Comisión Paritaria de Seguridad de Vida y Protección Contra Incendios.

No obstante, este proceso técnico hace compleja la reflexión sobre la crisis climática y las oportunidades ante las tecnologías emergentes. La resiliencia ante incendios enfrenta limitaciones al abordar los retos de sostenibilidad; aunque el país requiere avanzar hacia sistemas de energía limpia, los sistemas fotovoltaicos son un peligro emergente en los edificios, los nuevos sistemas constructivos y de fachadas, incorporan mayores cargas de fuego y promueven la rápida propagación de los incendios; además, las tasas de liberación de calor de los incendios que involucran vehículos eléctricos e híbridos, junto con las baterías de iones de litio, representan desafíos críticos para los cuerpos de rescate y emergencia.

## Conclusiones y recomendaciones

La resiliencia ante incendios requiere una respuesta integral que aborde la adaptación al cambio climático. No se ha definido a nivel nacional, en el marco de la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático, cómo se abordarán estos retos emergentes. Se requiere, además, considerar el desarrollo de capacidades de la población, por lo que es clave la vinculación con la academia y sus procesos de investigación, regionalización y extensión universitaria. La gestión de las emergencias de incendio de Costa Rica requiere de una perspectiva innovadora que integre los avances tecnológicos, sin olvidar a los equipos de primera respuesta a emergencias y las prácticas constructivas que se definen en la normativa nacional.

## Referencias

- Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. (2023). Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios (RNPCI). <https://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2023/03/RNPCI-2023.pdf>
- Benemérito Cuerpo de Bomberos de Costa Rica. (2020). Reglamento Nacional de Protección Contra Incendios (RNPCI). <https://www.bomberos.go.cr/wp-content/uploads/2020/11/Reglamento-Nacional-de-Proteccion-Contra-Incendios-VF.pdf>

# Control de incendios de interfase en la ciudad de Asunción

**Mag. Alejandro Luis Buzó**

Paraguay

Jefe de la Dirección de Prevención de Incendios de la Municipalidad de Asunción

## Resumen

**Introducción:** La ciudad de Asunción, Paraguay, sufrió graves incendios entre los años 2020 y 2021, puntualmente en uno de sus territorios biológicamente más importantes: la reserva ecológica del Banco San Miguel. Esta reserva ocupa unas 600 hectáreas y se distribuye en unos 5 kilómetros en la zona de la costanera de la ciudad, que tiene una extensión próxima a los 17 kilómetros. Las pérdidas en materia ambiental superaron las 300 hectáreas destruidas con el costo en biodiversidad y contaminación atmosférica. Estos episodios se agudizaban por la presencia del fenómeno de La Niña que, en nuestra región, se presenta con una reducción de las precipitaciones y sequía. **Objetivo:** Analizar la gestión de información, planificación de acciones, gobernanza del riesgo tanto comunitario como institucional.

**Metodología:** El plan de acción se construyó usando dos aspectos: acción en terreno mediante el análisis de datos estadísticos/históricos de eventos en zonas más afectadas, gestión de imágenes satelitales, uso de drones; la acción comunitaria mediante un esquema de capacitación en gestión de riesgos y colecta de datos. **Resultados:** Se transfirieron las capacidades a la población más afectada, formando la primera brigada comunitaria de prevención de incendios de la ciudad y, probablemente, del país. Se logró la contención desde el 2022 a la fecha los incendios en esta zona, evitando los de gran magnitud. Se identificaron personas causantes de los incendios, lo que ha permitido generar un antecedente en el abordaje de estos incendios en Asunción, logrando determinar la cantidad de incendios provocados (98%) versus los que pudieran tener un origen natural; la dinámica de preparación de terrenos expuestos a este riesgo sirve de modelo para la etapa preventiva de grandes incendios.

**Palabras clave:** resiliencia, incendios, gobernanza del riesgo, riesgos urbanos.

## Introducción

A inicios del 2020 y durante todo el 2021, en Asunción, capital del Paraguay, además de la pandemia, se sucedían sin pausa incendios en diversos sectores de la ciudad y del país. En gran medida, estos incendios en Asunción se registraban en una zona puntual: en el Banco San Miguel situado en la Costanera de esta ciudad. Más allá del efecto de la sequía registrada, estos incendios eran provocados por personas que, por el fácil acceso y poco control, accedían hasta diversos puntos de las 600 hectáreas de esta reserva ecológica y, de manera inconsciente, quemaban residuos y maleza provocando devastadores incendios. Se tenían alrededor de 5 a 7 episodios por día, de diversa magnitud.

Desde el área de Prevención de Incendios de la Municipalidad de Asunción, se decidió enfrentar esta situación con un plan estratégico que primero gestionó una generación de conocimientos hacia la comunidad más afectada, buscando que los pobladores, sobre todo los más jóvenes, adquieran capacidades de prevención y control, volviendo a esta población parte de la solución. El plan comunitario duró cerca de 4 meses, pero el plan general tuvo un desarrollo de casi 8 meses, con resultados que

perduran hasta hoy, pudiendo presentarse como un modelo exitoso de intervención que, mediante una planificación con 4 ejes estratégicos, logró dar respuesta a una situación que parecía no tener control.

La planificación estratégica, como herramienta para la Gestión de Riesgos Urbanos, ha dado frutos, y es, sin dudas, una experiencia digna de compartir entendiendo que la realidad de la ciudad de Asunción es similar a la de muchas ciudades de nuestra región que sufren de débiles ordenamientos territoriales; complejas situaciones sociales, sobre todo en asentamientos informales, y la poca comprensión de riesgos que están tomando cada vez más fuerza en escenarios urbanos.

La ciudad de Asunción es la capital de la República del Paraguay. La ciudad, a pesar del vertiginoso crecimiento urbano que registra en las últimas décadas, aún conserva zonas de alto valor ambiental, como la reserva ecológica del Banco San Miguel. Esta reserva ocupa unas 600 hectáreas y se distribuye en unos 5 kilómetros en la zona de la costanera de la ciudad, que tiene una extensión próxima a los 17 kilómetros; además de su importancia medio-ambiental, la reserva tiene a comunidades asentadas en su territorio.

Desde el 2020, coincidente en periodo con la pandemia del COVID-19, se generaron episodios de incendios descontrolados en esta zona puntual, que tenían como origen la quema ilegal de sectores de este terreno tanto para ocupación como por la quema de residuos, como es el caso de las cubiertas de vehículos para la venta de sus partes metálicas. Las pérdidas en materia ambiental superaron las 300 ha destruidas con el costo en biodiversidad y contaminación atmosférica. Estos episodios se agudizaban por la presencia del fenómeno de La Niña que, en nuestra región, se presenta con una reducción de las precipitaciones y sequía.

Como objetivo de este trabajo, se planteó analizar la gestión de información, planificación de acciones, gobernanza del riesgo tanto comunitario como institucional.

El área de prevención de incendios del municipio de Asunción, con apoyo de la dirección de gestión ambiental, propuso un plan de acción para contener estos incendios desde la mirada de la prevención, mitigación de daños y el fortalecimiento comunitario, logrando resultados exitosos que consideramos pueden servir de modelo para riesgos similares.

## Metodología

La estrategia de intervención se centró en 4 ejes. El primero fue la preparación de capacidades comunitarias, donde, en 4 meses de capacitación, se forma la primera brigada comunitaria de prevención de incendios en la comunidad de San Miguel Guerrero, quizás la primera en su tipo del país.

Se preparó el terreno usando mapas satelitales e imágenes de drones, confeccionando un tramado de 6 kilómetros de líneas corta-fuegos para prevenir la propagación de fuego.

Se potenció la intervención de unidades de primera respuesta con bomberos de la ciudad, con especialidad forestal, para reducir el tiempo de intervención.

Con el uso de tecnologías, se realizó un trabajo de monitoreo, a fin de identificar a causantes de las quemadas.

Se sumó a esto una fuerte campaña de concientización y difusión de información clave por redes sociales.

## Resultados

Como consecuencia de este trabajo realizado durante el 2021, durante casi 8 meses, a partir del 2022 hasta la actualidad se han reducido los incendios de gran proporción en la zona de mayor afectación que fue identificada como Banco San Miguel. Sumado a esto, se logró mantener el terreno con las líneas cortafuego y se han realizado 3 movilizaciones de entrenamiento con las brigadas forestales de los Cuerpos de Bomberos Voluntarios con sede en Asunción.

Otro logro significativo fue haber identificado a personas que generaban los incendios, pudiendo así presentar las denuncias ante el Ministerio Público con datos exactos de la zona, video del momento, identificación facial, rompiendo con esto la inercia de denuncias innominadas que, al no tener la identificación, no podían ser diligenciadas con mayor fuerza.

Se debe mencionar el empoderamiento de la comunidad como parte de la solución y ya no solo como víctimas de estas situaciones, mediante una mejor organización y un trabajo de primera línea a través de la brigada comunitaria de prevención, ha sido una demostración de la fuerza de los trabajos preventivos cuando se incluye a la comunidad en ellos.

## Conclusiones y recomendaciones

La importancia de generar una capacidad en la propia comunidad, primeramente, para enfrentar y comprender sus propios riesgos, así como otorgarles un rol activo, es clave en la dinámica de la gestión de estos riesgos que, en gran medida, tienen un origen antropogénico.

La planificación preventiva, sobre todo promovida por instituciones regentes de las políticas públicas relacionadas con la gestión de riesgos, debe llevarnos al análisis estadístico e histórico de eventos y, mediante las nuevas tecnologías, generar una base de datos y referencias que nos permitan determinar las acciones prioritarias, así como sus zonas y recursos necesarios y propiciar tanto acciones asertivas como comunicación social de alta incidencia. Por ejemplo, poder llevar al terreno lo planificado mediante el análisis de datos relevados, como la preparación de líneas cortafuegos usando estos datos, ha generado un factor decisivo al momento de reducir la cantidad y magnitud de estos eventos, que, al no poder propagarse, han sido contenidos con mayor eficiencia y, sobre todo, se ha logrado instalar una disciplina del control territorial.

Es fundamental programar acciones de entrenamientos en las zonas de mayor afectación con las unidades de respuesta a emergencias, ya que el conocimiento del terreno permite, como en el caso de estudio, mejorar el plan de intervención desde puntos clave como el abastecimiento de agua, zonas de ingreso más seguras y rápidas, tipo de maquinaria o logística por utilizar y, principalmente, la destreza de intervinientes que frecuentemente tienen operaciones de extinción en escenarios estructurales dentro de la ciudad.

Incorporar nuevas tecnologías, como el uso de drones para ampliar la capacidad del control del territorio, y por qué no, como un elemento disuasivo, ha sido un punto elevado en la planificación que se realizó en Asunción. Esto ha permitido incrementar una presión positiva en instituciones como la Policía Nacional y la Fiscalía a la hora de sumar esfuerzos para erradicar estas actividades que son consideradas delitos en el país.

Concluyendo, consideramos que la gestión correcta de datos para generar información relevante es un paso fundamental, pero que, inexorablemente, debe ir acompañado de acciones coherentes con

las capacidades y las necesidades que los riesgos específicos presentan, lo cual, además, permite aumentar la calidad de preparación de comunidades y actores clave, entendiendo el contexto global que se presenta actualmente, con eventos cada vez más intensos que ya no solo tienen un origen natural, sino que se ven sumamente determinados por la acción antrópica.

# Análisis del riesgo de flujos de lodo consecuencia de los deslizamientos Sibaja y Pabellón, cantón de Mora

**Carlos Alonso Vargas Campos**

Costa Rica

GEOTECTICA SA

## Resumen

El sitio donde se localizan los deslizamientos Sibaja y Pabellón se compone geológicamente por rocas sedimentarias de la Formación Peña Negra esto, según la geología Regional, coincide con la información del cartografiado geológico realizado durante el curso de campaña geológica de la Escuela Centroamericana de Geología del 2022, donde, para esta zona, se delimitó la unidad de lutitas y areniscas marinas profundas asociadas a esta Formación.

Se estableció un modelo geofísico-geológico y geotécnico interpretado para cada una de las zonas de estudio, este se compone de cuatro capas: la primera capa consiste en un suelo limoso de coloración café claro, asociado a la meteorización de rocas sedimentarias de tipo lutitas. La segunda capa consiste en un limo arcilloso con tonalidades anaranjadas, este es un material blando que presenta fragmentos de roca meteorizadas (lutitas), son precisamente los materiales propensos a deslizarse en la zona de estudio; bajo estas, se encuentran materiales brechosos, estas presentan una mayor dureza. Finalmente, la capa cuatro del modelo es más rígida y se encuentra en estado sano, es asociada con rocas fracturadas y posiblemente silicificadas.

Se elaboraron tres modelos de flujo para cada uno de los deslizamientos con base en tres volúmenes distintos, mínimo, moderado y máximo. Con base en estos modelos, se proyectó la cantidad de viviendas que se verían afectadas al paso de los flujos de lodos en ambos escenarios y las estructuras de bien social; además, se hicieron recomendaciones para el monitoreo de estos eventos.

## Introducción

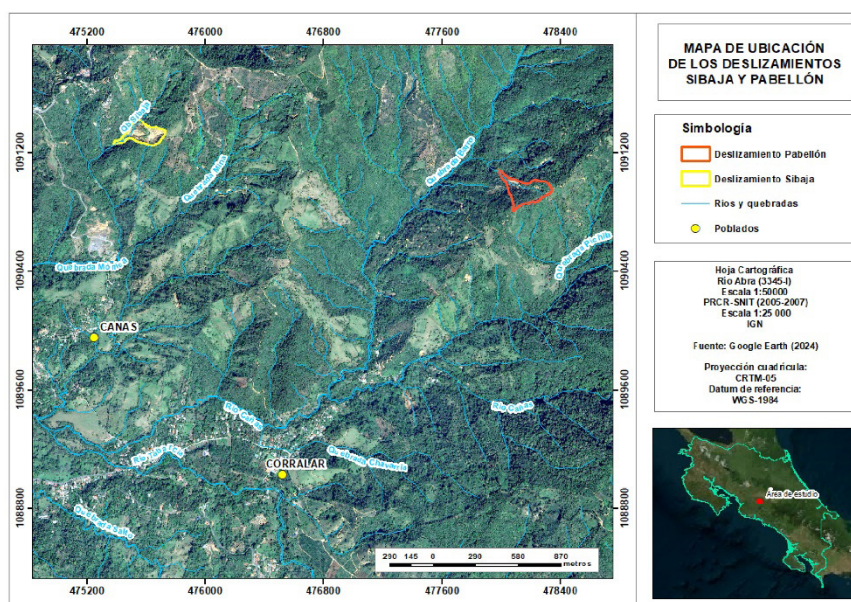
Costa Rica es un país geológicamente activo, de clima tropical y, por lo tanto, con fuertes procesos erosivos, lo cual se traduce en numerosas zonas propensas a deslizamientos. Esto puede generar daños importantes en las infraestructuras que se localicen sobre o en las áreas cercanas y afectación a las personas que habitan allí, además de eventos derivados de estos, como, por ejemplo, los flujos de lodo que arrasan con poblados aguas arriba a estos, por lo que resultan de suma importancia estudios técnicos en el área de interés para caracterizar, determinar los disparadores y, por medio de modelos de flujos de lodos, observar riesgo potencial a las comunidades cercanas a estos.

El cantón de Mora, y específicamente donde se ubican los deslizamientos en estudio, se caracteriza por presentar pendientes fuertes y pronunciadas; además, la inestabilidad de laderas, según los datos históricos, está influenciada directamente por las fuertes precipitaciones que generan la saturación de suelos y la escorrentía superficial (DesInventar, 2024).

El objetivo del proyecto consiste en realizar un análisis de los deslizamientos tanto geológico como geotectónico y geofísico, para identificar los disparadores de cada uno de los, deslizamientos y, además, determinar el volumen de material inestable para elaborar un modelo de flujo de cada uno de los deslizamientos y, con esto, se pretende buscar propuestas de intervención que permitan establecer las bases de un sistema de alerta temprana o de aviso en área de riesgo.

El deslizamiento Sibaja se encuentra ubicado al noreste del poblado de Quitirrisí y al norte del poblado de Cañas, en el distrito de Quitirrisí, cantón de Mora, provincia de San José, mientras que, el deslizamiento Pabellón se localiza al noreste del poblado de Cañas, en el distrito de Tabarcia del mismo cantón y provincia. Ambos se ubican cartográficamente en la hoja Abra (3345-I) del Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:50 000 (Figura 16).

**Figura 16.** Mapa de ubicación de los deslizamientos Pabellón y Sibaja.



## Materiales y métodos

La primera fase consistió en recopilar la información y datos existentes sobre ambas zonas con respecto a la geología, geomorfología y tectónica, además, de realizar giras de campo para corroboración de datos y análisis de antecedentes de cada uno de los deslizamientos.

En la segunda fase, se elaboró un levantamiento topográfico con dron para obtener curvas a mayor detalle de las existentes en las bases de datos, a una escala 1:1000, es decir, curvas cada 2 m para ambas zonas de estudio. Así, se logró delimitar de una mejor forma el área inestable y calcular el volumen del material.

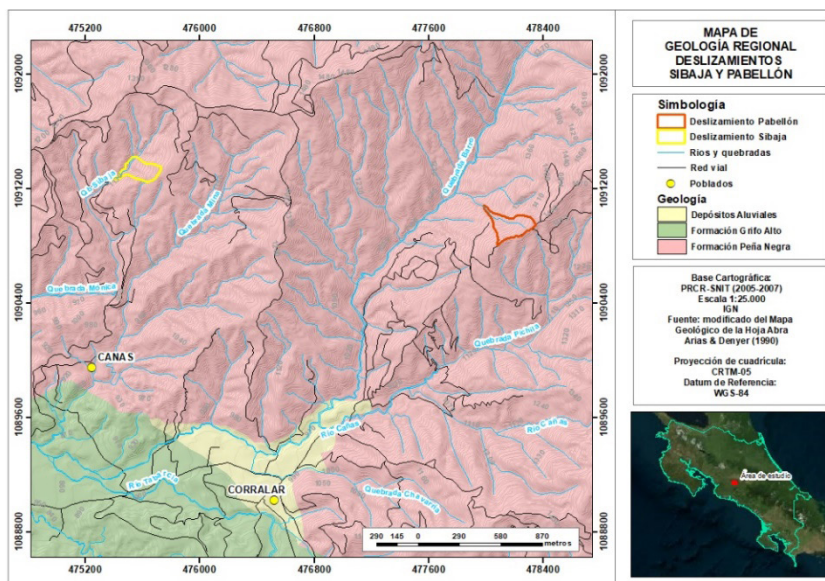
En la tercera fase, se ejecutó un análisis geotécnico de cada una de las zonas de estudio, para esto se realizaron sondeos SPT en las cercanías a la corona de cada uno de los deslizamientos, con el fin de conocer las propiedades mecánicas de los materiales superiores y ubicación de niveles freáticos.

Como cuarta fase, se analizó geofísicamente cada una de las zonas de estudio, por medio de tomografías eléctricas, esto con el fin de determinar el espesor del material blando y deslizable, además de lograr identificar los materiales del subsuelo. Con base en el modelo geológico-geofísico y geotécnico, se determinó el mecanismo de ruptura de los deslizamientos y calculó el volumen potencial deslizable para, finalmente, modelar cada uno de los flujos de lodo por medio de los softwares LaharZ y HEC-RAS.

## Resultados

La geología regional del área de estudio se encuentra constituida por materiales de los periodos Terciario y Cuaternario. De acuerdo con el mapa geológico de la hoja Abra según Denyer y Arias (1990), tanto los distritos de Tabarcia y Quitirrisí como sus alrededores están constituidos por cinco formaciones geológicas o unidades, de tipo sedimentario (Formaciones Peña Negra y Pacacua) e ígneas (Formaciones La Cruz y Grifo Alto) y una unidad cuaternaria de depósitos aluviales, localizada en la parte sur (Figura 17).

**Figura 17.** Mapa de geología Regional en los alrededores de los deslizamientos en estudio



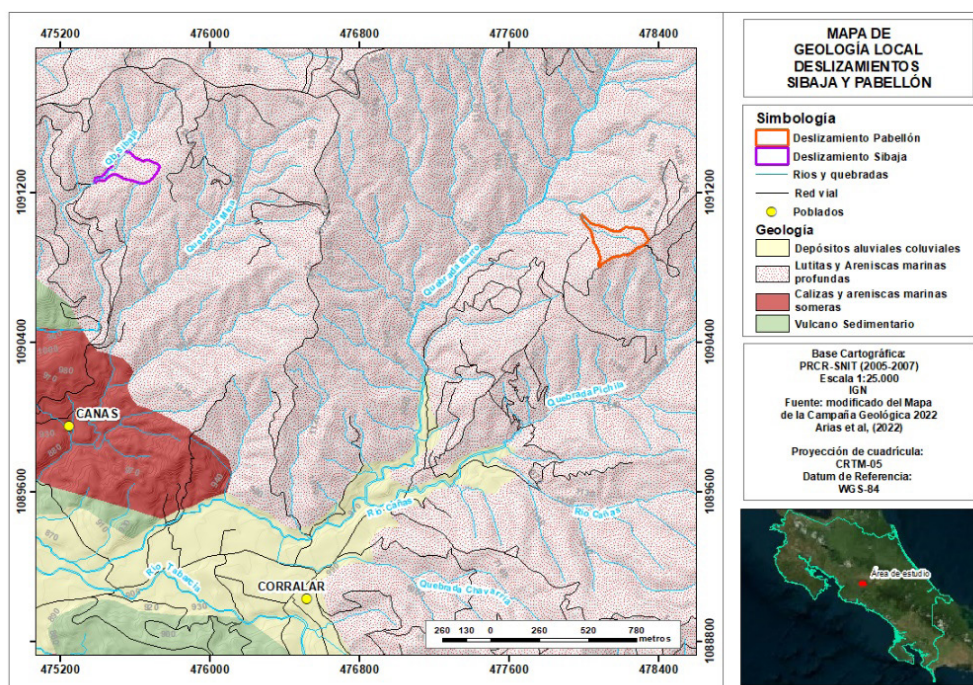
Localmente, según la información de la Campaña Geológica del 2022, se diferencian cinco unidades litológicas: la Unidad Vulcano-Sedimentario asociada a la Formación La Cruz, Calizas y areniscas marinas someras, lutitas y areniscas marinas profundas asociadas a la Formación Peña Negra y depósitos aluviales/coluviales recientes; estas unidades, a su vez, se dividen en diferentes facies (Figura N°18). Precisamente, en la unidad de lutitas y areniscas marinas profundas se encuentran ambos deslizamientos. Con base en el trabajo de campo, se lograron identificar afloramientos muy meteorizados de lutitas finas a muy finas de coloración parda a anaranjada debido a su alto grado de alteración, se encuentran muy fracturadas y friables.

En la parte sur del Valle Central de Costa Rica, zona donde se encuentran ubicados los deslizamientos en estudio, se ubica regionalmente el Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR), el cual constituye un sistema ancho de fallas y pliegues activos, este define el límite oeste entre la placa Caribe

y la microplaca Panamá. El CDCCR se caracteriza por presentar fallas activas sinestrales de rumbo E a NE y dextrales de rumbo N a NW (Montero et al., 2013). Dentro de las fallas activas del CDCCR, se encuentra la falla Jaris, esta se encuentra muy cercana a la zona de estudio y es neotectónica.

Para la zona de interés, existen cuatro estudios importantes se han incluido diferentes trazas de fallas; inicialmente, en el mapa geológico de la Hoja Abra Denyer y Arias (1991), incluyen la traza de la falla Jaris con un movimiento transcurrente dextral, además, incluyen una falla llamada Pacacua con un movimiento transcurrente sinistral. Luego, Montero y Rojas (2014), identificaron una zona transtensiva y le incluyen tres trazas a la falla Jaris, dos de movimiento transcurrente dextral y una zona donde la falla posee un componente normal identificado por evidencia de depósitos aluviales anómalos en una zona de montaña.

**Figura 18.** Mapa de geología local en los alrededores de los deslizamientos en estudio.



La falla Jaris, se extiende al suroeste del Valle Central desde el distrito de Piedras Negras de Mora, continuando al sureste por Palmichal de Acosta, pasando por San Ignacio de Acosta, continuando su traza por el poblado de Monterrey de Aserri, hasta finalizar al sur del poblado de San Pablo de León Cortés (RSN, 2018).

Geomorfológicamente, en el área de estudio, prevalece la morfología de laderas denudaciones de pendiente alta ( $35^{\circ}$ - $55^{\circ}$ ) y es justo en esta unidad donde se encuentran los deslizamientos Pabellón y Sibaja, además de una serie de deslizamientos tanto activos como inactivos (cubiertos por vegetación en la actualidad); por este motivo, se concluye que el factor pendiente es determinante en la inestabilidad de laderas del cantón. A su vez, los alrededores de la zona de estudio se encuentran compuestos en menor proporción por laderas de pendientes moderadas ( $8^{\circ}$ - $35^{\circ}$ ), morfologías de origen fluvial como, por ejemplo, abanico aluvial y terrazas aluviales, y morfologías tectónicas como facetas triangulares y flatirones.

A partir de la información geotécnica, geológica y geofísica, se logró interpretar un modelo para la zona de estudio, el cual se encuentra compuesto por cuatro capas: la primera capa consiste en un suelo limoso de coloración café claro, asociado a la meteorización de rocas sedimentarias de tipo lutitas. La segunda capa consiste en un limo arcilloso con tonalidades anaranjadas, este es un material blando que presenta fragmentos de roca meteorizadas (lutitas), son precisamente los materiales propensos a deslizarse en la zona de estudio, debido a sus características geomecánicas. La capa tres corresponde a materiales brechosos, estas presentan una mayor dureza, según el modelo propuesto, la zona de ruptura se ubica entre los materiales blandos de la capa 2 y esta capa. Finalmente, la capa cuatro del modelo es más rígida y se encuentra en estado sano, es asociada con rocas fracturadas y posiblemente silicificadas.

Una vez determinado el modelo, se calculó el volumen de material deslizable para cada uno de los sitios por medio de tres métodos; con base en los resultados, se utilizó el volumen más alto como valor real con el fin de hacer un análisis más conservador, en el caso del Deslizamiento Pabellón, un valor de 1 737 000 m<sup>3</sup>, mientras que, para el deslizamiento Sibaja, se utilizó un valor de 787 500 m<sup>3</sup>. Para cada uno de los casos, se analizaron tres escenarios de modelos de flujo, clasificados como mínimo, moderado y máximo. En la Figura 19 y la Figura 20 se muestran los modelos de flujo desarrollados en el software LaharZ. Es importante mencionar que se ejecutó una serie de pruebas con el software HEC-RAS para realizar comparaciones entre modelos y programas, sin embargo, los resultados no fueron representativos, debido a que este programa sobredimensionaba cada uno de los eventos.

## Discusión

Tomando en cuenta el modelo geológico-geofísico y geotécnico, se interpreta que el mecanismo de ruptura de ambos deslizamientos está asociado a la saturación de la capa C que, por su brechificación, posee una mayor permeabilidad y siendo la capa inferior del modelo geofísico, se encuentra más sana y con menor permeabilidad, impide el paso del agua y genera presión de poro, y, al superar el límite, se ha provocado el movimiento deslizante.

Como se observa en la Figura 19 y la Figura 20, en ambos casos, el modelo de flujo en los tres escenarios se extiende fuera de los límites del cantón de Mora; sin embargo, es precisamente en este cantón donde se proyecta que existiría una mayor afectación, ya que en los ríos Cañas y Tabarcia es donde se incrementa la extensión lateral del flujo, debido a que son zonas de planicies con pendientes bajas a muy bajas y que, por lo tanto, son áreas de alta exposición. Además, en estos sectores se encuentran los poblados de Corralar y Tabarcia, los cuales corresponden con zonas de considerable asentamiento de población y donde se encuentran estructuras importantes como colegios, escuelas, Ebais, entre otros.

En el caso del deslizamiento Pabellón, se contabilizó un total de 323 viviendas que se encuentran en vulnerabilidad según el modelo de flujo en su escenario más crítico (volumen potencial); de estas, únicamente seis se encuentran afuera de los límites del cantón de Mora, distribuidas en dos sectores cuatro en las cercanías al río Candelaria y dos en las cercanías al río Tabarcia. Mientras que, con base en el modelo real (volumen actual), se proyecta que se afectarían alrededor de 167 viviendas, las cuales están totalmente en los límites del flujo modelado.

Figura 19. Mapa de modelos de flujo para el deslizamiento Sibaja

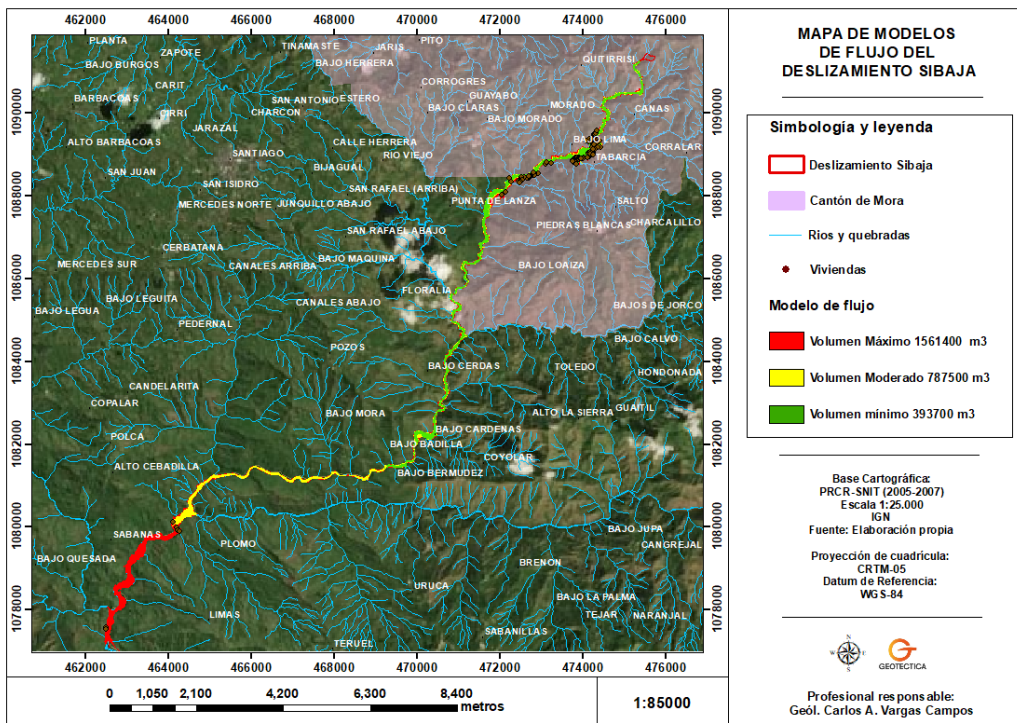
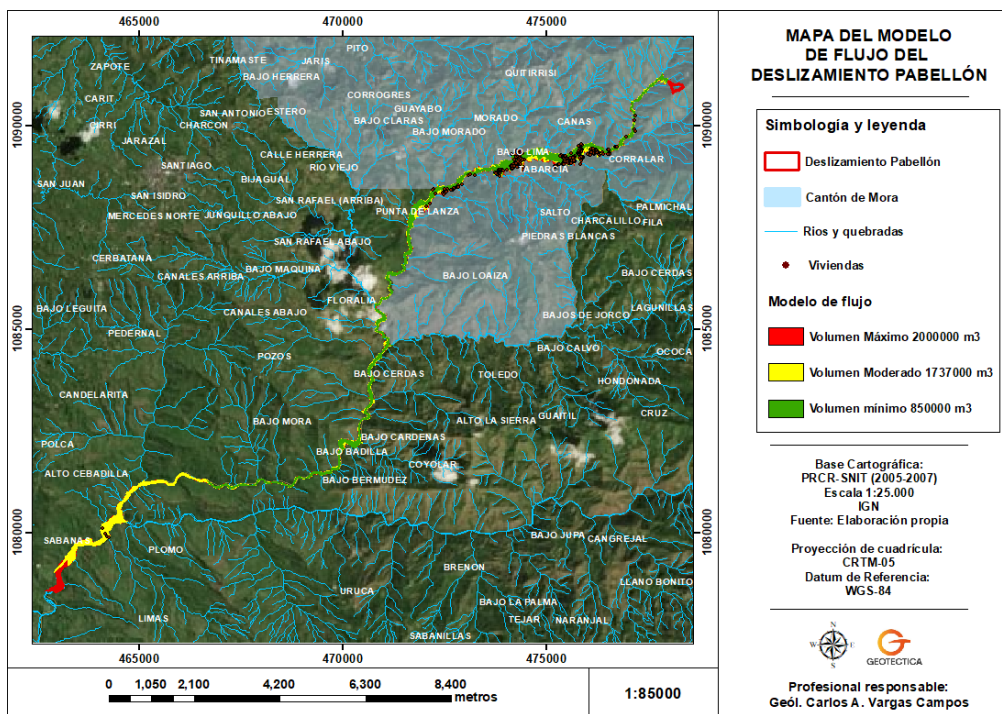
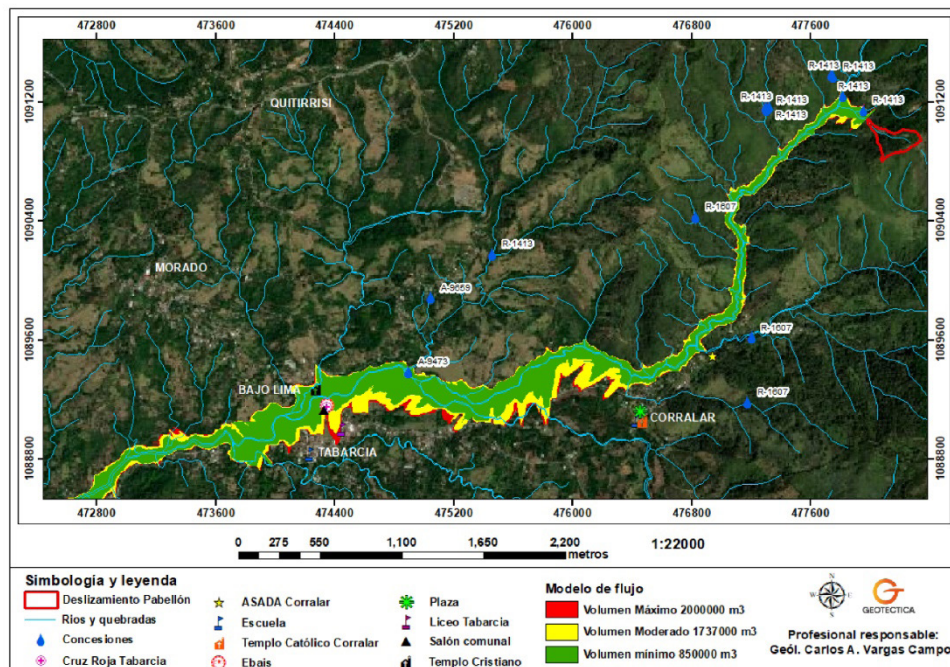


Figura 20. Mapa de modelos de flujo para el deslizamiento Pabellón



Asimismo, se determinó la existencia de dos concesiones de nacientes administradas por el acueducto rural de Tabarcia de Mora que están dentro de los límites del flujo de lodos modelado, estas son nombradas como Volcafe y Volcafe 2 y se localizan muy cerca de la base del deslizamiento Pabellón, en la margen derecha de la Quebrada Barro (Figura 21); la importancia de su delimitación junto con el modelo de flujo es que al paso del movimiento de masas se podrían generar daños en la infraestructura de la captación y esto, a su vez, podría conllevar a dificultades de abastecimiento de agua a la población y ocasionar un problema social adicional.

**Figura 21.** Mapa de modelos de flujo para el deslizamiento Pabellón



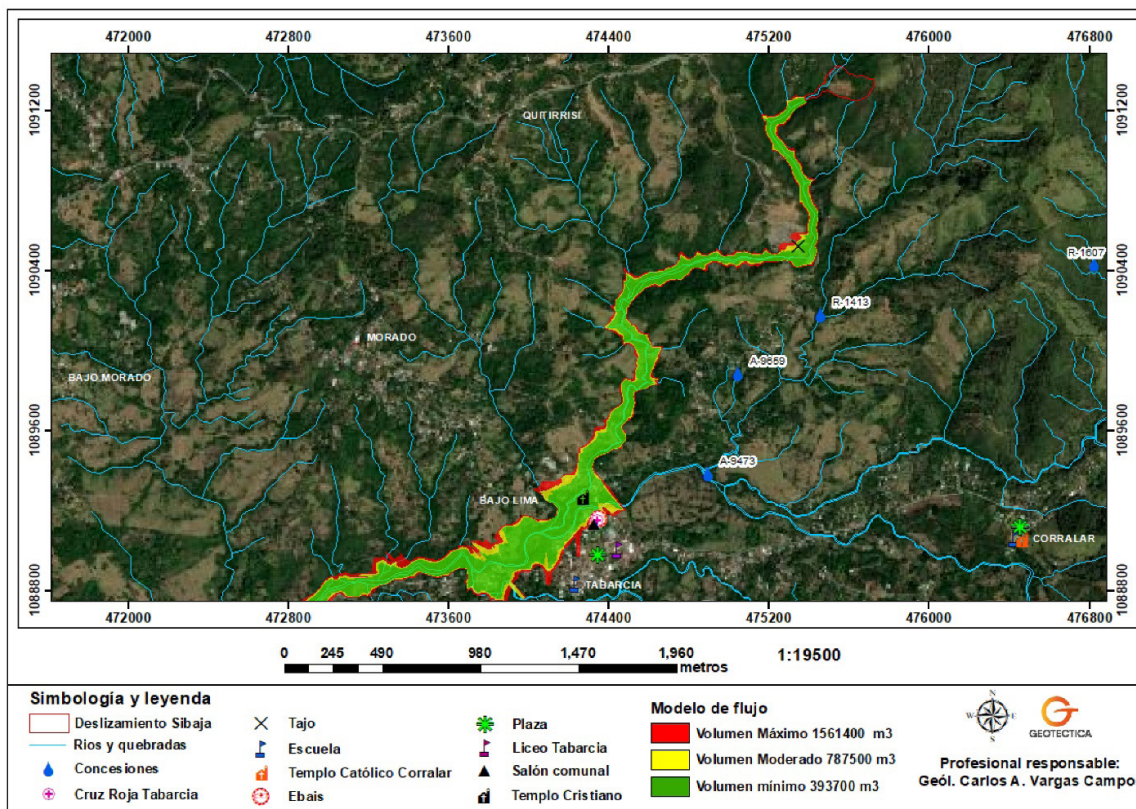
Por otro lado, en la zona del deslizamiento Sibaja, se contabilizó un total de 156 estructuras distribuidas en viviendas y comercio que se encuentran en vulnerabilidad según el modelo de flujo en su escenario más crítico (volumen potencial); de estas, únicamente siete se encuentran afuera de los límites del cantón de Mora, distribuidas en dos sectores, seis en las cercanías al río Candelaria y uno en las cercanías al río Tabarcia. Mientras que, con base en el modelo real (volumen actual), se proyecta que se afectarían alrededor de 77 viviendas, las cuales están totalmente en los límites del flujo modelado.

Asimismo, en el caso del deslizamiento Sibaja (Figura 22), las estructuras de interés social que se proyecta serían afectadas en el poblado de Tabarcia corresponden con el Ebais, la Cruz Roja, el salón comunal y un templo cristiano. Estas estructuras se verían afectadas en todos los escenarios. Según las bases de datos de Dirección de Aguas, no se encuentran concesiones de nacientes en esta zona.

Como se observa en ambos modelos, a medida que se aleja de la fuente, el ancho del área del flujo del deslizamiento modelado disminuye; esto es congruente con el hecho de que a mayor tiempo y distancia de viaje el flujo de masa va perdiendo su volumen. Lo anterior favorece el hecho de que la afectación fuera de los límites del cantón de Mora sea inferior sumado el hecho de que, no corresponden con zonas de alta concentración de población.

Al observar la magnitud potencial del flujo de lodos en cada caso, es claro que, al encontrarse relativamente cerca en un evento hidrometeorológico importante que afecte la zona, podría generarse el desprendimiento del material en ambos sitios y crear un evento de riesgo de mayor magnitud que, potencialmente, podría afectar una mayor cantidad de viviendas debido a que estos dos flujos podrían coincidir en algún punto en el río Tabarcia.

**Figura 22.** Mapa de modelos de flujo para el deslizamiento Pabellón



Es evidente la necesidad de monitorear cada uno de los deslizamientos y de contar con los protocolos necesarios ante un evento de flujo de lodos como los modelados, ya que, según se proyecta, aún en el escenario de volumen mínimo se afectarían viviendas, comercio y estructuras de bien social, además de captaciones de nacientes y vías de comunicación terrestre.

Debido a los resultados obtenidos y considerando que el disparador principal son las altas precipitación es importante realizar actividades de monitoreo continuo del área, compra e instalación de al menos una estación pluviométrica que permita disponer de datos de precipitación en la zona en tiempo real y realizar una recopilación de registros de lluvia para la zona. Además, aplicar métodos de control de aguas superficiales y presión de poros mediante la construcción de contracunetas, cuneta y canales para interceptar las aguas en la zona. También es relevante capacitar a las comunidades presentes en el área de estudio ante la ocurrencia de desastres de origen natural, por medio de capacitaciones y dotación de equipos de alerta temprana.

Asimismo, es necesaria la divulgación del tema para que la población que habita en las zonas vulnerables aguas abajo de la quebrada Barro y Sibaja, sea consciente del riesgo y de su posible afectación.

## Conclusiones

Los modelos geofísicos-geológicos y geotécnicos interpretados están compuestos por cuatro capas para ambos sectores, la capa 3 corresponde a materiales brechosos, estas presentan una mayor dureza; según el modelo propuesto, la zona de ruptura se encuentra entre los materiales blandos de la capa 2 y esta capa. Finalmente, la capa 4 del modelo es más rígida y se encuentra en estado sano, se asocia con rocas fracturadas y posiblemente silicificadas.

Se concluye, por medio del modelo de flujo más crítico para el deslizamiento Pabellón, que el flujo de lodos se desplazaría una distancia de 28 km aproximadamente y, para el deslizamiento Sibaja, una distancia de 27.5 km siguiendo los cauces de los cursos principales en cada caso. Con base en las proyecciones elaboradas, a su paso afectarían 323 viviendas en el caso de Pabellón y 156 estructuras distribuidas entre viviendas y comercio en Sibaja, además de carreteras o caminos vecinales que se encuentran dentro del área delimitada. Igualmente, se verán afectadas, en ambos casos, estructuras de bien social como el Ebais, la Cruz Roja, el salón comunal y un templo cristiano. Únicamente en el caso de Pabellón se verían afectadas dos captaciones de nacientes (Volcafe y Volcafe 2) muy cercanas al punto de inicio del flujo de lodo.

Con base en todos los resultados, se concluye que el principal disparador para ambos deslizamientos corresponde con las precipitaciones intensas, la saturación de suelos y la escorrentía superficial, esto, más que todo, en eventos hidrometeorológicos importantes como tormentas tropicales. Además, se considera que eventos sísmicos importantes que ocurran en la zona en un momento cuando hay una gran saturación del suelo producto de las lluvias, se podría considerar dentro del umbral de disparo del movimiento de masa de los deslizamientos Pabellón y Sibaja, agravando la situación.

A partir de los modelos de flujo elaborados, es claro que si cedieran los dos deslizamientos en un mismo momento, debido al alto volumen de cada evento y a que ambos se desplazarían por el mismo río Tabarcia, sería una proyección más catastrófica al encontrarse, en algún punto del cauce, ambos volúmenes de lodos cerca de los poblados importantes.

Por este motivo, es recomendable desarrollar actividades de monitoreo continuo en cada área con el fin de observar cambios y establecer las bases de un sistema de alerta temprana (SAT) o de aviso, entre estas: realizar levantamientos topográficos con dron para observar cambios y la posible generación de rasgos de inestabilidad; hacer visitas de campo periódicas por parte de Municipalidad o de la CNE; implementar métodos de control de aguas superficiales y de presión de poros mediante la construcción de contracunetas, cunetas, canales y tratar de interceptar las aguas en la zona; la compra e instalación de al menos una estación pluviométrica para realizar un monitoreo hidrometeorológico, entre otros.

## Referencias

Arias, L., Arrieta, I., Arroyo, D., Cabezas, G., Calvo, L., Calvo, E., Chinchilla, J., Corrales, S., Coto, C., Cubillos, F., Fernández, S., Fregni, S., Gómez, J., Gómez, B., Hajaji, S., Masís, J. M., Méndez, A., Montoya, N., Mora, M., Mora, A., Mora, T., Rodríguez, D., Salazar, E., Solís, D., Torres, O., Valverde, M. y Vargas, D. (2022). Informe de campaña Geológica, Distrito de Mora, Provincia de San José. Universidad de Costa Rica

Denyer, P. y Arias, O. (1991). Mapa Geológico de la Hoja Río Grande, escala 1:50000, IGN.

DesInventar. (2019). Sistema de Inventario de Efecto de los Desastres, <http://www.desinventar.org>

Montero, W. y Rojas, W. (2014). Las fallas Purires y Picagres, y su relación con la secuencia sísmica de Puriscal de 1990. *Revista Geológica de América Central*, 50, 39-69.

Red Sismológica Nacional. (2018). *Fallas activas*. <https://rsn.ucr.ac.cr/component/content/article/99-actividad-sismica/fallas-activas-ii/3447-falla-picagres?Itemid=225>

# Tres años de sistematización de la información de gestión de riesgo de desastres en el AyA

**María José Aguilar Valverde**

**José Pablo Bonilla Valverde**

**German Mora Rodríguez**

Costa Rica

Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Universidad de Costa Rica

## Resumen

Los anuarios buscan sintetizar el quehacer institucional en una temática determinada. Desde el 2021, el AyA ha generado anuarios respecto las acciones realizadas en la gestión de riesgo de desastres (GRD). La información obtenida permite conocer los datos en la temática de daños y pérdidas ante amenazas o desastres en acatamiento a lo establecido en la Ley 8488, además de brindar una perspectiva del accionar del AyA en la temática de la GRD en general. Contar con información es de suma importancia para la toma de decisiones, por lo que estos anuarios son una materia prima valiosa y trascendental que genera insumos para una respuesta oportuna, rápida y adecuada; al mismo tiempo, permiten identificar opciones de mejora y retos en esta temática.

Estos anuarios son un reporte consolidado de la gestión e inversión que realiza la institución en la GRD en el periodo 2021-2023, permite visualizar las mejoras a incorporar en los procesos de captura de información para tener una mayor captación de datos. Este resumen de las acciones en GRD del AyA es de gran importancia, ya que garantizar el acceso al agua es primordial para la salud pública, aún más en escenarios en los cuales se interrumpe el servicio por un evento provocado por una amenaza o desastre.

**Palabras clave:** AyA, sistematización, datos en GRD.

## Introducción

En el mes de mayo de 2019, se consolida de nuevo el Área Funcional de Gestión de Riesgo (AF-GR) del AyA con el nombramiento de un director y dos profesionales luego de estar sin profesionales por un año y sin un director por dos años. Dentro de las primeras acciones que ejecuta el nuevo equipo de trabajo del AF-GR, fue replantear el objetivo de la Perspectiva del Proceso Interno número 26 (PPI-26) del Plan Estratégico Institucional (PEI) 2015-2020 (AyA, 2017), el cual planteó, en su momento, la transversalización de la gestión de riesgo de desastres (GRD) en toda la gestión institucional para generar capacidad en los procesos de prevención, mitigación y respuesta en la atención *ex ante*, durante y post de una emergencia (AyA, 2017).

A partir de este trabajo y de comenzar a laborar en la transversalización de la GRD en toda la gestión institucional, el área funcional identificó la falta de una base de datos institucional consolidada con datos y las acciones institucionales de prevención, respuesta y reconstrucción. Se identificó, de igual manera, la necesidad de contar con herramienta innovadoras para recolectar la información y generar la cultura institucional para que se generen los reportes correspondientes.

Como resultado, se genera el subproceso *Sistematización de la afectación en la continuidad del servicio por amenazas y desastres* (SACSAD - GTE-105-02), en el marco del Sistema de Gestión de Calidad de la Institución. De esta manera, se consolida el Formulario *GTE-105-02-F3 Reporte anual de Daños y Pérdidas de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en sistemas de agua potable y saneamiento*; este formulario es el anuario que consolida la gestión e inversión que realiza la institución en la GRD anualmente y que inició en el 2021.

El objetivo de los anuarios es elaborar, anualmente, una memoria institucional de las afectaciones o potenciales afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en los sistemas de agua potable y saneamiento del país, para generar insumos institucionales para la toma de decisiones que incidan en las fases de respuesta, rehabilitación y reconstrucción, y mejorar capacidades en estas fases a futuro.

## Metodología

El anuario consiste en un formulario con un patrón establecido en formato Word (y la versión final en PDF con las firmas correspondientes), donde se recopila la información del periodo en curso, en este se plantean los objetivos del anuario, se resumen los eventos reportados para el año que se está evaluando, se califican y cuantifican las afectaciones y costos a nivel de componentes de los sistemas, población afectada, y proyectos de reconstrucción. Para finalizar, el anuario contempla las limitaciones y plantea una serie de lecciones aprendidas y conclusiones para cada periodo.

Para recolectar los datos existieron dos formularios hasta el 2021. Un primer formulario en formato Excel para la recolección inmediata de las afectaciones (GTE-105-02-F1), particularmente eventos a gran escala, es decir, cuando un evento afectó varios sistemas a la vez en distintos cantones (por ejemplo, con el impacto de un huracán). En este formulario se recopilaba la información básica del sistema, como nombre del sistema, ubicación geográfica del sistema, evento, tipo de afectación, población afectada y acciones realizadas.

El segundo formulario era un documento en Word basado en las fichas EDAN (GTE-105-02-F2). En estas, se solicitaban más detalles como cantidad o medidas de la afectación en los componentes del sistema, horas de desabastecimiento, detalles de materiales, costos de la atención de la afectación, necesidades para restablecer el sistema, detalles de acceso al punto de la afectación, entre otros.

Desde el 2021 existe una aplicación web que permite reportar los daños y pérdidas por sistema y por evento puntual, esta aplicación se llama *Sistema Integral de Gestión del Riesgo asociados a los Sistemas de Agua Potable y Saneamiento* (SIGR-APS); se desarrolló en la aplicación Power Apps de Microsoft y sustituye al formulario F2, el fin era automatizar las antiguas fichas EDAN.

El presente informe resume los datos más relevantes que han reportado las subgerencias operativas del AyA (GAM y Periféricos) y la Subgerencia de Gestión de Sistemas Delegados para el caso de ASDAS. Los informes con que se cuentan son:

- Reporte anual de Daños y Pérdidas de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Periodo: 2021 (AyA, 2022).
- Reporte anual de Daños y Pérdidas de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Periodo: 2022 (AyA, 2023).

- Reporte anual de Daños y Pérdidas de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Periodo: 2023 (AyA, 2024).

## Resultados y discusión

Los anuarios generados desde el 2021 le han permitido al Instituto ir creando una base de datos institucional con datos de los sistemas de acueductos que reportan daños por eventos que generan afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres. Durante los tres periodos documentados (2021-2023), se han reportado un total de 141 sistemas de acueductos afectados en su continuidad del servicio por algún evento originado por amenaza o desastre, siendo los años 2021 y 2022 los que reportaron mayor cantidad de sistemas afectados (72 sistemas para el 2021 y 58 sistemas en el 2022); en la Tabla 6, se pueden ver en detalle los eventos y la cantidad de sistemas afectados por periodo.

**Tabla 6.** Cantidad de Sistemas de acueductos afectados por periodo

Periodo	Evento	Fecha	Declaratoria nacional de emergencia	Sistemas AyA afectados	ASADAS afectadas	Número de sistemas de acueductos reportados con afectación
2021	Temporal en la Vertiente del Caribe	jul-21	Sí	18	53	71
	Fuertes lluvias en el Pacífico	ago-21	No	1		1
	<b>Total de sistemas afectados en el periodo 2021</b>			<b>19</b>	<b>53</b>	<b>72</b>
2022	Olor y sabor extraño en la red de distribución Guadalupe	mar-22	No	1	0	1
	Fuertes precipitaciones - Tormenta tropical Bonnie	jul-22	Sí	5	13	18
	Daño en toma río Barranca	nov-22	No	1	0	1
	Fuertes precipitaciones - Huracán Julia	oct-22	Sí	3	35	38
	<b>Total de sistemas afectados en el periodo 2022</b>			<b>10</b>	<b>48</b>	<b>58</b>

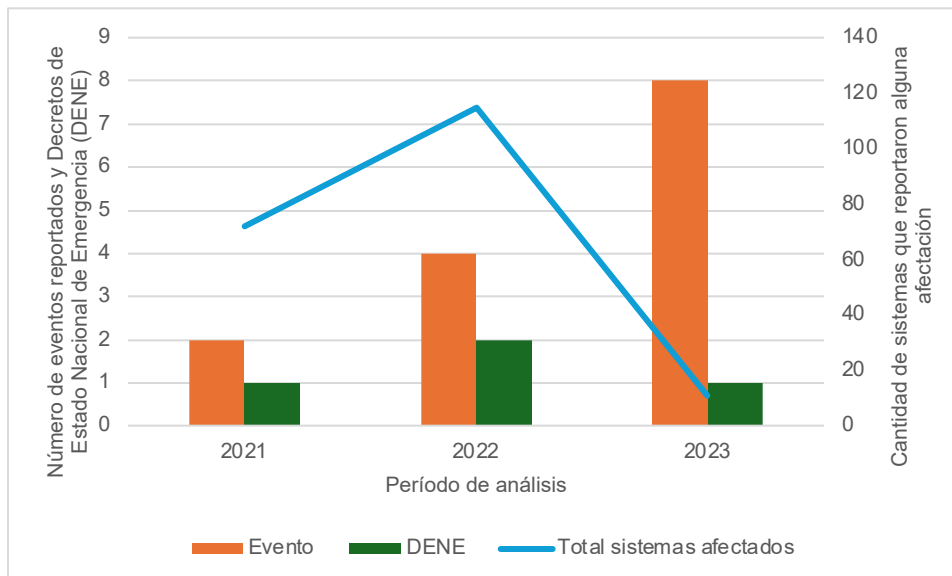
2023	Contaminación por mercurio en Crucitas	mar-23	Sí		1	1
	Fuertes lluvias	mar-23	No	1		1
	Fuertes lluvias	may-23	No		1	1
	Contaminación fuentes	jun-23	No	1		1
	Sequía	jun-23	No		1	1
	Fuertes lluvias	ago-23	No		1	1
	Contaminación Alajuelita	sep-23	No	1		1
	Fuertes lluvias	oct-23	No	2	2	4
	<b>Total de sistemas afectados en el periodo 2023</b>				<b>5</b>	<b>6</b>

En total, en los tres periodos analizados, se han realizado siete (7) Declaratorias de Estado Nacional de Emergencia (DENE) por parte del Poder Ejecutivo, en cuatro (4) de los siete (7) decretos se han visto afectados sistemas de abastecimiento y saneamiento. En los cuatro (4) casos que ha habido afectaciones en sistemas de abastecimiento y saneamiento, el Área Funcional de Gestión de Riesgo ha realizado los reportes y procesos correspondientes para atender los proyectos que se solicitaron en el marco de estas emergencias. Las cuatro DENE en que el AyA ha realizado reportes para el Plan General de la Emergencia (PGE) de acuerdo con el artículo de la Ley 38 y 39 de Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo (Ley 8488) son:

- [43131](#) del 27/07/2021: Declara estado de emergencia nacional la situación provocada por el temporal en la vertiente del Caribe, asociada al paso de las ondas tropicales durante los días 22, 23 y 24 de julio del 2021.
- [43626](#) del 08/07/2022: Declaratoria de emergencia nacional por los efectos generados por la acumulación de lluvias en el territorio nacional ocasionados por las ondas tropicales números 11, 12 y la tormenta tropical Bonnie.
- [43754](#) del 19/10/2022: Declaratoria de emergencia nacional por los efectos del huracán Julia.
- [43949](#) del 02/03/2023: Declara estado de emergencia nacional en el distrito Cutris, poblados Crucitas, El Roble, Chamorro y Chorreras, y el distrito Pocosol, poblados Llano Verde y El Jocote, por los efectos generados por la contaminación de las fuentes de agua potable con mercurio.

En la Figura 23, se presenta el número de eventos reportados en barras naranjas y el número de DENE donde el AyA reportó al PGE (barras verdes) por año. La cantidad total de sistemas con reporte de afectación por año se muestra en la línea azul. Como se observa, el número de eventos reportados ha aumentado, lo cual es congruente con la difusión del sistema para el reporte. Sin embargo, es evidente que aún falta alcanzar más población porque no han ocurrido solo ocho (8) eventos en todos los sistemas del país en el 2023. Es importante señalar que el número de eventos y los DENE no guardan relación con el número de sistemas afectados.

**Figura 23.** Número de eventos reportados, Decretos de Estado Nacional de Emergencia (DENE) donde el AyA reportó al PGE y cantidad total de sistemas con reporte de afectación por año.



El último de estos ya está cesado por medio del Decreto Ejecutivo (DE) [43690](#). Los decretos del estado nacional de emergencia en los que el AyA no generó un reporte para el PGE son *Declara estado de emergencia nacional en todo el sector público del Estado costarricense, debido a los cibercrímenes que han afectado la estructura de los sistemas de información* (DE [43542](#) del 08.05.2022); *Declaratoria de emergencia nacional por la influencia directa de la zona de convergencia intertropical* (DE [43752](#) del 19/10/2022) y *Declaración de estado de emergencia por los flujos migratorios mixtos en el territorio nacional* (DE [44219](#) del 28.09.2023).

De los anuarios de estos tres años, se obtuvo que, mayormente, los componentes de los sistemas que reportan daños son los de producción y conducción, es decir, las tuberías, pasos elevados, captaciones, planta potabilizadora y sistemas de bombeo. En la Figura 24, se observa un ejemplo de afectación en componente de producción por fuertes precipitaciones, sistema de Barranca operado por A y A.

**Figura 24.** Afectación por fuertes precipitaciones en componentes de producción.



La línea azul de la imagen indica la ubicación donde se encontraba el dique.

Para el periodo 2021, se vio afectada una población total de 181 166 personas; en el periodo 2022, una población total de 225 367 personas y, para el periodo 2023, un total de 92 326 personas. En los tres periodos el evento que generó mayor afectación a usuarios fueron los eventos asociados a fuertes precipitaciones o huracanes y la mayor cantidad de usuarios afectados correspondieron a personas abastecidas por sistemas operados por AyA.

En cuanto a los costos de atender estas afectaciones para el periodo 2021 en los sistemas operados por el AyA, se utilizó un total de ¢13.945.671,07 en la fase de rehabilitación, y para la reconstrucción se reportó que se requieren ¢275.000.000,00. Los sistemas operados en la GAM, a pesar de reportar afectaciones en sus sistemas no reportaron costos, pues se indicó que utilizó presupuesto ordinario.

Para el caso de los sistemas operados por ASADAS, se utilizó un total de ¢27.402.849,84 en la fase de rehabilitación y para la reconstrucción se reportó que se requieren ¢201.036.536,62. La ORAC Metropolitana, a pesar de informar afectaciones en sus sistemas, no reportó costos.

Los costos reportados por los sistemas de acueductos operados por el AyA corresponden a costos asumidos por el presupuesto institucional. Para el caso de los costos reportados para los sistemas operados por ASADAS, dados los formularios que se utilizan, no se detalla con exactitud cuánto del porcentaje del costo reportado corresponde a gastos asumidos por el presupuesto de cada ASADA o del AyA. En el periodo 2022, se reportó para la atención del evento de Fuertes precipitaciones - Huracán Julia ¢2000,80 millones corresponden a proyectos de sistemas operados por el AyA y ¢619,32 millones corresponden a proyectos de reconstrucción de sistemas operados por ASADAS.

Para el caso de los costos del evento Fuertes precipitaciones - Tormenta Tropical Bonnie, solo dos ASADAS reportaron costos para proyectos de reconstrucción, estos dos proyectos corresponden al monto de ¢41,44 millones que se asocian a proyectos de reconstrucción de componentes de producción de los sistemas.

Y finalmente, para el 2023, los costos de atención de afectaciones a nivel país fue de 636,7 millones de colones, de los cuales 608,3 millones de colones corresponden a sistemas del AyA (95,5%) y 28,4 millones de colones a sistemas delegados (4,5%).

Del total de 608 millones de colones, el 97% corresponde a los costos de la atención de un único evento, la construcción de la planta y equipamiento de pozos para el sistema de Colorado de Abangares, con 2000 usuarios beneficiados.

Los resultados obtenidos por medio de los anuarios nos permiten consolidar una base de datos institucionales asociados a las afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas y desastres, y esta es una herramienta útil para analizar información asociada a la gestión del riesgo, por ejemplo, cuáles elementos son más vulnerables, las regiones más afectadas, usuarios afectados y gastos anuales en estos tipos de eventos.

Se busca generar una base de datos institucional robusta que, en unos años, permita realizar análisis más detallados de este tipo de información. Actualmente, se está trabajando en la mejora de recopilación de datos, ya que, a nivel institucional, no existe la cultura de reportar todas las afectaciones por amenazas o desastres; en muchos casos, estas no se reportan, por lo tanto, no queda registrada la información completa en los anuarios.

## Conclusiones y recomendaciones

- Con los anuarios de los últimos tres años, hemos identificado que la mayor cantidad de población afectada por amenazas o desastres corresponde a usuarios AyA; sin embargo, los componentes o sistemas más afectados, por lo general, tienden a ser sistemas operados por ASADAS. Además, se evidencia en los anuarios que los componentes más vulnerables son los de conducción y producción.
- Estos anuarios son los primeros pasos de la institución para consolidar la sistematización de información de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres y, en estos años, se ha estado trabajando en divulgar la importancia a lo interno de la institución de realizar estos reportes y del uso de las herramientas disponibles para este fin. Del 2022 al 2023, se notó un aumento en el uso del sistema SIGR-APS y con los programas de divulgación que se han implementado, en el 2024, se espera que siga en aumento.
- La herramienta SIGR-APS se actualizó para el 2024 y permite elaborar reportes automáticos en caso de que la afectación reportada requiera apoyo de algún Comité Municipal de Emergencia, esta herramienta seguirá actualizándose conforme a las necesidades de los operadores de los sistemas.
- Se evidencia la necesidad de mejorar el reporte de datos de población afectada y costos de atención y rehabilitación, pues, en algunos casos, indican 0 solo por no conocer el dato al momento de realizar el reporte o al utilizar presupuesto ordinario, en el caso de costos, no lo reportan.
- Se debe continuar con las capacitaciones institucionales en la temática de atención de afectaciones en la continuidad del servicio con el fin de generar una cultura institucional en la temática de gestión de riesgo y adaptación al cambio climático.
- El Área funcional se capacita constantemente y participa en proyectos nacionales e internacionales en estas temáticas con el fin de generar capacidades y transferirlas a la institución.

## Referencias

- AyA. (2022). *Reporte anual de Daños y Pérdidas de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Periodo: 2021*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, UEN Investigación y Desarrollo.
- AyA. (2023). *Reporte anual de Daños y Pérdidas de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Periodo: 2022*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, UEN Investigación y Desarrollo.
- AyA. (2024). *Reporte anual de Daños y Pérdidas de afectaciones en la continuidad del servicio por amenazas o desastres en sistemas de agua potable y saneamiento. Periodo: 2023*. Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, UEN Investigación y Desarrollo.
- Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE). (2016). *Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030*. [www.cne.go.cr](http://www.cne.go.cr).
- Comité Técnico Asesor. Sistema de Emergencias 9-1-1. (2024). 901-Inundaciones.
- Consejo Nacional de Rectores (CONARE), Programa Estado de la Nación. (2023). *Informe Estado de la Nación*. [https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2023/11/Carpeta-de-Prensa\\_vf.pdf](https://estadonacion.or.cr/wp-content/uploads/2023/11/Carpeta-de-Prensa_vf.pdf)

- García, F. P. (2024). AyA espera resultados de nuevas muestras de agua para decidir próximas medidas en emergencia de contaminación en Barranca. *Semanario Universidad*.
- Iberdrola, S. (2024). *IBERDROLA*. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/comprometidos-objetivos-desarrollo-sostenible/ods-6-agua-limpia-y-saneamiento#:~:text=El%20ODS%20%20busca%20garantizar,conflictos%20y%20el%20cambio%20clim%C3%A1tico>.
- Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica. (2023). *Perspectiva climática anual 2023*. <https://www.imn.ac.cr>.
- Kapucu, N. (2006). Interagency communication networks during emergencies: Boundary spanners in multiagency coordination. *The American Review of Public Administration*, 207-225. <https://doi.org/10.1177/0275074005280605>
- Salud, O. P. (2023). *El Niño Southern Oscillation Related Alerts Dashboard*. <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/cfc136bd4f46493d8f61dc0f52a1cc5d>
- Teletica.com. (12 de agosto de 2024). Defensoría de los Habitantes declara el 2024 como el año de alerta roja por crisis de agua. [https://www.teletica.com/nacional/defensoria-de-los-habitantes-declara-el-2024-como-año-de-alerta-roja-por-crisis-de-agua\\_361861](https://www.teletica.com/nacional/defensoria-de-los-habitantes-declara-el-2024-como-año-de-alerta-roja-por-crisis-de-agua_361861)
- UNDRR y OCHA. (2023). *Panorama de los desastres en América Latina y el Caribe 2000-2022*. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres y la Oficina de Coordinación de Asuntos Humanitarios. [www.undrr.org/media/89902/download?startDownload=true](http://www.undrr.org/media/89902/download?startDownload=true)
- Zurich Flood Resilience Alliance y Cruz Roja Costarricense. (2024). *Flood Resilience in Costa Rica: Resource Compilation*. *PrepareCenter*. <https://preparecenter.org/resource/floodresilienceincostarica>.

# Impacto de la participación estudiantil en la UAED Psicosocial: aprendizajes y desafíos en la formación en gestión de riesgo

**Bach. Sara Fernández Araya**  
**Bach. Clarissa Madrigal Vindas**  
**Bach. Keity Meléndez Ortega**  
**Bach. Daniela Mora Badilla**  
Costa Rica  
Universidad de Costa Rica

## Resumen

Este trabajo presenta cómo la participación estudiantil en la Brigada de Acompañamiento Psicosocial en Emergencias y Desastres de la Universidad de Costa Rica permite aplicar conocimientos teóricos en situaciones reales, promoviendo tanto el aprendizaje práctico como la conciencia social. A través de una metodología cualitativa basada en entrevistas y sistematización de experiencias, se analizaron los impactos en la formación estudiantil y los desafíos enfrentados en el campo.

Los resultados destacan un aumento significativo en las habilidades prácticas, trabajo en equipo y capacidad de adaptación de los estudiantes. Asimismo, se identifican desafíos como la falta de recursos y la necesidad de trabajar desde un enfoque de género. El trabajo concluye con recomendaciones orientadas a fortalecer la formación de futuras brigadistas y optimizar los recursos y el apoyo emocional dentro del equipo.

**Palabras clave:** acompañamiento psicosocial, enfoque de género, trabajo de campo, participación estudiantil.

## Introducción

La gestión de riesgos y la atención psicosocial en situaciones de emergencia representan un desafío complejo, especialmente para profesionales en formación. La carrera de Psicología proporciona una sólida base teórica, pero la intervención en contextos reales requiere habilidades que solo se desarrollan a través de la práctica. En este sentido, la Unidad de Apoyo: acción social, formación, e investigación desde un enfoque psicosocial en emergencias y desastres de la Escuela de Psicología de la Universidad de Costa Rica (UAED Psicosocial) brinda al estudiantado una oportunidad única para aplicar sus conocimientos en situaciones reales, al mismo tiempo que promueve su desarrollo personal y profesional.

El presente trabajo busca analizar la experiencia de estudiantes avanzadas de Psicología que participan en esta Brigada, evaluando el impacto de su labor en el campo y las competencias que desarrollan a lo largo del proceso. Aunque cada comunidad presenta desafíos y necesidades particulares, es fundamental contar con una formación robusta que permita a los estudiantes enfrentar situaciones de alta complejidad sin comprometer su seguridad o bienestar emocional.

Esta ponencia no solo busca documentar las experiencias formativas de las asistentes a la Brigada, sino también identificar áreas de mejora que contribuyan al fortalecimiento de futuras brigadistas. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos:

1. Analizar el impacto que tiene la participación en la UAED Psicosocial en la formación estudiantil.
2. Señalar las habilidades adquiridas durante la experiencia.
3. Identificar los desafíos enfrentados y proponer mejoras para futuras intervenciones.

La relevancia de este trabajo radica en su contribución al desarrollo de programas que integren la teoría y la práctica, mejorando así la preparación de estudiantes para intervenir eficazmente en situaciones de emergencia, siempre con una visión crítica y reflexiva.

## Metodología

Esta ponencia utiliza un enfoque cualitativo, basado en la sistematización de experiencias. La técnica de sistematización de experiencias, tal como la describen Tapella y Rodríguez (2014), es utilizada para analizar las vivencias de las estudiantes participantes. Este enfoque busca comprender los procesos y aprendizajes que emergen durante su intervención en el campo, permitiendo una reflexión crítica sobre los factores que favorecen u obstaculizan el cumplimiento de los objetivos de la UAED. Según Jara (1988), esta metodología permite descubrir la lógica detrás del proceso vivido, identificar las variables intervinientes y cómo estas se relacionan entre sí, lo que resulta esencial para interpretar el impacto de la participación estudiantil.

El proceso de recolección de datos incluyó entrevistas semiestructuradas aplicadas a las asistentes de la Brigada, además de la revisión de informes y registros generados durante las actividades en campo. Las entrevistas abordan aspectos como las competencias adquiridas, los retos emocionales y logísticos, el apoyo docente y el impacto de las intervenciones en las comunidades.

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante la comparación de experiencias individuales y grupales, permitiendo identificar patrones comunes y diferencias significativas entre las vivencias de los estudiantes. Además, se plantea la posibilidad de contrastar estas experiencias con las de futuras generaciones de brigadistas, lo que contribuirá a un análisis más profundo de la evolución de las intervenciones psicosociales en situaciones de emergencia.

La sistematización, al ser una reconstrucción y reflexión analítica, permite comprender mejor los sucesos. Esto facilita la comunicación precisa de los conocimientos adquiridos a partir de las experiencias, posibilitando su confrontación con otras vivencias y generando un nuevo nivel de análisis (Unday y Valero, 2017). En este caso, las experiencias recopiladas por las asistentes pueden evaluarse y compararse tanto a nivel individual como grupal, abriendo, además, la posibilidad de contrastarlas con las de futuras generaciones que ocupen roles similares.

Sistematizar implica también mirar al pasado para identificar aciertos y errores, lo que brinda la oportunidad de ajustar estrategias y tomar nuevos rumbos. Según Unday y Valero (2017), este proceso es clave para resaltar tanto los aspectos positivos como las áreas de mejora en la formación y capacitación, también para evaluar su impacto en el desempeño de las estudiantes en el campo dentro de la Brigada.

Esta metodología permite no solo reconstruir las experiencias pasadas, sino también extraer aprendizajes útiles para la mejora de los procesos formativos y operativos de la Brigada, brindando, así, una base sólida para la reflexión y la mejora continua.

## Resultados

La sistematización de experiencias ofrece una visión multifacética sobre las experiencias de las asistentes en el trabajo de campo en el ámbito de la psicología comunitaria y la gestión de riesgos. A través de estas, se identifican temas recurrentes: la preparación y la flexibilidad, el apoyo docente, los desafíos emocionales y logísticos, así como el impacto de las intervenciones en las comunidades.

### 1. Preparación y flexibilidad:

Un tema central en las entrevistas es la importancia de la preparación antes de iniciar el trabajo de campo. Se menciona cómo las capacitaciones previas son cruciales para abordar los retos que se presentan. Sin embargo, también se subraya que, a pesar de la planificación, es fundamental mantener una actitud flexible y creativa, pues las situaciones en campo pueden cambiar rápidamente y requerir ajustes inmediatos.

Este enfoque de “improvisación planificada” es esencial en la gestión de riesgos, donde los contextos y las necesidades de la comunidad pueden variar significativamente. La capacidad de adaptación, desarrollada a través de la experiencia en campo, se convierte en una habilidad crítica para las asistentes.

### 2. Apoyo docente:

Todas las entrevistadas destacan el papel fundamental del apoyo docente, coinciden en que el acompañamiento del personal docente, tanto a nivel técnico como emocional, fue clave para su desarrollo y seguridad en el campo. Este apoyo no solo les proporcionó las herramientas necesarias para enfrentar situaciones complejas, sino que también les ofreció un respaldo emocional esencial para manejar el estrés y las situaciones desafiantes.

Se resalta cómo la confianza depositada en las estudiantes por parte del cuerpo docente les permitió asumir roles de liderazgo, lo que, a su vez, incrementó su autoconfianza y capacidad de gestión en situaciones de emergencia.

### 3. Desafíos emocionales y logísticos:

Uno de los desafíos que se mencionó más en las entrevistas fue la exposición constante a situaciones de gran carga emocional. Atender a personas afectadas por catástrofes, que han experimentado pérdidas significativas, genera un alto nivel de estrés y exige un equilibrio emocional constante. A su vez, enfrentar historias de trauma, violencia y sufrimiento humano genera lo que se conoce como “desgaste por empatía”, una condición que puede afectar la salud mental de quienes están en primera línea de respuesta; esto hizo que el autocuidado y el apoyo emocional dentro del equipo fueran aspectos cruciales.

Además, un aspecto especialmente difícil es la exposición a incidentes específicos, como los experimentados por temas de género. Este tipo de situaciones exacerban la vulnerabilidad emocional de las brigadistas, quienes, aparte de brindar apoyo psicosocial, deben asegurarse de seguir protocolos de seguridad personal. En este contexto, surge la necesidad de contar con procedimientos claros y

efectivos para manejar crisis de esta naturaleza, garantizando tanto la seguridad de las brigadistas como la de las personas afectadas.

En cuanto a los desafíos logísticos, el trabajo en zonas perjudicadas por emergencias tiende a ser físicamente agotador. Las largas jornadas y el desplazamiento a lugares de difícil acceso y, en algunos casos, la falta de recursos materiales y tecnológicos adecuados obliga a estudiantes y docentes a ser creativos e improvisar soluciones con los medios disponibles.

Otro reto logístico importante es la coordinación interinstitucional. En las intervenciones, a menudo, el equipo de la Brigada debe cooperar con otras organizaciones y entidades gubernamentales. Esta colaboración, aunque crucial, no siempre es fluida. La falta de comunicación efectiva, la superposición de funciones y la burocracia pueden generar retrasos y complicaciones en la intervención, estas dificultades resaltan la necesidad de una mayor planificación previa y de crear protocolos más claros para que las instituciones interactúen.

Para mitigar estos efectos, la UAED debe continuar fortaleciendo estrategias de autocuidado y bienestar colectivo. La rotación de tareas, los espacios de desmovilización emocional y el apoyo mutuo dentro del equipo resultan esenciales para mantener la salud mental y física de los asistentes en el largo plazo.

#### **4. Impacto en las comunidades**

Las entrevistadas perciben su trabajo como relevante y transformador para las comunidades. Se destaca cómo las intervenciones han contribuido a fortalecer las redes comunitarias y a mejorar la gestión de riesgos a nivel local. Este impacto es doble: por un lado, se empodera a las comunidades para enfrentar futuras emergencias, y por otro, se generan cambios en la percepción de las instituciones y su rol en la gestión de riesgos.

También se destaca la importancia de los espacios de escucha y contención, y cómo estos pueden tener un impacto duradero en las personas afectadas por emergencias. Asimismo, la creación de materiales educativos y psicoeducativos se ve como una contribución significativa, que perdura más allá de la intervención directa.

#### **5. Desarrollo de habilidades psicosociales**

Las entrevistadas destacan el desarrollo de habilidades clave para la intervención psicosocial en contextos de riesgo; entre estas, se menciona el pensamiento creativo como una habilidad crucial para enfrentar situaciones inesperadas en el campo. Además, se subraya la importancia de la resolución de problemas y la improvisación planificada como competencias fundamentales que se fortalecieron durante sus experiencias. Estas habilidades no solo mejoran la capacidad de respuesta inmediata, sino que también son esenciales para adaptarse a diferentes contextos culturales y sociales.

#### **6. Interacción interinstitucional**

El trabajo en campo no se realiza de manera aislada, sino que implica una interacción constante con otras instituciones y organizaciones; al respecto, se menciona la colaboración con entidades como el Ministerio de Salud y otras instancias, lo que resalta la necesidad de un enfoque coordinado y multidisciplinario en la gestión de riesgos. La capacidad de negociar y colaborar con otras instituciones es una habilidad que permite a las asistentes maximizar el impacto de sus intervenciones y asegurar una respuesta más efectiva y coherente ante emergencias.

## 7. Salud mental y autocuidado

La gestión del bienestar emocional propio y del equipo es un tema recurrente. Se resalta la importancia del autocuidado y el cuidado colectivo como prácticas esenciales para evitar el desgaste emocional en situaciones de alta exigencia. La implementación de estrategias de autocuidado, como la desmobilización y el apoyo mutuo dentro del equipo, es fundamental para mantener la efectividad y la salud mental de las asistentes en el largo plazo.

## 8. Conocimiento y manejo de factores socioculturales

Las entrevistas reflejan una creciente conciencia sobre la importancia de comprender y respetar los factores socioculturales que influyen en la gestión de riesgos. Se menciona la relevancia de considerar aspectos como la pobreza, el género y la violencia al analizar las dinámicas de riesgo en las comunidades. Este enfoque integral le permite a las asistentes adaptar sus intervenciones de manera más efectiva, asegurando que las respuestas sean culturalmente sensibles y adecuadas a las realidades de cada comunidad.

## 9. Reflexión crítica y aprendizaje continuo

Finalmente, las entrevistadas destacan la importancia de la reflexión crítica y el aprendizaje continuo como componentes centrales de su desarrollo profesional. Señalan cómo sus experiencias en el campo las han llevado a cuestionar y ampliar su comprensión de la gestión de riesgos, y a reconocer la necesidad de seguir aprendiendo y adaptándose. Esta actitud de aprendizaje continuo no solo es vital para el crecimiento personal, sino también para mejorar la calidad de las intervenciones en futuras situaciones de emergencia.

A su vez, las entrevistas reflejan la complejidad del trabajo de campo en psicología comunitaria y gestión de riesgos y atención de emergencias. La preparación teórica es esencial, pero la experiencia en el terreno demanda habilidades adicionales como la flexibilidad, la creatividad y la resiliencia emocional. Por tanto, el apoyo docente emerge como un pilar fundamental en este proceso, facilitando el aprendizaje técnico y el manejo emocional de los desafíos que se presentan.

Finalmente, las entrevistadas coinciden en que su trabajo tuvo un impacto positivo en las comunidades, fortaleciendo su capacidad para enfrentar futuras emergencias y mejorando la percepción de las instituciones que brindan apoyo en situaciones de riesgo. Este análisis sugiere que, para maximizar el impacto del trabajo de campo, es crucial continuar desarrollando programas de apoyo y capacitación que preparen asistentes tanto a nivel como emocional y logístico.

Por su parte, el enfoque de género emerge como un tema transversal crucial en las experiencias compartidas por las entrevistadas. Al respecto, las entrevistas revelan que las mujeres enfrentan desafíos específicos relacionados con la violencia y la discriminación de género durante su trabajo en el campo. La transversalidad del enfoque de género implica reconocer que las experiencias de las mujeres en el campo pueden diferir significativamente de las de sus colegas masculinos. Esto requiere la implementación de protocolos de seguridad específicos y crear espacios de apoyo que permitan a las mujeres procesar y manejar estas experiencias de manera segura y efectiva.

En este caso, como mujeres jóvenes, tener que enfrentar la falta de seriedad con la que algunos miembros de instituciones y miembros de la comunidad las han tratado puede limitar la capacidad de las mujeres para desempeñar sus roles de manera efectiva y ser vistas como líderes y expertas en sus campos.

Abordar esta cuestión requiere una sensibilización continua y un esfuerzo por parte de las instituciones para promover la equidad de género en todas las etapas del trabajo de campo. Esto incluye la capacitación en temas de género para todos los miembros del equipo y la promoción de un ambiente de trabajo donde se valoren las contribuciones de las mujeres y se respeten en igualdad de condiciones.

El enfoque de género no solo se refiere a la protección de las asistentes en el campo, sino también a la forma como se diseñan e implementan las intervenciones en las comunidades, pues las intervenciones que no consideran las diferencias de género pueden perpetuar o incluso exacerbar las desigualdades existentes. Por ejemplo, si las actividades comunitarias no tienen en cuenta las responsabilidades adicionales que las mujeres suelen tener en el hogar, es probable que muchas de ellas no tengan posibilidad de participar plenamente en las capacitaciones o actividades programadas.

También mencionan la importancia de adaptar las metodologías y los enfoques según las necesidades y realidades de la población, esto incluye considerar las diferencias de género al planificar horarios, seleccionar ubicaciones y diseñar materiales educativos. Las intervenciones deben ser inclusivas y accesibles para todos los miembros de la comunidad, y esto requiere un análisis consciente de las barreras de género que existan.

## Discusión

Uno de los principales puntos destacados por las asistentes es el desarrollo de competencias relacionadas con la flexibilidad y la adaptación, habilidades que se vuelven fundamentales en contextos de emergencia donde las situaciones cambian rápidamente. La capacidad de las estudiantes para improvisar y resolver problemas sobre la marcha coincide con lo planteado en estudios previos sobre gestión de riesgos, los cuales subrayan la necesidad de combinar planificación y adaptación en este tipo de intervenciones (Cutter et al., 2015). Esta “improvisación planificada” se convierte en una herramienta crítica para enfrentar imprevistos en el campo, lo que fortalece el aprendizaje práctico del estudiantado.

El apoyo docente también emerge como un elemento clave en el proceso de formación. La presencia de mentores que proporcionan supervisión técnica y respaldo emocional resulta fundamental para el éxito del trabajo en campo. La confianza depositada en las estudiantes, permitiéndoles asumir roles de liderazgo, refuerza su autonomía y autoconfianza, que son aspectos cruciales para su desarrollo profesional.

En cuanto a los desafíos emocionales y logísticos, los resultados muestran que estos son inevitables en la gestión de riesgos y requieren atención especial. El desgaste emocional, evidenciado por la exposición constante a situaciones traumáticas, refuerza la necesidad de las estrategias implementadas de autocuidado y desmovilización emocional dentro de la Brigada. Estos hallazgos están alineados con estudios sobre el *burnout* y el desgaste por empatía en profesionales de la salud y la atención psicosocial (Figley, 2002). La formación debe incluir no solo competencias técnicas, sino también mecanismos de autocuidado efectivos para evitar el desgaste emocional a largo plazo.

Los desafíos logísticos, por su parte, exponen la importancia de contar con recursos suficientes y mejorar la coordinación interinstitucional. Las dificultades en la comunicación y colaboración con otras entidades reflejan la necesidad de crear protocolos más claros y eficientes, que permitan una respuesta más coherente y organizada en situaciones de emergencia. Estos resultados se alinean con estudios como el de Tierney (2012), los cuales subrayan la importancia de la cooperación intersectorial en la gestión de riesgos para optimizar los esfuerzos y maximizar el impacto de las intervenciones.

Por otro lado, el enfoque de género es un tema transversal que se refleja en las experiencias de las asistentes. Las mujeres enfrentan desafíos particulares en el campo, como la violencia de género y la discriminación, que afectan su capacidad para desempeñar roles de liderazgo y ser vistas como expertas. Este aspecto refuerza la importancia de integrar la perspectiva de género en los programas de formación, asegurando que los equipos cuenten con protocolos específicos para garantizar la seguridad de las mujeres en el campo y que se promueva un ambiente de equidad. Estas observaciones coinciden con estudios que señalan la necesidad de abordar las dinámicas de poder y género en entornos de intervención comunitaria (Enarson y Chakrabarti, 2009).

Finalmente, los resultados sugieren que el trabajo de la UAED tiene un impacto significativo en estudiantes y también en las comunidades atendidas, pues las intervenciones psicosociales contribuyen a empoderar a las comunidades, mejorando su capacidad para enfrentar futuras emergencias. Este doble impacto refuerza el valor de la UAED como un componente central en la formación profesional y en la creación de redes de apoyo comunitarias. La creación de materiales educativos y psicoeducativos, además, representa una contribución sostenible que permanece en las comunidades cuando finaliza la intervención directa.

## Conclusiones

Esta ponencia permite afirmar que la experiencia en brigadas es altamente enriquecedora tanto para el estudiantado como para las comunidades donde la Brigada desarrolla sus funciones. Por un lado, para las asistentes, formar parte de la UAED permite profundizar y expandir conocimientos en temas de Gestión de Riesgo, Primeros Auxilios Psicológicos y cuidado propio y colectivo. Esta experiencia les brinda una perspectiva profesional sobre realidades comunitarias que, muchas veces, no se pueden conocer desde la formación académica universitaria.

Asimismo, el trabajo de campo ayuda a afinar y fortalecer habilidades fundamentales en la práctica de la psicología, como la sensibilidad, el trabajo en equipo, la criticidad, la flexibilidad, la creatividad y la gestión de las emociones. Estar en constante capacitación también fomenta la conciencia sobre la importancia de actualizar conocimientos y técnicas de trabajo para una formación profesional de alta calidad que, a su vez, responda a las necesidades cambiantes de la sociedad.

Por último, las asistentes constituyen un recurso sumamente valioso para la Brigada, ya que se encargan de temas logísticos, preparación de materiales y acompañamiento de procesos comunitarios. En algunas ocasiones, son ellas quienes lideran ciertas dinámicas o proyectos, lo que facilita la distribución de tareas y aligerar la carga de responsabilidad del equipo. La retroalimentación y las propuestas novedosas que ofrecen enriquecen el trabajo colectivo.

## Recomendaciones

Es fundamental mejorar la organización y proporcionar más recursos para maximizar el impacto positivo de estas actividades.

Otra recomendación que surge de las experiencias sistematizadas es la definición de perfiles para futuros y futuras asistentes. Como se ha mencionado a lo largo del trabajo, es importante que quienes formen parte de la Brigada desde un rol de estudiante tengan apertura y flexibilidad para enfrentarse a situaciones adversas, de alto riesgo y a menudo inesperadas. La facilidad para el trabajo en equipo es

fundamental, así como la proactividad, la visión crítica, el compromiso social y un interés genuino en el acompañamiento de procesos comunitarios.

Vale la pena recalcar que las personas asistentes también deben tener una gran sensibilidad ante situaciones de pérdida y de impacto psicosocial. Finalmente, otra característica necesaria en este rol es el autoconocimiento. Saber cuáles son los propios límites y las herramientas que ayudan a atravesar situaciones complejas permite mantener espacios de autocuidado, cuidado colectivo y evitar malestares relacionados con el *burnout* o el síndrome de desgaste por empatía.

## Referencias

- Cutter, S. L., Ash, K. D. y Emrich, C. T. (2014). The geographies of community disaster resilience. *Global Environmental Change*, 29, 65-77. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.08.005>
- Enarson, E. y Chakrabarti, P. G. (Eds.). (2009). *Women, gender, and disaster: Global issues and initiatives*. SAGE Publications India. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/women-gender-and-disaster/book232431>
- Figley, C. R. (2002). Compassion fatigue: Psychotherapists' chronic lack of self-care. *Journal of Clinical Psychology*, 58(11), 1433-1441. <https://doi.org/10.1002/jclp.10090>
- Tapella, E. y Rodríguez, D. (2014). Sistematización de experiencias: una metodología para evaluar intervenciones de desarrollo. *Revista de Evaluación de Programas y Políticas Públicas*, 3, 80-116. <http://hdl.handle.net/11336/51512>
- Tierney, K. (2012). Disaster governance: Social, political, and economic dimensions. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 341-363. <https://doi.org/10.1146/annurev-enviro-020911-094618>
- Unday, D. y Valero, J. (2017). Sistematización de experiencias como método de investigación. *Gaceta médica espiritana*, 19(2), 2-6.

# Eje 5



Contribución de las estrategias  
de protección financiera a la  
gestión del riesgo de desastres  
y la adaptación  
al cambio climático.

En esta ocasión, se incorporó un eje temático denominado “Contribución de las estrategias de protección financiera a la gestión del riesgo de desastres y adaptación al cambio climático”, con varias presentaciones y una mesa redonda final, esto porque el financiamiento de la reducción estructural del riesgo de desastre y la inversión en ella es el tema central del próximo “Informe Regional de Evaluación del Riesgo de Desastre (RAR 24)” de la Oficina de las Naciones Unidas para la reducción del riesgo a desastres (UNDRR) para América Latina y el Norte del Caribe que se publicará próximamente; además, será el tema principal del “Informe Global de Evaluación del Riesgo de Desastre (GAR 26)” de la UNDRR para el 2026. Por lo tanto, se consideró un tema muy relevante para el congreso.

En la primera mesa redonda, la Superintendente General de Seguros (SUGESE) presentó la hoja de ruta de los riesgos relacionados con el cambio climático (RRCC), la cual consiste en un instrumento de planificación que apoya a la SUGESE a alcanzar, mediante un proceso gradual, la consolidación de su función supervisora en la gestión de los riesgos relacionados con el cambio climático desde una perspectiva práctica y de resiliencia del sector financiero, involucrando a la industria y a la comunidad, en la adopción de prácticas orientadas a mitigar y adaptarse a los efectos del cambio climático. En ese sentido, se presentaron varias iniciativas:

1. La guía de mejores prácticas para la gestión de los riesgos relacionados con el cambio climático en el sector asegurador, publicada en noviembre del 2023, que contiene las 13 mejores prácticas identificadas y 150 lineamientos de apoyo.
2. El *Global Risk Modelling Alliance* (GRMA, <https://grma.global/>), esta es una iniciativa del The Vulnerable Twenty Group, (V20) y el Insurance Development Forum, y financiada por el Gobierno alemán, con el objetivo de apoyar el desarrollo de capacidades y acciones en los miembros del V20, para la gestión del riesgo climático y de desastres por medio de alianzas público-privada. Actualmente, se desarrollan proyectos entre la CNE, la Municipalidad de Heredia, la UCR con el Lananme y la Escuela de Geología, el MAG, el Sistema de Banca para el Desarrollo y el proyecto turístico llamada “Futurismo”.
3. El *Global Shield* (<https://www.globalshield.org/>) es una iniciativa del grupo V20 y el G7. Consiste en un enfoque sistemático, coherente y sostenible para la protección financiera de los riesgos climáticos, a través de cuatro acciones principales:
  - Más y mejor financiamiento preestablecido.
  - Apoyo integral para comprender los riesgos y brechas de protección.
  - Asistencia técnica y financiera para desarrollar e implementar protección financiera con base en las necesidades identificadas.
  - Disponibilidad inmediata de recursos para responder a desastres, de manera más efectiva y rápida para comunidades y economías afectadas.

Para concluir la primera ronda de ponencias, se presentó la “Iniciativa Finanzas para la Biodiversidad (BIOFIN)”, la cual fue lanzada por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) como una nueva alianza mundial para abordar el desafío de la financiación de la biodiversidad de una manera integral, bajo la premisa de que esta inversión favorece el desarrollo sostenible. BIOFIN ofrece soluciones y mecanismos financieros concretos hacia una recuperación económica más verde, inclusiva y resiliente. Dentro de esta iniciativa, se desarrolló “El Grupo de Trabajo sobre Divulgaciones Financieras Relacionadas con la Naturaleza (TNFD)”, la cual es una acción global que busca desarrollar un marco para que las organizaciones evalúen y divulguen los riesgos financieros relacionados con la naturaleza.

El TNFD se estableció en 2021 y su objetivo es que las empresas y las instituciones financieras consideren la naturaleza y su biodiversidad en sus decisiones, gestión de riesgos y divulgación de estados financieros.

En la segunda ronda, hubo dos exposiciones, la primera del Ministerio de Hacienda, quien presentó la Estrategia nacional de gestión financiera del riesgo de desastres, definida como el marco que refleja el compromiso de fortalecer la gestión sobre riesgos fiscales derivados de desastres por fenómenos naturales y mitigar el impacto fiscal producto de estos eventos. El objetivo principal es establecer un marco general, a través de cuatro lineamientos fundamentales que, posteriormente, permitan la elaboración de planes de implementación como instrumento operativo. Estos lineamientos son:

- Disponer de perfiles cuantitativos de los riesgos fiscales asociados a desastres.
- Contar con instrumentos adecuados para enfrentar los riesgos fiscales asociados a desastres.
- Fortalecer la resiliencia de la inversión pública ante los desastres con enfoque multisectorial.
- Promover la difusión, transparencia y rendición de cuentas en la gestión financiera del riesgo de desastres.

La segunda exposición la desarrolló por un especialista en el tema, quien abordó de forma amplia los retos fiscales que implican los impactos de los desastres, en especial los de origen natural, en las finanzas del país y la necesidad de mejorar los sistemas de registro, dado que se levanta información sobre pérdidas directas, pero existen muy pocos esfuerzos para valorar el del impacto de los desastres para contribuir a un desarrollo seguro y sostenible, así como al bienestar de la población costarricense.

# Mesas redondas

## Financiamiento e inversión en la reducción del riesgo, conclusiones del UNDRR Informe Regional 2024: reflexiones y opciones desde distintos ángulos

**Leonardo Castellón Rodríguez Decano UCR,**  
**Tomás Soley Pérez,**  
**Allan Lavell**

El señor Allan Lavell presentó algunas reflexiones acerca de las conclusiones del RAR 24, el señor Tomás Soley, superintendente de seguros de Costa Rica, reflexionó sobre esos instrumentos financieros y la gestión de riesgos; finalmente, el señor Leonardo Castellón, decano de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Costa Rica y presidente del Colegio de Ciencias Económicas, expuso una visión desde la academia en esos temas.



# Cambio climático, agendas conjuntas entre GRD y adaptación al cambio climático: pertinencia, avances y desafíos de cara al 2030

**Adriana María Bonilla Vargas** <sup>1</sup>

**Andrea María Chinchilla Mata** <sup>2</sup>

**Leonardo Merino Trejos** <sup>3</sup>

**Pascal Girot Pignot**<sup>4</sup>

**Carlos Picado Rojas**<sup>5</sup>

Costa Rica

1. MINAE

2. FONAFIFO

3. Estado de la Nación

4. Escuela de Geografía de la UCR

5. Unidad de Desarrollo Estratégico SNGR

Durante la mesa redonda, las personas expositoras conversaron sobre la pertinencia, las ventajas y los desafíos de impulsar agendas conjuntas entre gestión del riesgo de desastre y adaptación al cambio climático desde diferentes ámbitos de cara al 2030, año en que se valorará el cumplimiento de las metas del Marco de Acción para la Reducción del Riesgo de Desastre de Sendai, la Agenda de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y, el Acuerdo de París.

En cuanto a la relación entre la Gestión del Riesgo de Desastre y el Cambio Climático, se resaltó la conexión conceptual y los desafíos en su implementación metodológica y operativa. Respecto de los avances, se señaló la articulación que ha habido entre ambos sistemas y entidades rectoras, Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) y la Dirección de Cambio Climático (DCC), pues se ha establecido una agenda conjunta para optimizar recursos y capacidades, enfocándose en herramientas de monitoreo y políticas públicas que fortalezcan la acción en los gobiernos locales, frecuentemente limitados por recursos insuficientes y falta de planificación. Se destacó la importancia de priorizar medidas concretas de adaptación que sean viables antes de exigir nuevos planes, asegurando que las instituciones puedan cumplir con sus responsabilidades.

Además, se subrayó la necesidad de alinear estas acciones con instrumentos nacionales, como el Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública, para justificar presupuestos y garantizar su implementación y la contribución determinada a nivel nacional en adaptación al cambio climático, la cual debe revisarse con metodologías coherentes, presupuesto identificado y un plan de inversión claro. Este enfoque busca garantizar la eficacia en la gestión pública y territorial, fortaleciendo la articulación institucional y optimizando los recursos disponibles para enfrentar los desafíos climáticos.

La exposición de los Planes Ambientales Forestales Territoriales (PAF), permitió visualizar la aplicación de una herramienta de gestión y adaptación al cambio climático diseñada por y para los territorios indígenas de Costa Rica; es el resultado de una consulta realizada a los 24 territorios indígenas bajo el principio de consentimiento libre, previo e informado, liderada por el gobierno a través del MINAE y ejecutada por el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). Los PAF abordan cinco temas prioritarios: áreas silvestres protegidas, monitoreo y participación, bosques con visión indígena, saneamiento territorial y pagos por servicios ambientales indígenas.

Por otra parte, se expuso que el cambio climático aumenta el riesgo residual, el cual hace referencia a la cantidad de pérdidas que no se pueden reducir anualmente. Además, la capacidad financiera y fiscal del Estado debe enfrentar estas pérdidas recurrentes, así como otros impactos que, aunque proyectados a largo plazo, se han ido presentando antes de lo previsto. El país enfrenta un aumento en el riesgo debido a que este se acelera por el cambio climático global, lo que obliga a adoptar nuevas perspectivas y herramientas para mejorar la colaboración interinstitucional y acelerar la integración de esfuerzos. Por lo tanto, se debe considerar que el cambio climático se percibe como una amenaza de largo plazo que altera otras variables climáticas, reiterando la necesidad de vincular la adaptabilidad y la prevención de riesgos con la planificación del desarrollo, así como, la importancia de vincular a la comunidad científica con la gestión pública para una planificación adecuada.

---

# Conferencias



# Aportes del CIGEFI a la gestión del riesgo y adaptación al cambio climático en Costa Rica y América Central

**Dr. Erick Rivera Fernández** <sup>1,2</sup>

Costa Rica

1. Director del Centro de Investigaciones Geofísicas
2. Docente de la Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

El Centro de Investigaciones Geofísicas (CIGEFI) de la Universidad de Costa Rica (UCR), fundado en 1979, se dedica al desarrollo de investigación científica en el campo de la geofísica, con un enfoque en el estudio de los fenómenos asociados al tiempo atmosférico, el clima y la hidrología, a nivel regional, global y de atmósferas planetarias.

En relación con la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático, en los últimos años, el Centro ha participado en proyectos y publicaciones que estudian los impactos de eventos hidrometeorológicos (frentes fríos, ciclones tropicales y ondas tropicales) sobre la región. En el caso específico de los ciclones tropicales, se han analizado las trayectorias de estos sistemas en el periodo 2001-2021 y se creó una herramienta de consulta sobre sus impactos en varios países de América Central.

Algunas iniciativas en curso, al respecto, pretenden: 1) identificar si los aumentos en las frecuencias de trayectorias de los ciclones tropicales en el Caribe, impactando directa e indirectamente a Costa Rica y Nicaragua, son formalmente atribuibles a la acción de los humanos en el cambio climático, y 2) fortalecer las capacidades de respuesta de la sociedad en los cantones históricamente más afectados por los impactos que provocan los ciclones tropicales a través del intercambio entre el conocimiento tradicional e información científica, para la prevención ante futuros posibles impactos. Además, el CIGEFI ha producido proyecciones climáticas para distintas organizaciones, con el fin de apoyar estudios de riesgo y adaptación al cambio climático.

Finalmente, el Centro ha colaborado con la Unidad de Gestión del Riesgo de Desastres y la Escuela de Física, ambas de la UCR, en el desarrollo de una Red de Monitoreo, mediante el uso de estaciones meteorológicas de bajo costo construidas localmente, para mejorar la respuesta institucional ante eventos meteorológicos adversos, reduciendo riesgos en sedes o recintos de la UCR.

# Gestión de riesgo y adaptación al cambio climático en infraestructura vial

**Ing. Rolando Castillo Barahona**

Costa Rica

Director del Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales,  
Universidad de Costa Rica.

El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales (Lanamme) fue creado en 1950 y fortalecido, desde el 2001, en la Ley N.º 8114; es una unidad técnica adscrita a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica. Su operación se fundamenta en tres pilares: docencia, investigación y acción social, contribuyendo a la mejora de la infraestructura vial y al desarrollo integral del país. La asignación de recursos provenientes del impuesto a los combustibles permite que esta institución, que goza de autonomía, realice auditorías, capacitaciones, actualizaciones de normativas y asesoramiento técnico, garantizando obras de alta calidad y sostenibilidad.

De igual importancia, en el marco de la gestión del riesgo, Lanamme trabaja en la identificación de amenazas (terremotos, inundaciones, deslizamientos y otros fenómenos naturales), la evaluación de la vulnerabilidad de infraestructuras (carreteras, puentes y edificaciones) y el análisis de la exposición (personas y bienes afectados). Estos elementos permiten prevenir y mitigar impactos como colapsos estructurales, pérdidas económicas y humanas. Además, se desarrollan estrategias para adaptar infraestructuras al cambio climático mediante diseños sostenibles, uso de materiales innovadores y planificación urbana regulada.

En cuanto a la adaptación al cambio climático, se enfatiza en el mantenimiento, la rehabilitación y la mejora de las estructuras existentes, incrementando su capacidad para resistir eventos extremos. También, fomenta el uso de materiales reciclados, como plásticos PET y PEAD en pavimentos, contribuyendo a la economía circular y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

A nivel normativo, se ha colaborado con la creación y actualización de regulaciones clave, como el Código Sísmico de Costa Rica y lineamientos para diseños resistentes a sismos y viento; del mismo modo, su participación en investigaciones internacionales ha fortalecido la capacidad técnica para diseñar infraestructuras resilientes. Entre las normativas elaboradas, se incluyen manuales de especificaciones para carreteras, puentes y gestión ambiental.

También, lidera proyectos de investigación y evaluación en temas como la vulnerabilidad sísmica de puentes, protocolos para inspecciones tras sismos, modelaciones de riesgo en rutas nacionales y análisis de movilidad sostenible. Un ejemplo destacado es la caracterización de deslizamientos en rutas críticas como la RN-32 y la RN-606, así como el diseño de mezclas asfálticas recicladas para caminos de bajo y mediano tránsito.

En cuanto a la capacitación, se han desarrollado programas orientados a técnicos, ingenieros y estudiantes en áreas como evaluación del riesgo sísmico, gestión ambiental y tecnologías innovadoras en infraestructura. Estas actividades buscan transferir conocimientos y fortalecer la resiliencia de los profesionales frente a los desafíos del cambio climático.

Asimismo, se destacan dos proyectos específicos en ejecución: el análisis del riesgo financiero en la infraestructura crítica del cantón central de Heredia y la estimación de riesgos en la Ruta Nacional N.º 2, considerando amenazas como sismos, deslizamientos, inundaciones y ceniza volcánica. Estos estudios forman parte de una colaboración con la Global Risk Modelling Alliance (GRMA), una organización que desarrolla modelos de riesgo abiertos para países vulnerables.

En conclusión, LanammeUCR desempeña un rol fundamental en la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático en Costa Rica. A través de su labor técnica, investigación aplicada y asesoramiento normativo, contribuye a crear infraestructuras sostenibles, resilientes y adaptadas a los desafíos de un entorno cambiante, garantizando beneficios sociales, económicos y ambientales para el país.

# Pósteres



## Gestión del Riesgo de Desastres en la Provincia de Río Negro Fortaleciendo la Resiliencia Local Patagonia Argentina

Gonzalo Enrique García; Especialista en Reducción del Riesgo de Desastres y Adaptación al Cambio Climático  
 Director Provincial de Gestión del Riesgo de Desastres, Secretaría de Protección Civil, Ministerio de Seguridad y Justicia de Río Negro  
 gogarcia@seguridad.rionegro.gov.ar

### Introducción

La provincia de Río Negro, Argentina, ha avanzado significativamente en la gestión del riesgo de desastres a través del fortalecimiento de su marco legislativo y la implementación de sistemas innovadores de alerta temprana. Este trabajo presenta un panorama de las acciones llevadas a cabo, centrandó la atención en el marco legal vigente y el impacto de las estrategias aplicadas para aumentar la resiliencia de los gobiernos locales.

### Materiales y métodos

- Se empleó la metodología "Bottom-Up" (de abajo hacia arriba), con un enfoque territorial que prioriza la participación activa de los gobiernos locales y las comunidades en la identificación de riesgos y la formulación de estrategias de mitigación. Este enfoque permite que las acciones de gestión del riesgo de desastres sean adaptadas a las necesidades y realidades específicas de cada territorio.
- Legislación Provincial: Se realizó una revisión de las normativas locales y provinciales para asegurar que las intervenciones cumplan con los marcos legales vigentes fortaleciendo la gobernanza en la gestión del riesgo.
- Sistema de Alerta Temprana (SAT): Se integró la plataforma Alerthor como una herramienta clave para la gestión de alertas y comunicación de riesgos, adaptando su uso a las capacidades y recursos de los municipios.
- Programa de Fortalecimiento en Gestión del Riesgo: Se implementaron talleres y capacitaciones dirigidos a más de 250 funcionarios de 30 municipios, facilitando la elaboración de 35 mapas de riesgo que reflejan las particularidades de cada área, fomentando un proceso inclusivo y participativo.
- El enfoque territorial del método "Bottom-Up" asegura que las soluciones sean construidas desde la base, incorporando el conocimiento local y las dinámicas propias de cada comunidad, lo que promueve una respuesta más efectiva y contextualizada a las amenazas.

### PLAN DE CONTINGENCIA ANTE LA AMENAZA DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA Resumen ejecutivo

**Principales amenazas NATURALES:**

- Viento con ráfagas fuertes
- Huaycán
- Inundaciones MF - LL
- Huelvas
- Actividad volcánica
- Procesos de erosión en masa
- Sequía
- Otros

Programa de Fortalecimiento en Gestión del Riesgo de Desastres en la Provincia de Río Negro, 2020-2023.

CT-2

<https://seguridad.rionegro.gov.ar/proteccion-civil>

### Resultados

Los resultados muestran una notable mejora en la capacidad de respuesta ante emergencias y una notable incorporación de la Gestión del Riesgo en los gabinetes de los gobiernos locales para la planificación estratégica en materia de reducción de riesgo y adaptación, evidenciada por:

- Sistema de Alerta Temprana Alerthor (Automático): Reducción de tiempos de respuesta y mejor coordinación interinstitucional. Primer sistema automático de base de datos que registra el comportamiento de las amenazas, como se da respuesta al evento adverso y como impacta. Proyecto con el Servicio Meteorológico Nacional de Evaluación de Impacto.
- Capacitación y Fortalecimiento: Capacitación de 250 funcionarios y la elaboración de mapas de riesgo, lo que ha permitido identificar áreas vulnerables y definir acciones de mitigación específicas, como también los planes de emergencia y contingencia locales.
- Impacto Legislativo: Adaptación y cumplimiento de las normativas provinciales en los planes locales, promoviendo una cultura de prevención y gestión integral del riesgo de desastres. Se crea la Ley provincial N°5422 junto a su decreto reglamentario.

### Conclusiones

- Río Negro ha logrado consolidar un sistema efectivo de gestión del riesgo que integra normativa, tecnología y formación.
- Se insita a continuar con la capacitación continua de los gobiernos locales, expandir el sistema de alerta temprana, buscar financiamiento para su mejora y actualizar los planes, programas y proyectos de acuerdo con las nuevas amenazas emergentes y el cambio climático.

## TCU-103A "CAMBIO CLIMÁTICO: FORTALECIMIENTO DE LAS CAPACIDADES LOCALES DE ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA"

Yemerith Alpizar Segura, Universidad Técnica Nacional, Sede Central, Ingeniería en Recurso Hídrico, Subárea de Trabajo Comunal Universitario  
yalpizars@utn.ac.cr

### Introducción

- Proyecto de TCU para iniciar en el IC-2025, enfocado en manejo de recursos naturales, resiliencia y ACC.
- Busca vincular a la UTN con comunidades vulnerables de Poás y Alajuela a través del intercambio de conocimientos mediante charlas y talleres para fortalecer la adaptación y resiliencia.
- Promoverá la sostenibilidad y educación ambiental, involucrando activamente a la comunidad.
- Las personas estudiantes obtendrán experiencia práctica y enriquecerán su formación en temas ambientales y gestión comunitaria.
- El proyecto mejorará la imagen de la UTN y fomentará alianzas estratégicas con organizaciones ambientales.

### Objetivos del proyecto

Fomentar competencias comunitarias en los distritos de Sabanilla (Alajuela) y San Pedro, San Juan y Sabana Redonda (Poás), para la ACC y mitigación de sus impactos en el espacio local, por medio del intercambio de conocimientos entre el estudiantado de la UTN y la población meta, que contribuya a la resiliencia comunitaria.

Aportar en la formación de profesionales conscientes, sensibles y capaces de incorporar el eje transversal del CC y sus impactos en el ejercicio laboral.	Formar profesionales involucrados en el ámbito comunitario y capacitados para influenciar en diversos sectores de la población.	Impulsar la implementación de medidas en torno a la resiliencia de la comunidad frente al cambio climático.
---	---	---

### Actividades de divulgación



### Carreras participantes

- Ingeniería en Recurso Hídrico
- Ingeniería en Gestión Ambiental
- Gestión de Grupos Turísticos - Gestión Ecoturística
- Fotografía - Tecnología de la Imagen
- Ingeniería del Software- Tecnologías Informáticas.

El proyecto se alinea con la misión de la UTN al promover la sostenibilidad y la educación ambiental y busca involucrar a las comunidades en la identificación de problemas y soluciones, mejorando la comunicación y transparencia.

### Actividades a desarrollar por las personas estudiantes

- Asistencia a sesiones de capacitación y sensibilización.
- Elaboración de planes inclusivos de acción comunitaria.
- Elaboración de material didáctico como recursos educativos: Folletos, guías de estudio, presentaciones multimedia, recursos en línea.
- Talleres participativos que involucren al estudiantado y la población meta.
- Campañas de divulgación en RRSS.
- Giras de campo.
- Informe de las giras de campo.
- Autoevaluación.
- Preparación de publicación académica sobre los resultados obtenidos durante el primer año del proyecto.
- Evaluaciones de satisfacción de los participantes.
- Informes cuatrimestrales sobre los indicadores de avance.

### Impactos esperados

- **Educación ambiental** en las comunidades de Sabanilla, Barrio San José y Poás.
- Capacitaciones sobre **prevención de desastres y adaptación al cambio climático** a las personas participantes, escuelas, ASADAS, micro empresarios, CME y equipos de primera respuesta.
- **Intercambio de experiencias** sobre temas básicos de adaptación al cambio climático, resiliencia, y seguridad hídrica.

## Restauración participativa: estrategia comunitaria de mitigación ante el cambio climático

Ruperto Quesada Monge, Maribel Jiménez Montero, Mario Guevara Bonilla  
Docentes, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica  
rquesada@itcr.ac.cr, marjimenez@itcr.ac.cr, maguevara@itcr.ac.cr

### Introducción

La protección del área circundante a una fuente de agua de consumo humano es vital para garantizar la cantidad y calidad del recurso hídrico. Actividades productivas como la ganadería exponen al suelo a la compactación con la consecuente reducción en la capacidad de infiltración. Así mismo, el uso de herbicidas para el mantenimiento de los potreros y la fertilización química en exceso, pueden resultar en una eventual contaminación del recurso hídrico. La naciente Heliodoro Rodríguez en El Porvenir de Ciudad Quesada se encuentra en una condición de vulnerabilidad al estar rodeada por sitios dedicados a la agricultura y ganadería. Por ello, en el marco de un proyecto ejecutado por la Escuela de Ingeniería Forestal del ITCR, se estableció un ensayo de restauración ecológica participativa en un área de potrero ubicada dentro del área de influencia de este acuífero.

### Materiales y métodos

Se trabaja en conjunto con la fundación La Abuela Ecológica y el propietario de la parcela, don Mariano Rodríguez. Se cuenta además con el apoyo de la Municipalidad de San Carlos, el SINAC, estudiantes voluntarios y otras organizaciones ligadas a la Fundación.

Se inició con un proceso de capacitación con las personas involucradas en aspectos técnicos para el posterior diseño participativo del ensayo el cual se basa en replicar la dinámica y estructura del bosque natural con especies producidas en el vivero a cargo de la Fundación en Ciudad Quesada.

El marcateo del sitio y la plantación de los árboles fue realizada mediante campañas de voluntariado. Todos los árboles fueron georeferenciados e identificados. Anualmente se hace medición de altura y diámetro y se registra mortalidad.



Proceso de restauración ecológica participativa para la protección de la zona de recarga acuífera de la naciente Heliodoro "Lolo" Rodríguez, El Porvenir, San Carlos.

### Resultados

Actualmente se cuenta con un área de 1,2 ha en su primer año de restauración, con 21 especies arbustivas y de árboles nativos y de la zona. Se tiene un total de 480 árboles identificados y georeferenciados con información de especie, altura y diámetro. Se tiene monitoreado mortalidad y sobrevivencia. Se cuenta además con registro de introducciones por proceso natural y evidencia del uso de algunos árboles plantados como percha de pájaros. Se ha identificado además las especies que se han comportado de mejor manera como pioneras así como aquellas cuyo proceso de adaptación ha sido más lento.

### Conclusiones

Los procesos de restauración ecológica con participación activa de las personas propietarias, organizaciones de base e instituciones en la zona, propician un mayor sentido de pertenencia y posibilitan el monitoreo y evaluación del proceso de sucesión.

Se espera a mediano plazo la conformación de un bosque con más de tres estratos, que represente una experiencia a replicar en otros sitios de la región.



## ZONIFICACIÓN DEL RIESGO EN EL DESLIZAMIENTO DE JARIS DE MORA.

Carlos Alonso Vargas Campos. Geotectónica S.A. Correo: [geotectonica.cr@gmail.com](mailto:geotectonica.cr@gmail.com)



en colaboración con la Municipalidad de Mora y la Comisión Nacional de Emergencias.



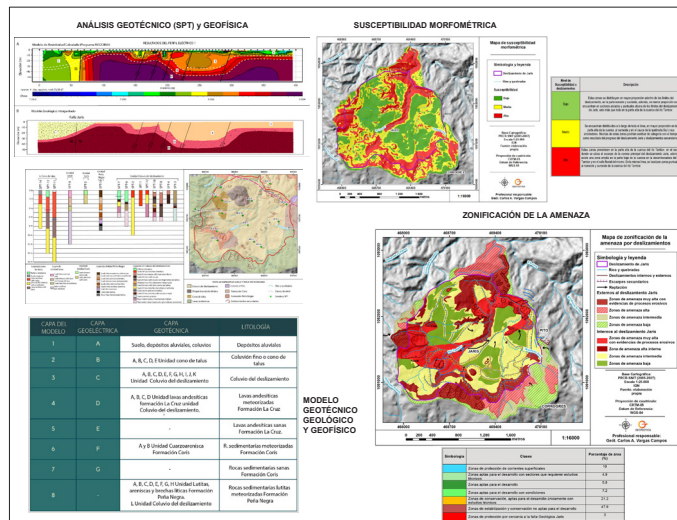
### Introducción

La Municipalidad de Mora ha documentado afectaciones debido al deslizamiento en el poblado de Jaris desde el 2008. El análisis de esta información revela que el deslizamiento, que comenzó activarse en 1859, presenta un movimiento lento pero constante y progresivo. Además, estudios en el sitio, como el de Solano (2009) en colaboración con la Municipalidad de Mora, han caracterizado al deslizamiento como de tipo rotacional.

### Materiales y métodos

El proyecto se efectuó en cinco fases, las cuales se describen a continuación:

- **Fase 1:** Recolección de información geológica, geomorfológica, y tectónica de la zona, reportes históricos y complemento con trabajo de campo.
- **Fase 2:** Se efectuó un levantamiento topográfico con drone.
- **Fase 3:** Se realizaron sondeos SPT, para conocer las propiedades mecánicas de los materiales superiores y dos perforaciones con saca núcleo.
- **Fase 4:** Se realizaron tomografías eléctricas para determinar el espesor del material blando y deslizable.
- **Fase 5:** A partir del método morfométrico se realizó una microzonificación de susceptibilidad del deslizamiento. Este método incluye tres parámetros clave para representar las dinámicas de las laderas: Slope (SLP), L-S Factor (LSF) y Terrain Ruggedness Index (TRI).



### Resultados

Las tomografías eléctricas revelaron que el espesor del coluvio del deslizamiento varía entre 5 y 30 metros, dependiendo del sector. Se identificaron seis capas geoelectricas diferentes. La zona de ruptura se encuentra al oeste, entre las lavas meteorizadas y sanas, con un espesor de 30 a 40 metros, aunque en algunos lugares es menor. En el noreste, la zona de ruptura se encuentra entre rocas sedimentarias meteorizadas y sanas, con un espesor de 20 a 30 metros.

La estructura tectónica más próxima a la zona de estudio corresponde con la Falla Jaris, la cual es neotectónica y presenta un movimiento de tipo trascurrenste dextral. Por medio de técnicas geofísicas se detectó la presencia de esta estructura en el sector oeste, donde se identificaron anomalías interpretadas como fallas normales asociadas, que generan estructuras como grabens y hiel pequeños. Con base en esta información, se interpreta que el movimiento de la Falla Jaris está influyendo en el movimiento del deslizamiento.

Existe un nivel freático entre los 1,46 m y los 6,5 m según los sondeos elaborados, este nivel se encuentra en la parte central y noroeste del deslizamiento. No obstante, se interpreta que la influencia del nivel freático y la saturación del material tiene una relevancia menor en el movimiento del deslizamiento de Jaris, en comparación con la presencia y el impacto de la falla neotectónica Jaris, que desempeña un papel fundamental.

El modelo interpretado consta de ocho capas. Las capas superiores incluyen suelos, depósitos aluviales, coluvión fino y coluvio del deslizamiento. Bajo estas se encuentran lavas andesíticas meteorizadas de la Formación La Cruz y lavas sanas. La sexta capa está compuesta por rocas sedimentarias muy meteorizadas de la Formación Coris, mientras que las capas inferiores presentan rocas sedimentarias sanas con fracturación asociada a la tectónica local. Finalmente, la octava capa corresponde a lutitas de la Formación Peña Negra.

Las fuertes precipitaciones derivadas de eventos hidrometeorológicos importantes son un disparador del deslizamiento de Jaris, ya que las lluvias continuas saturan el suelo y crean escorrentías, lo que a su vez provoca la inestabilidad de laderas y el movimiento de masas. Un ejemplo de esto, es la tormenta Nale, donde se tiene registro de una serie de reportes sobre viviendas afectadas en la zona.

### Conclusiones

- El modelo permite concluir que las capas susceptibles a deslizarse son el coluvio del deslizamiento de Jaris, las capas meteorizadas de las formaciones La Cruz, Coris y la Formación Peña Negra, su espesor varía dependiendo del sector.
- Los factores disparadores del deslizamiento de Jaris, son las altas pendientes, alto espesor de materiales blandos y con características desfavorables, la cercanía a la Falla Jaris, la sismicidad asociada a esta y otras estructuras, además de las altas precipitaciones que generan saturación de suelos y escorrentía, por eventos hidrometeorológicos que afectan al país.
- A partir del método morfométrico aplicado y su relación con la delimitación de estructuras asociadas al deslizamiento, se logró realizar una zonificación del uso de suelo, con base en este se determina que del total de área analizada existen zonas con potencial para el desarrollo, las cuales se agrupan en tres clases: zonas aptas para el desarrollo con sectores que requieren estudios técnicos (4,9 %), zonas aptas para el desarrollo (5,8 %) y zonas aptas para el desarrollo con condiciones específicas (7,2 %).
- Se recomienda que la Municipalidad y la Comisión Nacional de Emergencia lleven a cabo una campaña de concientización para informar a la población sobre el deslizamiento. Asimismo, es importante que se difundan los resultados y las interpretaciones presentadas en este informe.



## Geolocalización y Comunicación en Tiempo Real con la APP del 9-1-1.

Marvin Palma Siles, Coordinador de Operaciones, Sistema de Emergencias 9-1-1  
mpalma@911.go.cr

### Introducción

En diciembre de 2023, se lanzó la APP "Emergencias 9-1-1 CR", una herramienta diseñada para mejorar la comunicación y la eficiencia en la atención de emergencias. Esta APP permite a la población contactarse con el Sistema 9-1-1 de forma alternativa a las llamadas de voz, integrando funciones de chat y geolocalización.

### Materiales y métodos

La implementación de la APP incluye:

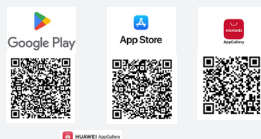
- Comunicación en tiempo real a través de chat, ofreciendo una alternativa en situaciones donde una llamada de voz no es posible.
- Geolocalización automática de las emergencias, optimizando el tiempo de respuesta.
- Los datos recopilados desde su lanzamiento incluyen más de 8000 descargas y 1111 reportes de emergencias hasta agosto de 2024.



Sistema de Emergencias 9-1-1. Porcentaje de Incidentes tramitados por medio del APP, agosto 2024



### Descarga el APP



### Conclusión

La tecnología puede mejorar significativamente la gestión de las emergencias proporcionando una respuesta más rápida y efectiva.

# Síntesis del evento

## Ph. D. Allan Lavell

Para el cierre del congreso, se ofreció una síntesis reflexiva sobre los temas tratados durante los dos días del evento. Lavell, destacado investigador en riesgos de desastres y cambio climático, subrayó la importancia de transformar el conocimiento generado en las universidades en políticas públicas efectivas.

El congreso, centrado en tres ejes principales, evidenció avances significativos en proyectos de investigación; sin embargo, según Lavell, la transición de estos esfuerzos hacia políticas públicas aún es limitada. Esto plantea el desafío de superar el enfoque experimental y aislado, logrando una gestión de riesgos más holística que permita trascender las respuestas ante desastres y avanzar hacia una prevención estructural y sostenida.

## Ejes temáticos del congreso

- Gestión del riesgo, adaptación al cambio climático y desarrollo:** este eje analizó cómo los procesos de desarrollo fallido contribuyen a la construcción del riesgo. Lavell enfatizó que, para resolver problemas derivados de un desarrollo inadecuado, es necesario alterar los procesos que los generan. Durante el congreso, se presentaron nueve ponencias, cuatro conferencias y una mesa redonda en este tema, destacando su centralidad en la discusión.
- Continuidad de servicios durante emergencias y desastres:** se abordaron estrategias para garantizar la oferta de servicios esenciales, como educación y salud, durante y después de los desastres. Este eje incluyó seis ponencias y una conferencia. La continuidad de servicios se vinculó al análisis de riesgos sistémicos, donde la interrupción de infraestructura crítica puede exacerbar las vulnerabilidades de las comunidades afectadas.
- Protección financiera y transferencia de riesgos:** este eje, con cinco ponencias y una mesa redonda, exploró mecanismos de financiamiento para la reducción del riesgo de desastres. Lavell destacó la necesidad de diferenciar entre la reducción de pérdidas financieras y la disminución del riesgo en términos estructurales, subrayando que las estrategias deben ser redituables y basadas en análisis costo-beneficio.

## Reflexiones críticas

Lavell señaló que, aunque el contenido del congreso refleja avances, existen importantes vacíos en la agenda de investigación, especialmente en áreas como el análisis multiamenaza y el riesgo sistémico. También cuestionó la falta de interdisciplinariedad en las investigaciones presentadas, destacando la ausencia de disciplinas clave como sociología, ciencias políticas y administración pública. Estas espe-

cialidades, según él, son fundamentales para comprender las dinámicas sociales que perpetúan las vulnerabilidades y el riesgo.

Otro aspecto abordado fue la conceptualización del riesgo y los desastres. Lavell criticó el uso continuo del término “desastres naturales”, argumentando que el riesgo y las amenazas son socialmente contruidos y están profundamente ligados a procesos de desarrollo inadecuado, desigualdad y marginalidad. Esto se traduce en que las poblaciones más vulnerables, afectadas por pobreza y exclusión, son las principales víctimas de los desastres, los cuales no comienzan con el evento en sí, sino con las estructuras socioeconómicas que los preceden.

## Desafíos y perspectivas

Lavell subrayó la necesidad de articular las investigaciones académicas con los procesos cotidianos de las comunidades y los actores del desarrollo. Los desastres no deben entenderse como interrupciones aisladas, sino como continuidades de la vida cotidiana en contextos de vulnerabilidad estructural. Además, destacó la urgencia de desarrollar estrategias interuniversitarias para generar programas de investigación integrales, que aborden las complejidades del riesgo desde múltiples perspectivas.

En conclusión, el congreso dejó claro que, aunque se han logrado avances en la gestión de riesgos y adaptación al cambio climático, persisten desafíos conceptuales, metodológicos y políticos. Transformar el conocimiento en acciones concretas y sostenibles requiere un enfoque más inclusivo, interdisciplinario y centrado en las realidades sociales, priorizando la reducción de desigualdades y la promoción de un desarrollo más equitativo y resiliente.





VI Congreso Nacional  
de Gestión del Riesgo  
**de Desastres**  
y Adaptación al Cambio  
Climático

---

**2024**