

ESTUDIO DEL RIESGO ANTE AMENAZAS HIDROMETEOROLÓGICAS EN NICARAGUA UTILIZANDO HERRAMIENTAS SIG: PERÍODO DEL 2022

Erasmus Aguilar^{1*}, Pablo Espinoza¹ y Klaus Wiese²

RESUMEN

La gestión del riesgo de desastres es un componente del desarrollo local, incluyéndolo transversalmente desde los programas de educación y también políticas gubernamentales. Considerando las características e impactos que está generando el cambio climático en el mundo y Latinoamérica, y a pesar de la existencia de diferentes marcos normativos y operativos, son escasas las metodologías de abordaje específico del riesgo según amenazas. En Nicaragua, las amenazas hidrometeorológicas (específicamente la sequía e inundaciones) son una constante tanto en el Pacífico como en el Caribe. Este trabajo presenta los resultados de la situación de Nicaragua, en el periodo del 2022, ante afectaciones por tormentas tropicales y sequías, y además discute ciertas metodologías aplicadas (como es el INFORM), destacando la validez y utilidad para la gestión y elaboración de modelos hidrometeorológicos que permitan la proyección de escenarios e índices de riesgo en la toma de decisiones tempranas y acciones de mitigación. El artículo contiene los resultados metodológicos y específicos rescatando reflexiones a partir de estudios y experiencias de otros autores acerca de la temática.

PALABRAS CLAVES

Gestión de riesgos; Sequía; Inundación; SIG; Nicaragua

RISK ASSESSMENT TO HYDROMETEOROLOGICAL HAZARDS IN NICARAGUA USING GIS TOOLS: PERIOD OF 2022

ABSTRACT

Disaster risk management is a component of local development, including it transversally from education programs and also government policies. Considering the characteristics and impacts that climate change is generating in the world and Latin America, and despite the existence of different regulatory and operational frameworks, there are few specific risk approach methodologies for different hazards. In Nicaragua, hydrometeorological hazards (specifically drought and floods) are a constant that mainly occurs in the Pacific and Caribbean regions. The research presents the situation of Nicaragua, by 2022, in relation to tropical storms and droughts, while it discusses some applied methodologies (such as the INFORM). It highlights the validity and usefulness of certain methodologies for the management and elaboration of hydrometeorological models, allowing the projection of scenarios and risk indices which, in turn, help to decision making and mitigation actions. The article contains the methodological and specific results and discusses some reflections from studies and experiences by other authors on the subject.

KEYWORDS

Risk management; Drought; Flood; GIS; Nicaragua

1. Facultad de Arquitectura, Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.

2. Delegación Centro América, Cruz Roja Alemana, Tegucigalpa, Honduras.

*Autor de correspondencia: erasmo.aguilar@farq.uni.edu.ni

DOI:

<https://doi.org/10.55467/reder.v7i2.134>

RECIBIDO

28 de febrero de 2023

ACEPTADO

17 de abril de 2023

PUBLICADO

1 de julio de 2023

Formato cita

Recomendada (APA):

Aguilar, E., Espinoza, P. & Wiese, K. (2023). Estudio del Riesgo ante amenazas hidrometeorológicas en Nicaragua utilizando herramientas SIG: Período del 2022. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 7(2), 219-232. <https://doi.org/10.55467/reder.v7i2.134>



Todos los artículos publicados en REDER siguen una política de Acceso Abierto y se respaldan en una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)

Diseño: Lupe Bezzina

INTRODUCCIÓN

El estudio de los desastres involucra diversas esferas científicas, tecnológicas, ingenieriles y otras, y es competencia de gobiernos, ONG e instituciones nacionales e internacionales. Su importancia política y económica abarca todas las escalas sociales, y busca homogeneizar concepciones y acciones en términos de paradigmas científicos y políticas de intervención. En las últimas décadas, el estudio del riesgo ante desastres ha evolucionado, especialmente desde los años noventa, enfocándose más en la prevención y mitigación en América Latina y Centroamérica, impulsado en parte por el impacto del Huracán Mitch en 1998 (Macías, 2020) (UNISDR & CEPREDENAC, 2013). Ha habido un incremento en la preocupación y acciones de los países, y una renovación conceptual, comenzando con el enfoque de Gestión Integral de Riesgo (GIR) y luego la Gestión Integral de Riesgo de Desastre (GIRD). Aunque en esencia la GIR y la GIRD son muy similares, sus principales diferencias radican en lo siguiente:

- » GIR: se basa en la comprensión de que los riesgos de desastres no solo están relacionados con fenómenos naturales, sino también con factores socioeconómicos y ambientales. Por lo tanto, busca abordar no solo los eventos físicos, como terremotos, inundaciones o sequías, sino también las vulnerabilidades sociales, económicas y ambientales que pueden aumentar la magnitud de los desastres (UNDRR, 2015b).
- » GIRD: es un proceso complejo y sistémico que involucra decisiones, acciones y coordinación entre diversos actores institucionales y sociales. Su objetivo es transformar las necesidades y debilidades identificadas en términos de vulnerabilidad y exposición en respuestas concretas y soluciones colectivas, con el propósito de reducir el riesgo. Es una tarea inevitable y necesaria para abordar de manera efectiva la gestión del riesgo y el desastre (Alcántara-Ayala et al., 2019; Sandoval et al., 2023).

El informe "Evaluación Regional del Riesgo de Desastres en América Latina y el Caribe" (UNDRR, 2021) resalta la creciente interacción entre las amenazas naturales, socio-naturales, tecnológicas y biológicas. El cambio climático se destaca como un factor influyente, evidenciado por el continuo aumento de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI). Aunque la tasa de crecimiento de las emisiones se ha desacelerado del 2,4% (2000-2010) al 1,3% (2010-2019), las emisiones relacionadas con la industria y los combustibles fósiles han aumentado después de una fase de estabilización entre 2014 y 2016. Desde 2014, el crecimiento anual promedio de todos los GEI ha sido de aproximadamente 0,8% (Grubb et al., 2022).

Entre 1997 y 2017, América Latina y el Caribe experimentaron una cuarta parte de los desastres registrados a nivel mundial, y el 90% de las personas afectadas en la región estuvieron relacionadas con eventos climáticos. El calentamiento global se asocia con diferentes escenarios de emisiones, que varían desde menos de 1,5°C hasta más de 5°C para el año 2100, en comparación con los niveles preindustriales. Sin políticas climáticas adicionales, se espera un aumento medio de la temperatura global de 3,3°C a 5,4°C. Es importante destacar que la temperatura media de la Tierra es de aproximadamente 15 grados centígrados, y un aumento de dos grados sería equivalente a un aumento de casi cinco grados en el cuerpo humano. Durante el último siglo, se han observado cambios significativos en el clima, como aumento de temperaturas, cambios en el hielo del Ártico, variaciones en la precipitación, salinidad de los océanos, patrones de viento y eventos climáticos extremos como sequías, lluvias torrenciales, ondas de calor e intensidad de ciclones tropicales. También se ha observado una mayor duración de las sequías, especialmente en las regiones tropicales y subtropicales desde la década de 1970 (Song et al., 2021; UNDRR, 2021) (Conde-Álvarez & Saldaña-Zorrilla, 2007).

Eventos de tipo extremo se han incrementado en las últimas décadas ocasionando desastres o relacionados a los mismos. Estos se vinculan con eventos climáticos extremos y de tipo hidrometeorológicos que como su nombre refleja se asocian con el clima y la hidrología, entre los cuales destacan crecidas e inundaciones producidas por precipitaciones extremas, fusión de nieve o hielo, desbordamiento de canales, rotura de presas, sequías, inundaciones, heladas, así como marejadas, incendios, olas de calor, entre otros (Henríquez et al., 2016). Las inundaciones, los deslizamientos de tierra, los huracanes y las sequías son las amenazas hidrometeorológicas más importantes en la Región. A pesar que el número de muertes humanas causadas por esos eventos ha decrecido en las últimas dos décadas, la población afectada ha aumentado dramáticamente (CEPAL, 2003).

Desde 2002 con el surgimiento en Nicaragua la Ley N°. 337 Ley Creadora del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED), la cual establece el marco de acción, responsabilidades y actores ante la ocurrencia de eventos que puedan generar desastres y que, a su vez, generó el sistema que aglomera a las instituciones técnicas involucradas en los diferentes momentos de la gestión del riesgo se dan avances locales y regionales. Es importante reconocer los esfuerzos y acciones regionales y nacionales dentro del Marco Estratégico para la Reducción de la Vulnerabilidad y los Desastres en Centroamérica, la Política Centroamericana de Gestión Integral de Riesgo de Desastres (PCGIR) que señalan el camino y compromiso para la gestión de riesgos (UNISDR & CEPREDENAC, 2013).

Reconociendo que entre los actores las instituciones de educación superior y Organizaciones no Gubernamentales (ONG) tienen un rol destacado, se generó esta sinergia interinstitucional y como parte del “Proyecto de Investigación: Estudio de la situación actual de Nicaragua ante afectaciones por tormentas tropicales y sequías a partir de la información existente” promovido por la Cruz Roja Nicaragüense (CRN), de la mano con la Universidad Nacional de Ingeniería en el 2022, se realizó el trabajo de investigación técnico-científica, en la búsqueda de escenarios y la proyección de un índice de riesgo ante las amenazas de Sequía e Inundaciones por tormentas tropicales que afectan el territorio nicaragüense, optimizando la gestión y procesamiento de la información por medio de una metodología vinculada a los Sistemas de Información Geográfica (SIG). De este proceso y el análisis de experiencias y datos vinculados con la temática se proyecta la realización de este artículo con el que se pretende difundir y establecer un debate con especialistas e interesados en la materia, procurando la continuidad de estos estudios.

Un SIG es un sistema que crea, administra, analiza y mapea todo tipo de datos, conecta la información a un mapa, integrando su ubicación (dónde están las cosas) con todo tipo de información descriptiva (cómo son las cosas allí). Los beneficios incluyen una mejor comunicación y eficiencia, así como una mejor gestión y toma de decisiones (ESRI, 2022). Los SIG son útiles en bastantes momentos del proceso de planificación, por ello parece cada vez más necesario su uso en estas tareas (Sendra & García, 2000).

Importancia del estudio y Gestión Integral de Riesgos

Los desastres se magnifican con los componentes sociales como el crecimiento de población, incumplimiento de normas constructivas, localización y exposición de la gente en áreas críticas e inestables, la falta de políticas y estudios actualizados de las amenazas, susceptibilidad, vulnerabilidad (Delgadillo et al., 2016), en décadas anteriores se trabajaba con el enfoque de la atención y reducción al desastre, avanzando desde la década de los noventa hacia el reconocimiento que el riesgo es más que eso y puede ser gestionado para una mejor convivencia en el mismo, es ahí donde toman relevancia las proyecciones y actualización de los diferentes escenarios de riesgo. En los años ochenta, hubo un cambio en el enfoque de la gestión de riesgos. Al principio, era reactivo y de respuesta de emergencia, pero hacia mediados de la década se adoptó un enfoque preventivo-proactivo que priorizaba la prevención y mitigación del riesgo. Se incorporaron análisis de ciencias sociales y políticas junto con las ciencias naturales, reconociendo que los desastres no son solo naturales, sino resultado de la interacción humana con el entorno (Gatti, 2017). Hoy en día, se considera que la Gestión Integral del Riesgo debe ser prospectiva y correctiva, evitando el enfoque reactivo asociado a estados de desastre. Se busca un enfoque integral que prevenga la ocurrencia de desastres (CD-SINAPRED, 2019).

Si descomponemos por elementos componentes el riesgo, la mayoría de teóricos coinciden en 3; la amenaza, la vulnerabilidad y la capacidad de respuesta (o falta de esta). Estos últimos dos componentes son competencia directa de las decisiones y acciones del ser humano, teniendo la posibilidad de actuar para reducir el efecto negativo de los mismos en la gran ecuación e interacción del Riesgo ante desastres.

El SINAPRED involucra todos los niveles (nivel local hasta el nivel nacional) promoviendo trabajo coordinado interinstitucional, con ONG, el sector privado y la cooperación internacional. Así se emprenden las acciones iniciales para la recuperación temprana y rehabilitación de acuerdo a sus protocolos de respuesta por Comisión de Trabajo Sectorial (CTS) garantizando que haya continuidad entre la atención humanitaria y los procesos de recuperación (SINAPRED & OPS, 2021).

La medición del riesgo puede darse considerando dos magnitudes de manifestaciones (UNDRR, 2015a):

- » Las manifestaciones intensivas del riesgo asociadas con la exposición de grandes concentraciones poblacionales y de actividades económicas a eventos intensivos relativos a las amenazas existentes, los cuales pueden conducir al surgimiento de impactos potencialmente catastróficos de desastres. Tienden a generar una gran cantidad de pérdida de vidas y de bienes (por ejemplo, huracanes, ciclones, tormentas intensas e inundaciones).
- » Las extensivas del riesgo están asociadas con la exposición de poblaciones dispersas a condiciones reiteradas o persistentes con una intensidad baja o moderada, a menudo de naturaleza altamente localizada, lo cual puede conducir a un impacto acumulativo muy debilitante de los desastres o a eventos de bajo impacto, aún en ciudades de gran tamaño (por ejemplo, sequía).

METODOLOGÍA

Objeto, Métodos y Área de estudio

Considerando que existía información previa, experiencias similares documentadas por otros investigadores, y una estrecha relación interinstitucional con el Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED), y en virtud de la necesidad de CRN de la asistencia a sectores más afectados, el área de trabajo se definió para todo el territorio nacional, siendo la escala de procesamiento específico a nivel municipal (puntualmente los sitios históricos de sequía y la inundación originada por tormentas tropicales). Se trabajó con los métodos sistémico (recopilación, organización, depuración y verificación de información y datos) y analítico (procesamiento espacial y estadístico), relacionándolos según idoneidad en cada etapa del trabajo investigativo, considerando las características físico-naturales y espaciales de afectación de cada amenaza, sus vulnerabilidades y exposición.

Los SIG por definición son metodologías sistémicas, teniendo entre sus funciones comunes la ordenación y planificación del territorio; a) Búsqueda selectiva de información. b) Exploración y descripción de los datos. c) Generación de modelos explicativos y su confirmación con la información preexistente. d) Manipulación de la información: superposición, cambio de tipo de elemento geográfico, y otras funciones como Gestión y descripción y ordenación del territorio (Sendra & García, 2000), se aplicó la función para modelar escenarios, más específicamente utilizando actividades vinculadas al análisis espacial y espacio-temporal, producción cartográfica (en diferentes escalas), métodos de análisis visual y semántico, técnicas avanzadas para grandes volúmenes de datos, etc. (Siabato, 2018).

Se organizó el análisis estadístico y espacial, auxiliado por los recursos que brindan los SIG. Se utilizó software QGIS versión 3.22, MS Excel 2021, y luego de revisar y completar datos a partir de la información institucional del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE), SINAPRED se construyeron parámetros de acuerdo a las variables útiles según componente.

Reconociendo que existen muchas metodologías de evaluación, se retomaron algunos criterios para establecer los niveles de amenaza, como son: Datos históricos (sitios críticos de inundación y niveles alcanzados), análisis geomorfológico (identificación de llanuras de inundación y niveles de terrazas, abanicos aluviales). La amenaza, se determina en función de intensidad y frecuencia del fenómeno (CD-SINAPRED, 2019).

Otro modelo afin para la amenaza por inundaciones es el Índice de Vulnerabilidad Costera - IVC, que ha sido aplicado en diversos litorales costeros (por ejemplo, en India, España, regiones cercanas al Ártico como Estados Unidos y Canadá, etc.). Este tiene la característica de estar basado en variables mayormente cuantitativas, pero permite identificar la vulnerabilidad relativa de la costa ante el incremento del nivel del mar (INM) a partir de variables/indicadores como: geomorfología, tasa de erosión, pendiente costera, oleaje, rango mareal y nivel del mar (Núñez Gómez et al., 2016). Se corroboró que los sitios con mayores planicies en la región Caribe tienen mayor grado de exposición. Estos indicadores de estudio son similares a los métodos y procedimientos sugeridos para diagnósticos puntuales, siendo comunes en los trabajos realizados por el departamento de hidrología del INETER que monitorea estas amenazas.

Por otro lado, tratar de entender la vulnerabilidad, siendo esta tan amplia que sus dimensiones de estudio son diversas, requiere como plantea Naxhelli Ruiz Rivera (2012) distinguir entre:

- » Vulnerabilidad a - situaciones sociales que resultan de procesos de pérdida.
- » Vulnerabilidad ante - amenazas y situaciones de estrés que cambian las condiciones de la unidad de análisis en un tiempo específico. Al definir vulnerabilidad como un proceso de pérdida, sea respecto a una situación previa ante la cual hay una transformación o hay una evaluación de dicha transformación respecto a un parámetro de lo 'normal' o 'positivo', definido teórica y metodológicamente.

Por su parte, Cruz Roja internacional tiene experiencia en la aplicación de la metodología Index For Risk Management – INFORM, que permite un procesamiento de información más ágil una vez determinadas las variables, por lo cual esta fue complementaria a los procesamientos de información con los softwares mencionados previo y trabajo de análisis. El modelo INFORM es una metodología de evaluación de riesgos de código abierto para la gobernanza de las crisis y la planificación del desarrollo. Esta, permite realizar una captura de información detallada del riesgo y sus componentes a diferentes escalas, generando una información que pueda ser comparable en una región o país. El fin de este tipo de herramientas es el análisis, la visualización del riesgo y el respaldo en la toma de decisiones frente a las crisis, preparación para la respuesta ante desastres, resiliencia y elementos para el desarrollo sostenible (Vernaccini & Poljansek, 2017).

Variables y datos de la investigación

La información secundaria fue obtenida de los diferentes servidores, plataformas y documentos institucionales (INIDE para datos estadísticos poblacionales, INETER para datos históricos de las amenazas, SINAPRED a través de la plataforma <http://www.proyectomesoamerica.org/index.php>), así se proyectó el estudio a partir de las relaciones entre los datos y territorios expuestos. Utilizando los SIG, se insertó la información geo-espacial encontrada y construida, lo que permitió visualizar un estado actual del territorio nacional por medio de mapas específicos que reflejan la situación de cada componente de este estudio (Amenaza, Vulnerabilidad y Capacidad de respuesta).

El incremento de la población ha generado un importante aumento de la demanda de productos agrícolas, ejerciendo a la vez presión sobre la expansión de las tierras de cultivo y el aprovechamiento de la madera como combustible, contribuyendo así a incrementar y acelerar la deforestación (avance de la frontera agrícola) reduciendo la cobertura forestal. Esto ha generado un aumento de hasta 0.6°C en un lapso de 10 años (2009 al 2019), coincidiendo con el fenómeno de oscilación sur (ENOS) que para estas mismas fechas ocasionó sequías severas y moderadas en el territorio nicaragüense. Para cerrar, en el 2019 Nicaragua y otros países de la región fueron afectados por una fuerte ola de calor (Ruiz Gómez et al., 2021).

Partiendo del uso de suelo, vocación natural y condiciones físico-naturales del territorio, identificamos la amenaza por sequía en la región del pacífico, y las inundaciones por tormentas tropicales y otros eventos (tormentas tropicales, ciclones, huracanes) en la región caribe que es el sitio en donde históricamente se generan y mueven los fenómenos hidrometeorológicos (Calvo-Solano et al., 2018; OCHA, 2020).

En Centroamérica varios de los países se encuentran dentro del llamado Corredor Seco, que se caracteriza por una gran cantidad de mecanismos que tienen la capacidad de generar cambios en las condiciones atmosféricas, conectado directamente con el sistema montañoso propio de la región, con dirección noroeste-sureste (NO-SE) generando así un mecanismo más complejo (Calvo-Solano et al., 2018). En el caso de Nicaragua, los principales territorios afectados se encuentran en la región del Pacífico y Centro norte, incidiendo en el fenómeno de la sequía. Entenderemos por sequía meteorológica como “el grado de desviación de la precipitación en comparación con un comportamiento que se considera normal, a partir de una serie de tiempo preestablecida.” (Bonilla Vargas, 2014).

Inundaciones Hidrometeorológicas obedecen y están relacionados a procesos atmosféricos extremos como huracanes, Tormentas Tropicales, Depresiones Tropicales y otros. Son eventos de extrema gravedad, y de alta amenaza por su recurrencia e intensidad. Solo pueden ser mapeados según la distribución histórica de su paso por regiones continentales, mediante la instrumentación de diferentes escenarios climatológicos (CD-SINAPRED, 2019). Estos eventos golpean todo el territorio nicaragüense, pero tienen mayor exposición en los municipios ubicados en la región Caribe.

Un elemento representativo de ello ha sido la temporada de huracanes del Atlántico de 2020 definida como la más intensa jamás registrada (OCHA, 2020). Dos huracanes: Eta (categoría 4) e Iota (categoría 5) impactaron en territorio nicaragüense causando inundaciones y deslizamientos de tierra catastróficos. Como ejemplo de la influencia que tienen estos fenómenos en tema de inundación es importante resaltar que, en los municipios de Bonanza, Siuna y Rosita, a partir de los datos de INETER estos huracanes aportaron el 37% de la precipitación media de la temporada de lluvias que comprende desde el mes de mayo hasta el mes de noviembre en tan solo 18 días.

Entorno a las características y antecedentes de las amenazas estudiadas, y basados en estimaciones de posibles impactos (escenarios de riesgos) de estos eventos, sus probables efectos en la infraestructura social, económica y productiva, así como en el tejido social del país, el SINAPRED plantea los panoramas presentados en la Tabla 1 (SINAPRED & OPS, 2021):

Área de influencia/ Nivel de riesgo	Sitios críticos	Supuesto	Efectos que aumentan la vulnerabilidad
Corredor Seco de Nicaragua/ Alto	Comunidades con familias vulnerables que tienen como principales medios de vida las actividades agropecuarias, en los municipios del Corredor Seco de Nicaragua donde el efecto potencial de la sequía es calificado como severo.	Déficit de precipitación anual mayor al 30% de la norma histórica con una duración que excede los 3 meses, generando pérdidas en los cultivos (granos básicos y otros productos agropecuarios) por 20% o más. Pueden ocasionar; incendios agrícolas y forestales, epidemias o pandemias (principalmente en las comunidades afectadas por la sequía).	Reducción de la disponibilidad de agua. Aumento de los precios de los productos de la canasta básica y productos agrícolas en general. Pérdida de empleos y medios de vida. Inseguridad alimentaria y nutricional. Emigración forzada. Deterioro o pérdida de la cobertura vegetal. Incendios agrícolas y forestales, aumento de la erosión eólica y deterioro de los suelos. Etc.
Huracán Cat. 3 o mayor - Todo el territorio nacional/ Alto	La región del Caribe, con mayor recurrencia e intensidad. La región del Pacífico, con mayor densidad poblacional. La región Central y Norte, con menor recurrencia e intensidad.	Huracán categoría 3 o más en la escala Saffir-Simpson que atraviesa el territorio nacional de este a oeste, ingresando por el Caribe Norte. Riesgo multiamenazas de ocurrir durante una emergencia sanitaria en el mismo territorio.	Personas desaparecidas, lesionadas y fallecidas. Destrucción de infraestructura habitacional y de servicios básicos. Pérdida de medios de vida. Pérdida o daño de comunicaciones y de servicios básicos. Etc.
Inundaciones - Todo el territorio nacional/ Zona del Pacífico: Alto. Zona Central y Norte: Alto.	Zona del Pacífico y Zona Central y Norte	Precipitaciones moderadas a intensas por periodos prolongados de tiempo. Riesgo multiamenaza de ocurrir durante una emergencia sanitaria en el mismo territorio	Personas desaparecidas, lesionadas y fallecidas. Afectación a las actividades productivas agrícolas y ganaderas. Daños a infraestructura crítica de servicios básicos y comunicaciones y habitacional. Etc.

Tabla 1. Escenarios por fenómenos de Sequía, Huracanes e inundaciones

Fuente: Autores, 2023, modificado a partir del Plan Nacional de Respuesta con Enfoque Multiamenaza y Salud 2020.

La vulnerabilidad social ante amenazas naturales se entiende como el nivel específico de exposición y fragilidad que sufren los grupos humanos asentados en un lugar ante ciertos eventos peligrosos, en función de un conjunto de factores socioeconómicos, institucionales, psicológicos y culturales. Este tipo de vulnerabilidad es mayor en los estratos más pobres de los países en desarrollo (y dentro de ellos se consideran más vulnerables los grupos de niños, mujeres y ancianos), por cuanto su capacidad de preparación, respuesta y recuperación ante eventos perturbadores es muy reducida (Thomas Bohórquez, 2013).

Cabe señalar que muchos de estos datos sociales y económicos son generados como parte de las dinámicas propias de planificación local y de desarrollo, contando también con el trabajo de ONG y observatorios puntuales (en muchas ocasiones desde las universidades e institutos técnicos). Este enfoque se orientó en base a los patrones, dinámicas y procesos de desarrollo de los municipios. Por lo mismo, se pueden considerar múltiples variables y de espectros tan amplios como la cantidad de habitantes y actividades en el territorio, sin embargo, en este estudio

se delimitó el trabajo de acuerdo a las experiencias planteadas por Thomas Bohórquez (2013) y la experiencia de la Universidad Nacional de Ingeniería con el Sistema de Gestión de Riesgo (SIGER). Se organizaron las variables y se solicitó a un grupo de 6 expertos su opinión acerca del mejor aprovechamiento de las mismas para su clasificación en función de los componentes Vulnerabilidad Social y Capacidad de Respuesta, siendo la categorización sugerida la de la Tabla 2.

Vulnerabilidad Social	Capacidad de Respuesta
<ul style="list-style-type: none"> • Densidad poblacional • Población dependiente • Actividad antrópica instalada (ppal generador de empleo) • Ingresos (familiar) • Nivel de escolaridad • Informalidad de la vivienda • Informalidad del barrio o asentamiento humano • Acceso a servicios básicos • Telecomunicaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Planes de emergencia actualizados y difundidos • Capacidad Organizativa • Respuesta de la comunidad • Instalaciones de emergencia adecuadas • Existencia de organizaciones civiles relacionadas con la Prevención y la atención de la Emergencia • Existencia de equipos y logística para la respuesta de emergencias

Tabla 2. Organización de variables según aporte de expertos
Fuente: Autores, 2023.

RESULTADOS

La gestión ante escenarios recientes con amenazas más acentuadas

Reconociendo que la planificación territorial es función de agentes públicos y privados, en aras de que la población y otros agentes económicos se desarrollen óptimamente y en armonía con el consumo de los recursos naturales (Sendra & García, 2000), y que las acciones de prevención y mitigación de riesgos deben estar presentes en todas las instancias de la Planificación Nacional, Regional, Departamental, Municipal y Comunal/Barrio (CD-SINAPRED, 2019) podemos identificar un eje transversal que vincule el desarrollo y la GIRD a la planificación de los territorios desde las escalas más pequeñas, y que considerando las vocaciones físico-naturales y culturales, permitirán la acción con mejor impacto para la prevención y mitigación de los riesgos.

Realizando análisis por componentes del riesgo (Amenazas por sequía e inundaciones, vulnerabilidad social y capacidad de respuesta) se obtuvo un indicio de los territorios y poblaciones más afectadas según la amenaza específica para cada territorio. Para eventos de origen hidrometeorológicos (tormentas tropicales, huracanes e inundaciones), los grupos vulnerables se localizan en los departamentos de la Región Autónoma Costa Caribe Norte, especialmente afectados por el impacto de Eta e Iota, destacando que ahí viven la mayoría de las poblaciones indígenas (miskito, mayagna, ulwa y rama) y afrodescendientes (criollos y garífunas) de Nicaragua. Los impactos provocaron la pérdida de viviendas e infraestructuras en esos territorios, incrementando los niveles de violencia y problemas de salud siendo los más afectados los niños, adolescentes, adultos mayores y mujeres (OCHA, 2020).

Otra acción para la reducción de riesgo se centra en el enfoque de salud, seguridad y medio ambiente hacia la mejora de la salud individual, vinculada directamente con un escenario global del desastre... (Kharb et al., 2022). Estos impactos económicos también se corresponden en los procesos de mitigación y respuesta con la magnitud del evento (intensivo o extensivo).

En el caso de las inundaciones, es importante considerar las geoformas, ya que pueden aumentar la susceptibilidad y la erosión causada por la acción del agua, tanto en el mar como en los ríos durante crecidas. Otros factores relevantes son la topografía, la geología, los movimientos naturales del suelo, el clima regional y las actividades humanas (Núñez Gómez et al., 2016). Para abordar este tema, se utilizan mapas que recopilan antecedentes, trazan la red fluvial y pueden realizar modelaciones y proyecciones utilizando Modelos de Elevación Digital (MED o DEM) a diferentes escalas, como 1:50,000 para municipios y 1:10,000 - 1:5,000 para áreas urbanas (CD-SINAPRED, 2019). Los mapas son herramientas fundamentales para la toma de decisiones, ya que

comunican información geográfica y permiten comprender, representar y modelar los fenómenos y complejidades del territorio (Siabato, 2018).

Las industrias y los asentamientos humanos más vulnerables son generalmente los que se encuentran en las zonas costeras y en las planicies inundables, especialmente aquellos cuyas economías están fuertemente ligadas a los recursos altamente sensibles al clima (por ejemplo, la agricultura), y aquellas áreas propicias a sufrir eventos extremos, particularmente donde se está dando un rápido proceso de urbanización (Conde-Álvarez & Saldaña-Zorrilla, 2007). En este punto, a partir de la contraposición de la información histórica y los eventos más recientes registrados (huracanes Eta e Iota), se corroboró que los sitios con mayores planicies ubicadas en su en la región Caribe tienen mayor grado de exposición.

Modelos de riesgo para Sequía e Inundaciones 2022

La materialización de las pérdidas y daños a un nivel territorial local depende de las condiciones de riesgo y de vulnerabilidad existentes y diferenciables en cada municipio (o unidad equivalente). Por lo tanto, un gran desastre puede evidenciar municipios con mayor o menor riesgo frente a la misma amenaza. Los mapas son un valioso instrumento donde se muestran ejemplos de desastres que afectaron de manera extensiva o intensiva las unidades geográficas (UNDRR, 2015a).

Habiendo definido la ruta metodológica (especial énfasis en la información útil y los instrumentos de análisis y depuración) el procesamiento se dio correlacionando temas de los archivos y datos obtenidos en las fuentes antes mencionadas, de acuerdo a la idoneidad y reciprocidad de sinergia entre esos campos de trabajo, según cada caso y características territoriales, desde municipio a microrregiones o mancomunidades (suma de varios poblados, comarcas o municipios).

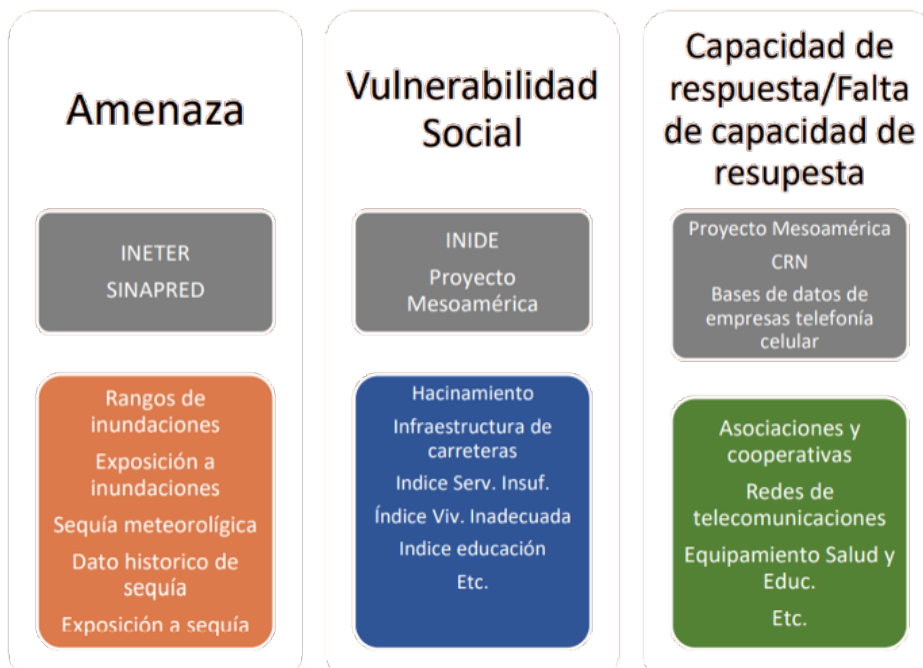


Figura 1. Esquema de información obtenida según componente y fuente
Fuente: Autores, 2023.

Luego de depurar los datos de cada componente y realizar ajustes a una escala no dimensional a la información de las diferentes bases de datos, se realizó una normalización de los valores de (rango de 0 – 10), de manera que los valores sean aptos para ingresarlos en el sistema de INFORM (European Commission, 2022), a partir de la información obtenida y procesada se generaron los mapas correspondientes (ver Figuras 2 y 3).

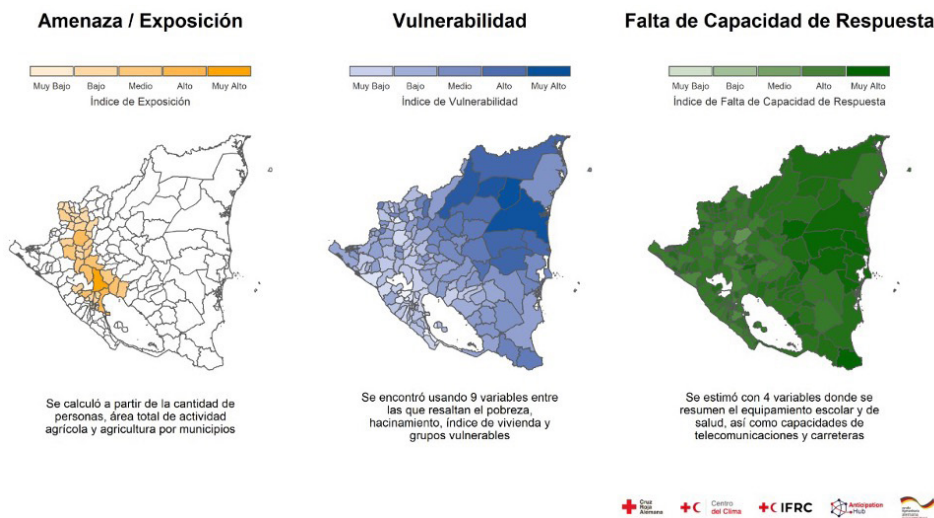


Figura 2. Índice de riesgo INFORM para Sequía
Fuente: INFORM, 2022, elaborado por Klaus Wiese.

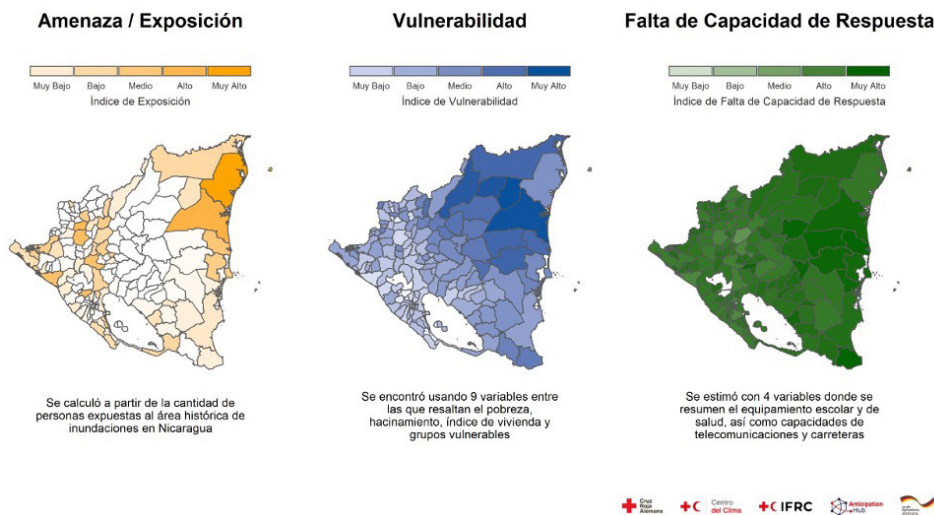


Figura 3. Índice de riesgo INFORM para Inundaciones por tormentas tropicales y huracanes
Fuente: INFORM, 2022, elaborado por Klaus Wiese.

Se confirma y mantienen las mismas regiones con mayor afectación por las amenazas objeto de este estudio. Los modelos permitieron destacar los mayores índices de riesgo a nivel de los municipios al vincular los tres componentes, siendo los que mantienen los rangos más altos los presentados en la Tabla 3.

Mayor índice de riesgo Amenaza de Sequía	Mayor índice de riesgo Amenaza por Inundación	Mayor Vulnerabilidad	Mayor Falta de capacidad de respuesta
Telpaneca	Waspan	Rosita	Karawala
Ciudad Antigua	Rosita	Bonanza	La Cruz de Rio Grande
San Sebastián de Yalí	Prinzapolca	Prinzapolca	Prinzapolca
Achuapa	Puerto Cabezas	El Cua-Bocay	El Tortuguero
San Nicolás	Karawala	Waspan	El Ayote
San Lorenzo	Laguna de Perlas	El Castillo	Kukrahill
Comalapa	Santa María de Pantasma	San Juan de Nicaragua	San Juan de Nicaragua

Tabla 3. Indicadores de mayor afectación a nivel de municipios
Fuente: Autores, 2023.

Se identificó una fuerte correlación de los municipios con mayor vulnerabilidad que coincide con el mayor índice de Riesgo ante inundaciones. Destaca que es la región Caribe de Nicaragua la que aglomera los municipios con mayor vulnerabilidad y menor capacidad de respuesta. A pesar que los municipios del centro norte se incluyen dentro del corredor seco, sus vulnerabilidades no son tan altas, en muchos casos debido a la diversificación de actividades económicas-productivas (ver Figura 4). No se pudo abordar todas las variables de cada componente debido al poco tiempo para aplicar instrumentos de obtención de datos primarios en todo el territorio nacional (trabajo de campo) y por la carencia de cierta información vinculante (especialmente para el componente de capacidad de respuesta). Sin embargo, se logró proyectar mapas de riesgo para las amenazas estudiadas, obteniendo una visión actualizada de los municipios y microrregiones más afectadas para cada caso. Muchos de los municipios afectados por Eta e Iota, aún se encuentran en proceso de recuperación de esos eventos, por lo cual sus índices de riesgo fueron más altos que el de otros territorios vecinos.

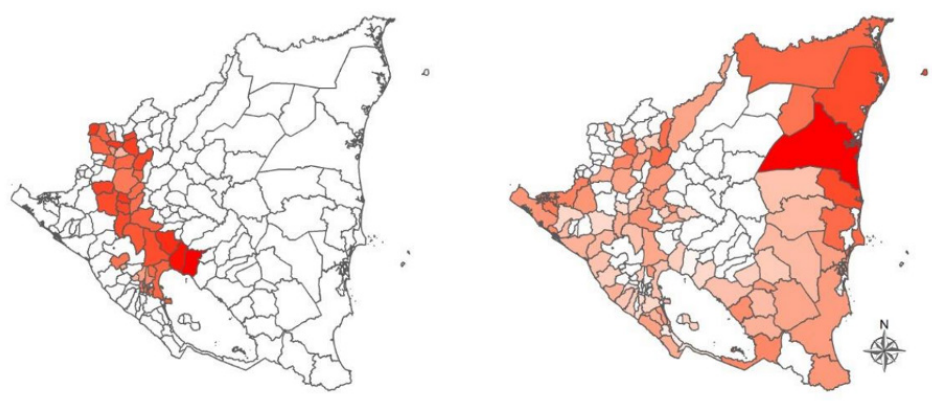


Figura 4. Índice de riesgo INFORM

Fuente: INFORM, 2022, elaborado por Klaus Wiese.

Nota: Izq. Sequía, Der. Inundaciones

DISCUSIÓN

Para Alcántara-Ayala, y otros (2019), resaltan la importancia de basar las políticas públicas en un Sistema de Gestión Integral del Riesgo de Desastres con principios como eficiencia, equidad, integralidad, transversalidad, corresponsabilidad y rendición de cuentas. El riesgo de desastres relacionado con el cambio climático representa un nuevo desafío para las ciudades de la región, y se espera que su importancia aumente a medida que avancen las manifestaciones climáticas. En el mediano y largo plazo, los eventos relacionados con el cambio climático tendrán un impacto significativo en las áreas urbanas de la región (UNDRR, 2021). Las amenazas estudiadas en este trabajo han experimentado cambios importantes debido al cambio climático y su relación con las condiciones meteorológicas en las últimas décadas.

En la comunidad de científicos sociales, como sociólogos, antropólogos y politólogos, se encuentran obstáculos que dificultan la integración de medidas, métodos y enfoques integrales, lo que ha llevado a críticas sobre la abstracción teórica en el abordaje de estos temas (Ortiz et al., 2021). Sin embargo, existen ciertos modelos que pueden combinar tanto enfoques teóricos/cualitativos como matemáticos/cuantitativos mediante procesos estadísticos analíticos. Uno de los modelos más citados en ciencias sociales para el estudio de la vulnerabilidad social es el modelo PAR (*Pressure and Release model*, de Wisner et al., 2004), que busca visualizar la interacción entre amenaza y vulnerabilidad, y se centra en tres componentes clave para el análisis de desastres: causas de fondo, condiciones inseguras y presiones dinámicas. Estos componentes permiten diferenciar las dimensiones y escalas básicas de la vulnerabilidad frente a la generación de desastres. Sin embargo, es importante adaptar estos marcos teóricos y metodológicos a las formas específicas de vulnerabilidad y amenazas que sean relevantes para cada estudio (Ruiz Rivera, 2012).

Para escalas urbanas hay diversidad de metodologías, a causa de la extrema heterogeneidad de los escenarios de riesgo, de las diferentes estructuras administrativas e institucionales y de las múltiples variables que intervienen en la definición de la vulnerabilidad en ámbitos urbanos (Gatti, 2017). Una etapa fundamental es la realización del Diagnóstico, entendiendo la ciudad

como sistema socio-espacial compuesto por el subsistema físico y el subsistema humano. Desde un punto de vista operativo, diagnósticos parciales de los componentes integrantes (población – incluyendo aspectos funcionales a partir del medio construido–, actividades económicas y medio natural) aportan importantes resultados para la construcción de pronósticos y escenarios (Buzal & Baxendale, 2010).

El modelo INFORM es uno de estos al ser una metodología que permite realizar una captura de información detallada del riesgo y sus componentes a diferentes escalas, generando una información que pueda ser comparable en una región o país, por medio de la visualización del riesgo y el respaldo en la toma de decisiones en preparación para la respuesta ante desastre. (De Groeve et al., 2015). Con INFORM se logró relacionar la información vinculada mayormente a las actividades urbanas por medio de variables de los componentes Vulnerabilidad Social y Capacidad de respuesta.

Ahora bien, la planificación territorial supone, el establecimiento de los usos más apropiados para cada porción del territorio. La decisión sobre cuáles son estos usos depende, entre otros factores, de razones y criterios derivados de la conservación del ambiente natural y debe tener en cuenta tanto la vocación "intrínseca" de cada punto del territorio, determinada por su aptitud para cada uso o actividad, como el impacto potencial que tendrá sobre el medio ambiente la realización de una determinada actividad en ese punto del territorio (Sendra & García, 2000). No considerar esas vocaciones acrecienta la vulnerabilidad local y eventualmente nacional. Así la planificación municipal y global, la creación del o los planes respectivos para cada etapa (antes-durante-después), se vuelve trascendental mediante la implementación de medidas de prevención y mitigación, para la reducción de la vulnerabilidad, con énfasis en el ordenamiento territorial, procurando minimizar los estados de desastres/ emergencias (CD-SINAPRED, 2019). Siendo uno de los principios más importantes en Nicaragua, inscrito en la Ley 337 en su Artículo 2 - Garantizar que la reducción de los riesgos eventuales ante los desastres forme parte de la planificación del desarrollo, ordenamiento territorial y de la inversión pública y privada, en los diferentes niveles de la organización territorial del país.

La determinación temprana y debidamente planificada de acuerdo a objetivos, posibilidad de uso y en especial la capacidad de acogida (aptitud intrínseca del territorio para recibir esa actividad, y el impacto potencial que se puede producir en ese punto del territorio al situar allí esa actividad) (Sendra & García, 2000) deberían ser principios y lineamientos para la planificación de los municipios, cosa que se manifiesta en la teoría mas no así en la práctica. Los SIG nos permiten identificar cuáles de estos puntos existentes están incompletos o no cumplen con el objetivo o uso adecuado del territorio, ya sea por falta de equipamientos (básicos, complementarios, etc.), un asunto de organización espacial o ubicación inadecuada respecto a las afectaciones climáticas y naturales del territorio.

El cambio climático está estrechamente relacionado con las amenazas hidrometeorológicas, por lo que se requieren estrategias de mitigación en el Corredor Seco centroamericano. El trabajo a nivel internacional y regional es fundamental, comenzando desde el ámbito local y enfocándose en la educación familiar y la investigación multidisciplinaria. La ayuda humanitaria es necesaria en aspectos como la nutrición, asistencia sanitaria y donación de alimentos. El Programa Integrado del Corredor Seco Centroamericano (PICSC) es una estrategia relevante que busca desarrollar la resiliencia al cambio climático a nivel local y meso espacial. Los riesgos para los sistemas alimentarios están directamente relacionados con el cambio climático, afectando los medios de subsistencia, la infraestructura, el valor de la tierra y la salud humana y del ecosistema. Las proyecciones indican que a medida que aumenta la temperatura global, los riesgos de escasez de agua, incendios forestales y pérdida de vegetación también aumentan (Calvo-Solano et al., 2018; Dupar, 2020).

CONCLUSIONES

La revisión de competencias, prioridades y financiamiento de acciones para la adopción de la GIRD en todos los órdenes de gobierno responde a la necesidad urgente de transitar de un sistema reactivo a un sistema preventivo en el que la política pública y la práctica vayan de la mano del desarrollo de la ciencia, la tecnología y la ingeniería (Alcántara-Ayala et al., 2019), siendo una necesidad urgente de los actores gubernamentales y demás instituciones para lograr en nuestros países latinoamericanos un cambio en el enfoque y actuación en términos de la GIRD involucrando activamente a las poblaciones y grupos vulnerables, y territorios históricamente afectados.

Concordando con Conde-Álvarez & Saldaña-Zorrilla (2007), se comprobó la necesidad de estudios de la variabilidad climática, la historia del clima de la región o sitio de interés (municipios y microrregiones), especialmente ante eventos climáticos extremos (sequías, lluvias torrenciales, ondas de calor, heladas, vientos fuertes, por ejemplo), de manera que se obtengan datos de las vulnerabilidades y las capacidades adaptativas puntuales. Este tipo de investigaciones que se vinculan con las instituciones de educación superior deben ser una constante, para mantener dinámicos los procesos de actualización de información y escenarios de riesgos (principalmente ante las amenazas de sequía e inundaciones).

Los instrumentos como los planes de gestión integral de riesgos, ordenamiento territorial y respuesta/emergencia, junto con las estrategias de adaptación al cambio climático, brindan la oportunidad de generar conocimientos y capacidades en la comunidad. Estos instrumentos deben ser accesibles a todos, y las tecnologías de comunicación brindan esa oportunidad desde los autores hacia los beneficiados (CD-SINAPRED, 2019; Conde-Álvarez & Saldaña-Zorrilla, 2007). La adaptación se reconoce como un proceso sistemático que se ajusta a medida que cambian las condiciones naturales de los territorios afectados por sequías e inundaciones. La difusión de esta información es crucial para que los actores comprendan y puedan responder efectivamente a los riesgos.

Retomando del marco legal nicaragüense, se reivindica la importancia del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres, entendido como un conjunto orgánico y articulado de estructuras, relaciones funcionales, métodos y procedimientos entre los Ministerios e Instituciones del sector público entre sí, y con las organizaciones de los diversos sectores sociales, privados y autoridades, con la finalidad de efectuar acciones de común acuerdo destinadas a la reducción de riesgos derivados de los desastres naturales y antropogénicos... (Asamblea Nacional de la República de Nicaragua, 2002). De esta manera, el camino de colaboración para la construcción, simulación y correcciones de los modelos e índices de riesgo ante desastres proveerá mejores resultados y beneficios, principalmente para los más afectados.

REFERENCIAS

- Alcántara-Ayala, I., Garza Salinas, M., López García, A., Magaña Rueda, V., Oropeza Orozco, O., Puente Aguilar, S., . . . Vázquez Rangel, G. (2019). Gestión Integral de Riesgo de Desastres en México: reflexiones, retos y propuestas de transformación de la política pública desde la academia. *Investigaciones Geográficas*, (98). <https://doi.org/10.14350/rig.59784>
- Asamblea Nacional de la República de Nicaragua. (2002, 8 de marzo). Ley 337 Ley creadora del Sistema Nacional Para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres. ANRN.
- Bonilla Vargas, A. (2014). *Patrones de sequía en Centroamérica*. GWP Centroamérica y la Cooperación Suiza, Secretaría Ejecutiva de GWP Centroamérica. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/patrones-de-sequia_fin.pdf
- Calvo-Solano, O.D., Quesada-Hernández, L.E., Hidalgo, H., & Gotlieb, Y. (2018). Impacts of drought in the primary sector of the Central American Dry Corridor. *Agronomía Mesoamericana*, 695-709. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i3.30828>
- CD-SINAPRED. (2019). *Guía del Método para la Elaboración de los Planes Municipales de Gestión Integral de Riesgo (PMGIR)*. CD-SINAPRED. https://www.sinapred.gob.ni/images/aprendamos_de_prevencion/guia_para_elaboracion_pmgir.pdf
- CEPAL. (2003). *Panorama Social de América Latina 2002-2003. Pobreza y distribución del ingreso*. CEPAL.
- Conde-Álvarez, C., & Saldaña-Zorrilla, S.O. (2007). Cambio climático en América Latina y el Caribe: Impactos, vulnerabilidad y adaptación. *Revista Ambiente y Desarrollo de CIPMA*, 23(2), 23-30. <https://www.researchgate.net/publication/242615714>
- De Groeve, T., Poljansek, K., & Vernaccini, L. (2015). *Index for risk management-INFORM*. European Commission. RC Science for Policy Reports. <https://doi.org/10.2760/094023>
- Delgadillo, A., Oropeza, C.F., & Figuera, D.T. (2016). Amenazas hidrometeorológicas, climáticas e hidrológicas, evidencias geográficas de calentamiento global. *Revista Geográfica Venezolana*, 57(2), 156-159. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=347750606012>
- Dupar, M. (2020). *Informe especial del IPCC sobre el cambio climático y la tierra: qué significa para América Latina?*. Alianza CDKN. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/59022/59161.pdf?sequence=1>

- ESRI. (2022). *Qué son los SIG?* ESRI. <https://www.esri.com/es-es/what-is-gis/overview>
- European Commission. (2022). *DRMKC - INFORM*. EU. <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index/INFORM-Risk>
- Gatti, C.G. (2017). La construcción de herramientas de Gestión Integral del Riesgo de Desastres a nivel local. La experiencia del Municipio de Gral. San Martín. *Revista Internacional de Cooperación y Desarrollo*, 4(1), 7-29. <https://doi.org/10.21500/23825014.3114>
- Grubb, M.C., Okereke, J., Arima, V., Bosetti, Y., Chen, J., Edmonds, S., . . . Sulistiawati. (2022). Chapter 1. Introduction and Framing. En IPCC, *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change*. IPCC. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/chapter/chapter-1/>
- Henríquez, C., Aspee, N., & Quense, J. (2016). Zonas de catástrofe por eventos hidrometeorológicos en Chile y aportes para un índice de riesgo climático. *Revista de Geografía Norte Grande*, (63), 27-44. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000100003>
- Kharb, A., Bhandari, S., Moitinho de Almeida, M., Castro Delgado, R., Arcos González, P., & Tubeuf, S. (2022). Valuing Human Impact of Natural Disasters: A Review of Methods. *International journal of environmental research and public health*, 19(18), 11486. <https://doi.org/10.3390/ijerph191811486>
- Macías, J.M. (2020). La ambigüedad de la Gestión Integral del Riesgo de Desastres. En *El desastre y sus fronteras. Perspectivas locales* (pp.19-44). UAM-X.
- Núñez Gómez, J.C., Ramos Reyes, R., Barba Macías, E., Espinoza Tenorio, A., & Gama Campillo, L. (2016). Índice de vulnerabilidad costera del litoral tabasqueño, México. *Investigaciones Geográficas*, (91). <https://doi.org/10.14350/rig.50172>
- OCHA. (2020). *Plan de Acción Nicaragua - Huracanes Eta e Iota*. Naciones Unidas. Naciones Unidas.
- Ortiz, G., Aznar-Crespo, P., & Aledo, A. (2021). Análisis multidisciplinar para mitigar el impacto de los fenómenos climáticos extremos. En G. Ortiz, P. Aznar-Crespo, & A. Aledo (Eds.), *Inundaciones y sequías*. Universitat d'Alacant. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/118471>
- Ruiz Gómez, V.L., Savé Monserrat, R., Lanuza Lanuza, O.R., Herrera Herrera, A., López Benavidez, K., & Urrutia Rodríguez, J.T. (2021). Evolución de la temperatura y precipitación en cuatro estaciones meteorológicas, ubicadas en la región Norcentral de Nicaragua, Centroamérica. *Revista Científica de FAREM-Estelí*, 10(38), 197-212. <https://doi.org/10.5377/farem.voi38.11952>
- Ruiz Rivera, N. (2012). La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. *Investigaciones Geográficas*, (77), 63-74. <https://doi.org/10.14350/rig.31016>
- Sandoval, V., Voss, M., Flörchinger, V., Lorenz, S. & Jafari, P. (2023). Integrated Disaster Risk Management (IDRM): Elements to Advance its Study and Assessment. *International Journal of Disaster Risk Science*, 14. <https://doi.org/10.1007/s13753-023-00490-1>
- Sendra, J.B., & García, R.C. (Enero de 2000). El uso de los sistemas de información geográfica en la planificación territorial. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*, 20, 49.
- Siabato, W. (2018). Sobre la evolución de la información geográfica: las bodas de oro de los SIG. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 27(1), 1-9. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v27n1.69500>
- SINAPRED & OPS. (2021). *Plan Nacional de Respuesta con Enfoque Multiamenaza y Salud 2020*. SINAPRED. https://www.sinapred.gob.ni/images/aprendamos_de_preencion/Plan_Nacional_de_Respuesta_con_Enfoque_Multiamenaza_Nicaragua_2020.pdf
- Song, H., Kemp, D.B., Tian, L., Chu, D., Song, H., & Dai, X. (2021). Thresholds of temperature change for mass extinctions. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-25019-2>
- Thomas Bohórquez, J.E. (2013). Evaluación de la vulnerabilidad social ante amenazas naturales en Manzanillo (Colima). Un aporte de método. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, (81), 79-93. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S018846113727705>
- Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres UNDRR. (2021). *Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe*. Naciones Unidas.
- UNDRR. (2021). Informe de evaluación regional sobre el riesgo de desastres en América Latina y el Caribe. UNDRR.
- UNDRR. (2015a). Marco de Acción de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030". UNDRR.
- UNDRR. (2015b). Impacto de los desastres en América Latina y el Caribe 1990-2013. UNDRR.

- UNISDR & CEPREDENAC. (2013). *Informe Nacional sobre Gestión Integral del Riesgo de Desastres Nicaragua 2013*. UNISDR. <https://eird.org/pr14/cd/documentos/espanol/AmericaCentralHerramientasydocumentos/Informesregionalesnacionales/Informe-GIRD-Nicaragua-version-web.pdf>
- Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., & Davis, I. (2004). *At risk: Natural hazards, people's vulnerability, and disasters* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203714775>