

# PROPUESTA METODOLÓGICA PARA EVALUAR LA EFICIENCIA FISCAL Y LA RESILIENCIA TERRITORIAL FRENTE A DESASTRES A PARTIR DEL TIEMPO DE RECUPERACIÓN EN ECUADOR

Juan Pablo Morales Corozo <sup>1\*</sup>, Hilarion José Vegas Meléndez <sup>1</sup> y Magda Francisca Cejas Martínez <sup>1</sup>

1. Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí, Portoviejo, Ecuador.

\*Autor de correspondencia: [jpmoralesc@pucesm.edu.ec](mailto:jpmoralesc@pucesm.edu.ec)

## RESUMEN

Este estudio propone un modelo cuantitativo para estimar los costos asociados a los riesgos de desastres, con el fin de apoyar la planificación presupuestaria municipal en contextos de alta exposición. Se plantea un modelo matemático dinámico que utiliza una ecuación diferencial para integrar las cuatro fases de la gestión del riesgo: prevención, mitigación, reacción y recuperación, moduladas por un coeficiente de riesgo compuesto. Este coeficiente, que relaciona exposición, vulnerabilidad y capacidad institucional, permite adaptar el modelo a distintos tipos de municipios según su estructura y resiliencia. La formulación proyecta la evolución de los costos en el tiempo, simula escenarios presupuestarios ex ante y estima el tiempo de recuperación económica tras eventos adversos, convirtiéndose en una herramienta útil para la toma de decisiones fiscales. La validación empírica mediante pruebas estadísticas evidenció un alto nivel de ajuste ( $R^2 = 0,953$ ), bajo error absoluto medio y escasa dispersión, lo que confirma su capacidad predictiva. Los resultados indican que una mayor inversión preventiva reduce significativamente los costos correctivos y el tiempo de recuperación. Esta propuesta metodológica representa un aporte técnico relevante para gobiernos locales con alta exposición y capacidades limitadas, orientado a mejorar la eficiencia fiscal y la sostenibilidad territorial.

## PALABRAS CLAVES

Gestión del riesgo de desastres; Resiliencia territorial; Vulnerabilidad y exposición; Recuperación post-desastre; Planificación fiscal; Ecuador

A METHODOLOGICAL PROPOSAL FOR ASSESSING FISCAL EFFICIENCY AND TERRITORIAL RESILIENCE TO DISASTERS USING RECOVERY TIME IN ECUADOR

## ABSTRACT

This study proposes a quantitative model to estimate costs associated with disaster risks, aiming to support municipal budget planning in high-exposure contexts. It presents a dynamic mathematical model using a differential equation that integrates the four phases of risk management: prevention, mitigation, response, and recovery, modulated by a composite risk coefficient. This coefficient, relating exposure, vulnerability, and institutional capacity, allows adaptation of the model to different types of municipalities based on their structure and resilience. The formulation projects cost evolution over time, simulates ex-ante budget scenarios, and estimates economic recovery time after adverse events, becoming a useful tool for fiscal decision-making. Empirical validation through statistical tests showed a high goodness of fit ( $R^2 = 0.953$ ), low mean absolute error, and minimal dispersion, confirming its predictive ability. Results indicate that greater preventive investment significantly reduces corrective costs and recovery time. This methodological proposal constitutes a relevant technical contribution for local governments with high exposure and limited capacity, aimed at improving fiscal efficiency and territorial sustainability.

## KEYWORDS

Disaster risk management; Territorial resilience; Vulnerability and exposure; Post-disaster recovery; Fiscal planning; Ecuador

## DOI:

<https://doi.org/10.55467/reder.v10i2.241>

## RECIBIDO

31 de julio de 2025

## ACEPTADO

31 de marzo de 2026

## PUBLICADO

1 de julio de 2026

## Formato cita

### Recomendada (APA):

Morales Corozo, J.P., Vegas Meléndez, H.P. & Cejas Martínez, M.F. (2026).

Propuesta metodológica para evaluar la eficiencia fiscal y la resiliencia territorial frente a desastres a partir del tiempo de recuperación en Ecuador. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 10(2), 121-134. <https://doi.org/10.55467/reder.v10i2.241>



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)*

## INTRODUCCIÓN

La investigación en torno a la gestión del riesgo de desastres constituye una línea prioritaria de análisis a escala global y representa uno de los desafíos más urgentes para los gobiernos locales de América Latina y el Caribe. En los últimos años, la frecuencia de eventos peligrosos, entendidos como la manifestación o materialización de una o varias amenazas en un período de tiempo específico, ha evidenciado un aumento sustancial en la región, atribuido principalmente a dos factores estructurales: el crecimiento sostenido de los activos expuestos y el incremento de la vulnerabilidad de la población, sus bienes y medios de subsistencia (Lopera, 2020). Según estimaciones del Banco Mundial y la Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción de Riesgos de Desastres (UNDRR), las pérdidas económicas globales asociadas a desastres han superado los 3,5 billones de dólares en las últimas décadas, con un promedio anual que excede los 330.000 millones de dólares. América Latina y el Caribe concentra una proporción significativa de estos impactos, debido a factores como la urbanización acelerada y no planificada, la degradación ambiental, la desigualdad territorial y la limitada capacidad institucional para la gestión del riesgo, especialmente en el ámbito municipal (Pérez, 2020; Santana et al., 2023; Trejo, 2021).

En este contexto, el análisis de Panduro, (2022) pone en evidencia como la fragmentación institucional y la falta de articulación entre planificación territorial, gestión de riesgos y presupuestación pública han debilitado las capacidades locales frente a eventos climáticos extremos. Esta limitación institucional no solo impide una gestión proactiva, sino que también invisibiliza los costos reales de la inacción ante los desastres, trasladando sistemáticamente los impactos a los sectores más vulnerables (Bárcena et al., 2020; Corozo et al., 2023; Mendoza & Méndez, 2018). Frente a este vacío, se vuelve imprescindible dotar a los gobiernos municipales de herramientas técnicas que les permitan estimar con precisión los costos potenciales de los riesgos, con base en criterios de exposición, vulnerabilidad y capacidad de respuesta, y así asignar recursos de forma estratégica. Es en esta línea donde cobra sentido el desarrollo de modelos cuantitativos que como propone esta investigación, no solo permiten anticipar escenarios de afectación, sino que también optimizan la toma de decisiones presupuestarias en función del riesgo.

Diversas investigaciones han demostrado que la inversión anticipada en prevención representa una de las estrategias más efectivas en la gestión de riesgos de desastres. El análisis costo – beneficio, ampliamente utilizado en la evaluación de políticas, ha permitido demostrar que muchas de las intervenciones estructurales y no estructurales dirigidas a reducir la exposición y vulnerabilidad presentan ratios beneficio – costos superiores a uno, incluso bajo escenarios conservadores (Sánchez et al., 2025). Tal como lo señalan Fernández et al., (2020), las medidas preventivas permiten no solo evitar pérdidas humanas y materiales, sino también generar ahorros significativos en los presupuestos públicos mediante la reducción de externalidades negativas y la mejora en la eficiencia del uso del suelo y la infraestructura (Morales, 2023). Esta evidencia refuerza la necesidad de adoptar enfoques preventivos dentro de la planificación financiera local. Donde el costo de no actuar puede ser considerable mayor al de intervenir ex ante en reducción de riesgos.

En Ecuador, la situación no se desvincula de la realidad que enfrentan gran parte de América Latina y el Caribe. Según estimaciones de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe, los desastres de origen socio-natural, entendidos como el resultado de la interacción entre amenazas y condiciones de vulnerabilidad, generan en el país pérdidas económicas equivalentes a aproximadamente el 2% del Producto Interno Bruto (PIB) cada año, con impactos especialmente severos en varios cantones caracterizados por alta vulnerabilidad y limitada capacidad de respuesta (CEPAL, 2024). Históricamente, la gestión del riesgo ha carecido de una institucionalidad sólida para la anticipación, cuantificación y reducción efectiva de los costos asociados a eventos peligrosos. La ausencia de un marco normativo específico y de directrices presupuestarias claras dificultó la incorporación de estrategias de reducción del riesgo en los ciclos fiscales subnacionales, generando una fuerte dependencia de fondos de emergencia y de transferencias extraordinarias del gobierno central (Corozo, 2022; Gil, 2018). Esta dinámica provocó distorsiones fiscales, retrasos en los desembolsos y limitaciones en la capacidad de respuesta oportuna ante emergencias. A partir de 2024, con la entrada en vigor de la Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, se establece un nuevo marco institucional que promueve un enfoque preventivo, integral y descentralizado, con énfasis en la planificación anticipada, el fortalecimiento de capacidades territoriales y la asignación eficiente de recursos conforme a las competencias de los distintos niveles de gobierno (Lexis S.A., 2024; SNGRE, 2024).

Este nuevo marco legal representa un avance sustantivo en la arquitectura normativa de la gestión de riesgo en el Ecuador; sin embargo, su eficacia dependerá en gran medida de la capacidad operativa y financiera real de los gobiernos municipales para implementarlo. En este sentido los gobiernos municipales enfrentan retos estructurales significativos que condicionan directamente los tiempos de recuperación posterior a un desastre y por ende la resiliencia territorial. Si bien es cierto la ley establece mecanismos de coordinación interinstitucional y promueve la descentralización operativa, en la práctica muchos municipios carecen de unidades técnicas funcionales, personal especializado y plataformas de información actualizadas que permitan actuar con rapidez y eficacia (SNGRE, 2025). Esta brecha técnica se traduce en procesos de recuperación fragmentados, lentos y altamente dependientes de las decisiones y transferencias del gobierno central, lo que a su vez aumenta la desigualdad entre territorios con distintas capacidades de respuesta.

Además, los gobiernos municipales continúan operando bajo esquemas presupuestarios inflexibles, donde los recursos para la prevención, mitigación y recuperación ante desastres no están debidamente priorizados dentro del ciclo fiscal ordinario. La deficiente aplicación de Mecanismos Financieros para la Gestión del Riesgo de Desastres como fondos de contingencia locales, instrumentos de financiamiento alternativos, como los seguros paramétricos, bonos de catástrofe o fondos rotatorios de emergencia limita severamente la autonomía y agilidad en las fases críticas de la recuperación (Delgado & Vásquez, 2021; Watanabe, 2015). En muchos casos, las acciones posdesastre se enfocan exclusivamente en la reconstrucción física de infraestructura, sin abordar de manera integral la recuperación económica, social y ambiental. Este enfoque limitado no solo amplía los tiempos de recuperación, sino que perpetúa condiciones de vulnerabilidad estructural, especialmente en cantones rurales, costeros o amazónicos con altos niveles de pobreza multidimensional y limitada conectividad (Waldmüller & Nogales, 2022).

La heterogeneidad en las capacidades institucionales entre municipios también genera asimetrías profundas en la implementación de las directrices de la nueva ley. Mientras algunas ciudades de mayor tamaño han comenzado a estructurar sistemas locales de alerta temprana, fortalecer sus sistemas de información geoespacial y profesionalizar su personal técnico, la mayoría de los municipios pequeños o intermedios aún carecen de herramientas básicas para la gestión prospectiva del riesgo (Rosero, 2018). Por tanto, si bien el nuevo marco normativo sienta las bases para una gestión integral del riesgo más eficiente, su éxito dependerá de una acción coordinada para fortalecer las capacidades técnicas, fiscales y operativas de los gobiernos municipales, especialmente en territorios históricamente marginados. Esto exige no solo financiamiento adecuado y asistencia técnica sostenida, sino también la creación de incentivos fiscales, mecanismos de evaluación de desempeño y plataformas de aprendizaje entre municipios que permitan reducir brechas y acelerar los tiempos de recuperación ante futuros eventos peligrosos. En concordancia con estos planteamientos, Sandoval et al. (2023) subrayan que la consolidación de enfoques integrados de gestión del riesgo requiere fortalecer la coordinación multinivel, las capacidades institucionales y los sistemas de información, elementos que resultan determinantes para mejorar la eficiencia de las intervenciones públicas y la resiliencia territorial en contextos subnacionales.

Los costos asociados a la gestión del riesgo de desastres han sido abordados desde diversas perspectivas económicas, dando lugar al desarrollo de herramientas como HAZUS, CAPRA y los sistemas de modelación del Banco Mundial. Si bien estos modelos permiten realizar estimaciones detalladas de daños y pérdidas, su aplicabilidad operativa resulta limitada para los gobiernos autónomos descentralizados, en particular aquellos con restricciones técnicas y financieras, debido a su alta demanda de datos especializados y a la falta de mecanismos de integración con los ciclos presupuestarios locales. Además, dichos enfoques no incorporan de forma explícita la variable "tiempo de recuperación", la cual constituye un componente clave para evaluar la sostenibilidad fiscal en contextos posdesastre. Este vacío es especialmente relevante, considerando que diversos estudios empíricos han evidenciado que los retrasos en los procesos de recuperación pueden generar efectos acumulativos incluso más severos que las pérdidas materiales iniciales. Joseph, (2022) en su análisis del terremoto de Haití, sostiene que las interrupciones en el crecimiento económico persistieron durante más de una década tras el evento. De manera similar, la investigación desarrollada por Martínez et al., (2016) sobre la recuperación económica en Baja California Sur, posterior al huracán Odile, revela disparidades significativas según el nivel de ingreso y la extensión geográfica de las áreas afectadas.

En este contexto, resulta fundamental examinar si en Ecuador existen avances metodológicos orientados a modelar los tiempos y costos de recuperación posdesastre. Hasta la fecha, la producción técnica en esta área es limitada. Evaluaciones como las realizadas tras el terremoto de 2016 por CEPAL, y el BID se centraron en daños agregados sin incorporar modelos dinámicos. Por su parte, la SENPLADES, (2016) donde han recurrido a métodos cualitativos y análisis participativos, útiles pero de escasa aplicabilidad escalable. Esta carencia limita la capacidad de los gobiernos municipales para planificar eficazmente la recuperación. Se hace urgente, por tanto, el desarrollo de modelos cuantitativos adaptados al contexto territorial e institucional ecuatoriano para una gestión más eficiente y anticipada.

En Ecuador, la gestión de riesgos de desastres enfrenta limitaciones significativas debido a la carencia de herramientas cuantitativas adecuadas para estimar los costos asociados a eventos adversos, especialmente en gobiernos municipales de pequeña y micro escala, cuya operatividad está sujeta a ciclos fiscales anuales rígidos y a una capacidad institucional limitada. Estudios como los de Ulubasoglu y Mehmet, (2020) evidencian que la estructura productiva y financiera de estos gobiernos locales compromete la sostenibilidad de sus finanzas públicas, mientras que investigaciones como la de Yuan et al., (2021), donde utilizando datos de consumo para mapear patrones espaciales de recuperación tras el huracán Harvey, evidenciaron brechas significativas en municipios con menores niveles de desarrollo, lo que indica la necesidad de considerar factores económicos y sociales en la evaluación de costos posdesastre. Sin embargo, estos estudios revelan también la insuficiencia de modelos adaptados a contextos locales y de alta exposición, especialmente en municipios con capacidad institucional limitada. En este sentido, el presente estudio tiene como propósito desarrollar un modelo cuantitativo que permita estimar de manera precisa y sistemática los costos asociados a los riesgos de desastres, con el fin de apoyar la planificación presupuestaria municipal en contextos de alta exposición, facilitando la toma de decisiones para la asignación eficiente de recursos en la gestión de riesgos y la reducción de vulnerabilidades.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Hasta la fecha se han desarrollado e implementado diversas metodologías para cuantificar los costos de desastres, las cuales responden a enfoques metodológicos heterogéneos que dependen del objetivo de evaluación, la disponibilidad de información, el nivel institucional y el contexto territorial (CEPAL, 2014). A nivel internacional, una de las metodologías más reconocidas es la Evaluación de Daños y Pérdidas que permite estimar tanto daños físicos como pérdidas económicas. Sin embargo, su aplicabilidad se ve limitada en municipios pequeños debido a los altos requerimientos operativos y técnicos. Por otro lado, los modelos probabilísticos de riesgo, como HAZUS y CAPRA, posibilitan la estimación de pérdidas esperadas mediante la integración de amenazas, exposición y vulnerabilidad, generando escenarios prospectivos y simulaciones de eventos externos. Aunque estas herramientas son valiosas para la planificación territorial, su implementación requiere mapas detallados, bases de datos técnicos y conocimientos especializados en sistemas de información geográficos y modelado estocástico (FEMA, 2025; Probabilistic Risk Assessment, 2025). La contabilidad ambiental satelital integral busca incorporar los costos de los desastres en las cuentas nacionales, vinculándolos a agregados macroeconómicos como el producto interno bruto o el gasto público (SEEA, 2025). Sin embargo, su escala nacional impide la desagregación por municipio o por fases del ciclo de gestión del riesgo, limitando su utilidad operativa para la planificación y toma de decisiones en el ámbito local (Cutter et al., 2006).

En este contexto, la presente investigación propone un modelo matemático dinámico para estimar los costos asociados a la gestión de riesgos de desastres incorporando en su estructura la ecuación diferencial que integra las fases de prevención, mitigación, reacción y recuperación en función de un coeficiente de riesgo compuesto. Este modelo permite proyectar la evolución de los costos totales en el tiempo y evaluar escenarios presupuestarios ex ante, brindando así una herramienta concreta para la planificación fiscal a nivel cantonal. A diferencia de las metodologías tradicionales, el enfoque aquí propuesto se adapta a contextos con baja disponibilidad de datos, requiere información estructural mínima (exposición, vulnerabilidad y capacidad institucional) y puede ser aplicado por gobiernos locales sin necesidad de sistemas de modelado geoespacial. El principal aporte reside en su capacidad operativa para estimar la inversión óptima en gestión de riesgos, ajustada al perfil territorial y fiscal de cada municipio.

Diversos estudios realizados a nivel municipal en Ecuador han abordado la gestión del riesgo desde varias perspectivas cualitativas y normativas, pero sin modelar la dinámica temporal de la inversión. Cevallos & Montufar, (2022) examinaron los planes cantonales de Manta y Muisne tras el terremoto de 2016, evidenciando su incorporación formal del riesgo, pero carencia de mecanismos cualitativos para estimar tiempos de recuperación. En el cantón Gonzalo Pizarro Corozo et al., (2023) desarrollaron indicadores de gobernanza participativa en gestión de riesgos, con enfoque institucional pero sin vinculación explícita con funciones matemáticas o modelos temporales. En Penipe, el análisis del foco volcánico durante 1999 – 2017 reveló que la planificación comunitaria redujo daños, pero omitió modelar costos reactivos versus inversión preventiva como variables crecientes en el tiempo (Erazo, 2024). También, la investigación en Guayaquil mostró avances en mapeo de vulnerabilidad, sin explorar la acumulación presupuestaria como derivada temporal (Trelles & Donoso, 2018). Estas aproximaciones aportaron datos valiosos sobre capacidades locales, pero carecieron de un marco matemático operable para simular la evolución temporal del riesgo fiscal municipal. Por lo tanto la elaboración de un modelo diferencial mejora estas limitaciones al formalizar y cuantificar temporalmente la relación inversión – costo – territorio.

Esta investigación, de enfoque cuantitativo, aplicado y explicativo, desarrolla un modelo matemático orientado a estimar los costos asociados a la gestión integral del riesgo de desastres a escala municipal. El modelo se construye a partir de una formulación dinámica que integra tanto las inversiones anticipadas (prevención y mitigación) como los costos reactivos (reacción y recuperación), permitiendo analizar su evolución temporal y su impacto acumulativo en la sostenibilidad fiscal del territorio (UNDRR, 2025). La propuesta incorpora un coeficiente estructural de riesgo definido en función de tres dimensiones clave: exposición territorial, vulnerabilidad estructural, social y ambiental, y capacidad institucional de respuesta, utilizando información oficial proveniente del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) y la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. Los municipios fueron clasificados en cinco categorías según su tamaño poblacional y nivel de riesgo. La hipótesis central plantea que mayores inversiones en las fases preventivas reducen significativamente tanto el tiempo como el costo total de recuperación posdesastre.

La validación empírica del modelo se llevó a cabo utilizando una muestra representativa de municipios ecuatorianos, seleccionados con base en su diversidad geográfica, tamaño poblacional y frecuencia de eventos adversos registrados en los últimos 10 años. Para ello, se recopilaron registros históricos de desastres principalmente sismos, inundaciones y deslizamientos, junto con datos presupuestarios provenientes de informes técnicos emitidos por los gobiernos autónomos descentralizados, reportes del Ministerio de Finanzas y literatura científica especializada (Cavallo & Noy, 2011; Rufat et al., 2015). El modelo estimó tiempos de recuperación en función de la inversión anticipada y los costos reactivos, y dichos valores fueron contrastados con datos empíricos extraídos de planes de reconstrucción oficiales, cronogramas de ejecución presupuestaria y reportes operativos de respuesta y recuperación posdesastre emitidos por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y otros organismos técnicos. Esta comparación permitió evaluar la precisión del modelo en contextos reales, verificando su capacidad para predecir la duración efectiva de las fases de recuperación. Se aplicaron métricas estadísticas como el error absoluto medio (MAE), el error cuadrático medio (RMSE) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) para medir el grado de ajuste entre las estimaciones del modelo y los datos observados, confirmando su validez y aplicabilidad práctica en escenarios de planificación territorial. Para ello se aplicaron tres métricas estadísticas de validación ampliamente utilizadas en estudios cuantitativos:

El coeficiente de determinación  $R^2$ , que mide la proporción de la varianza explicada por el modelo respecto a los valores observados. Se calculó mediante:

#### Ecuación 1

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \delta_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \mu_i)^2}$$

Error absoluto medio, que representa el promedio de las diferencias absolutas entre valores estimados y los observados:

Ecuación 2

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \delta_i|$$

Error cuadrático medio, que penaliza con mayor peso los errores más altos mediante el cuadrado de las diferencias:

Ecuación 3

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \delta_i)^2$$

Donde en estas expresiones

$y_i$  Valor observado del tiempo de recuperación

$\delta_i$  Valor estimado por modelo

$\mu_i$  Valor medio de los valores observados

$n$  Número total de observaciones

Además del análisis cuantitativo, se realizó una evaluación gráfica mediante diagramas de dispersión entre los valores estimados y observados, y un análisis de sensibilidad que permitió examinar la variación del comportamiento del modelo ante perturbaciones marginales en los parámetros de entrada. Este conjunto de procedimientos aseguró la coherencia interna del modelo, así como su adecuación para la proyección y planificación presupuestaria en entornos territoriales heterogéneos.

## RESULTADOS

A partir de una conceptualización holística y estructurada de los costos inherentes a la gestión integral del riesgo de desastres, se ha formulado un modelo matemático que permite cuantificar y articular de manera sistémica los recursos necesarios a lo largo de las cuatro fases fundamentales del ciclo de riesgo: prevención, mitigación, respuesta y recuperación. Este enfoque reconoce que los desastres no son eventos aislados, sino procesos complejos cuya gestión eficaz depende de la asignación óptima de recursos económicos en cada etapa del ciclo. El modelo propuesto no solo facilita la planificación presupuestaria con criterios de eficiencia y sostenibilidad, sino que también permite analizar las externalidades económicas derivadas de decisiones públicas insuficientes o tardías. Al integrar las dimensiones temporales y estructurales del riesgo con variables cuantificables, esta herramienta contribuye a una mejor toma de decisiones en el diseño de políticas públicas resilientes, especialmente en contextos de alta vulnerabilidad socioeconómica y climática. La formulación se sustenta en un balance financiero dinámico entre la inversión anticipada, y los costos reactivos, conceptualizado inicialmente en la Figura 1.

La acumulación se vincula con la derivada de la inversión en el tiempo como una herramienta para modelar el comportamiento dinámico y progresivo de las decisiones preventivas sobre la economía territorial. En este contexto, la inversión no se asume como un valor estático, sino como una variable que evoluciona en función de múltiples factores estructurales, sociales e institucionales. Este enfoque permite anticipar escenarios de pérdida o resiliencia financiera, dependiendo tanto del ritmo de variación de la inversión en prevención y mitigación como del nivel de preparación y respuesta del sistema ante eventos adversos. La hipótesis central del modelo plantea que la diferencia neta entre las fases anticipadas (prevención y mitigación) y las fases post-evento (reacción y recuperación) determina la tasa de acumulación económica a lo largo del tiempo. Este diferencial fue normalizado mediante una ecuación diferencial de primer orden, la cual representa de manera funcional la evolución de los impactos financieros derivados de las decisiones presupuestarias en cada fase del ciclo de riesgo.

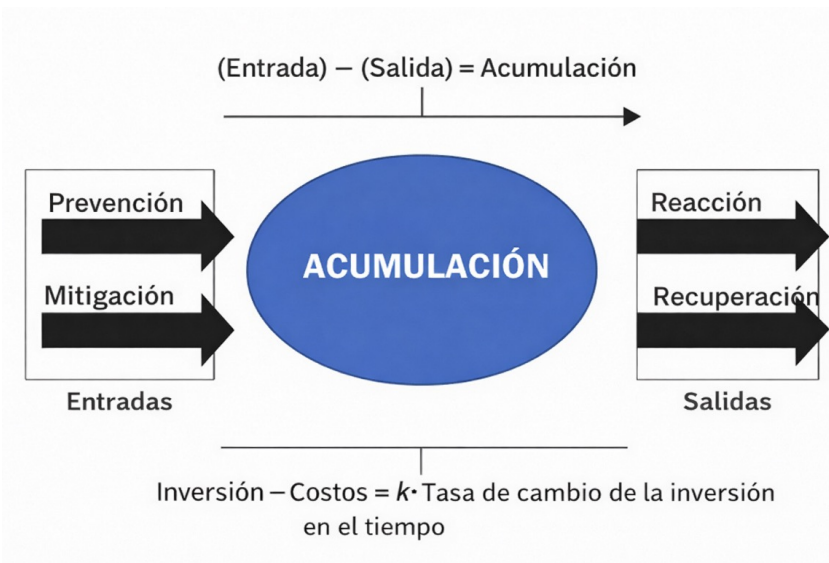


Figura 1. Balance financiero de la gestión de riesgos  
Fuente: Autores, 2026.

Se propone la siguiente expresión funcional:

Ecuación 4

$$I - Q = k \frac{dI}{dt}$$

Donde

*I* Inversión (prevención y mitigación)

*Q* Costos (reacción y recuperación)

*k* Coeficiente estructural de riesgo

Para introducir heterogeneidad territorial en la formulación, se definió un coeficiente estructural de riesgo como función de tres dimensiones clave del contexto municipal:

$$k = f(\text{Exposición}, \text{Vulnerabilidad}, \text{Capacidad institucional})$$

Ecuación 5

$$k = \frac{C}{V * E}$$

Donde

*E* Nivel de exposición del territorio

*V* Vulnerabilidad estructural, social y ambiental

*C* Capacidad institucional y operativa de respuesta

Este coeficiente actúa como un parámetro de ponderación que regula la velocidad de acumulación o disipación de los impactos financieros, modulando la respuesta del sistema ante distintos perfiles territoriales y niveles de resiliencia. Esta expresión refleja que el riesgo disminuye cuando la capacidad de prevención, respuesta y recuperación es alta, y se incrementa en contextos con mayor exposición territorial y vulnerabilidad estructural. Esta formulación es coherente con el enfoque adoptado por el Marco de Sendai (UNDRR, 2015). Los modelos de evaluación de riesgos utilizados por CEPAL (Bello, 2017) y el sistema CAPRA que integran factores físicos y sociales en la medición del riesgo.

Reorganizando la ecuación principal y separando variables, se obtiene:

**Ecuación 6**

$$\frac{dI}{dt} = \frac{I - Q}{k}$$

**Ecuación 7**

$$\frac{dI}{I - Q} = \frac{dt}{k}$$

Integrando ambos miembros:

**Ecuación 8**

$$\int \frac{dI}{I - Q} = \int \frac{dt}{k}$$

**Ecuación 9**

$$\ln|I - Q| = \frac{t}{k} \rightarrow t = k * \ln|I - Q|$$

**Ecuación 10**

$$t = k * \ln|I - Q|$$

Sustituyendo el valor del coeficiente estructural del riesgo

**Ecuación 11**

$$t = \frac{V * E}{C} * \ln|I - Q|$$

La ecuación permite, de manera explícita y cuantificable estimar la recuperación económica posdesastre a partir de la intervención entre vulnerabilidad, exposición, capacidad institucional, inversión anticipada y costos reactivos. Al integrar estas variables en una estructura funcional, la expresión traduce el riesgo fiscal territorial en una métrica operativa del comportamiento presupuestario, evidenciando como la resiliencia no depende únicamente del volumen de recursos, sino de su asignación estratégica y de la fortaleza institucional. El análisis empírico validó la utilidad predictiva de la fórmula: municipios con baja vulnerabilidad y alta capacidad institucional presentaron recuperaciones inferiores a cinco meses, mientras que los más expuestos y con capacidades limitadas superaron los doce. Además, simulaciones de sensibilidad demostraron que mejoras en inversión preventiva y capacidad institucional reducen significativamente el tiempo de recuperación, posicionando la ecuación como herramienta clave para la planificación fiscal anticipada.

El modelo fue aplicado de forma retroactiva a municipios afectados por el terremoto del 16 de abril de 2016 en la provincia de Manabí, utilizando datos históricos de ejecución presupuestaria, cronogramas oficiales de reconstrucción y reportes emitidos por la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias (SNGRE). En el caso de Portoviejo, el modelo estimó un tiempo de recuperación económica de 5,4 meses, en comparación con los 6,2 meses reportados oficialmente. Para Pedernales, la estimación fue de 13,1 meses, frente a los 14 meses observados. El error medio entre los tiempos estimados y los valores empíricos fue inferior a 0,9 meses, lo que evidencia un alto grado de precisión. Esta validación externa respalda la capacidad predictiva y la aplicabilidad operativa del modelo en contextos reales. En la Tabla 1 se describen los indicadores

estadísticos de ajuste ( $R^2 = 0,953$ ;  $MAE = 0,13$ ;  $MSE = 0,018$ ) que refuerzan su solidez como herramienta para la planificación fiscal anticipada en escenarios posdesastre.

Indicador	Valor	Interpretación
Coefficiente de determinación ( $R^2$ )	0,953	El modelo explica el 95,3% de la variabilidad observada
Error absoluto medio (MAE)	0,13 meses	El error medio absoluto entre observaciones y estimaciones es bajo
Error cuadrático medio (MSE)	0,018 meses	Baja varianza en los errores del modelo

Tabla 1. Métricas estadísticas de validación de la ecuación  
Fuente: Autores, 2026.

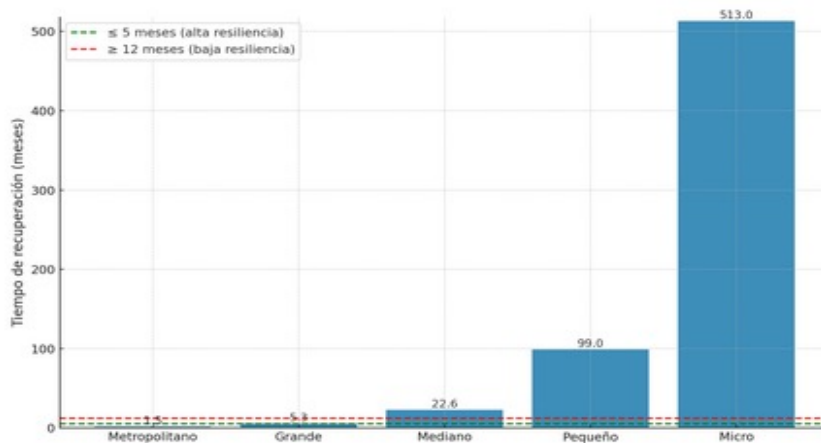


Figura 2. Estimación del tiempo de recuperación económica posdesastre  
Fuente: Autores, 2026.

Tras aplicar la ecuación mediante una simulación basada en las asignaciones presupuestarias reales y la información disponible sobre la gestión de riesgos de los gobiernos municipales según lo establecido en el artículo 9 de la Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres, se obtuvo la figura 2. En esta representación, la estimación del tiempo de recuperación evidencia que los municipios metropolitanos presentan menores periodos de recuperación, atribuibles a su elevada capacidad institucional y mayor inversión preventiva, incluso cuando enfrentan niveles moderados y altos de exposición y vulnerabilidad. Los municipios grandes y medianos registran tiempos intermedios, reflejando cierto equilibrio entre los recursos disponibles y exposición al riesgo. En contraste, los municipios pequeños y micro superan el promedio del tiempo de recuperación, revelando una marcada fragilidad fiscal frente a desastres. El modelo confirma que el tipo de municipio influye de manera directa en la resiliencia posdesastre.

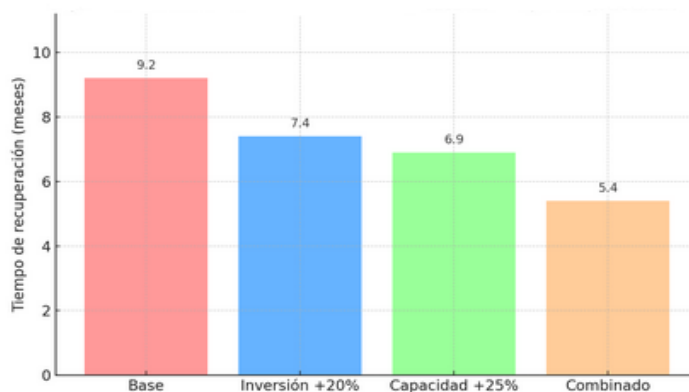


Figura 3. Simulación de escenarios y el impacto en mejoras de la inversión  
Fuente: Autores, 2026.

La Figura 1 presenta la simulación de cuatro escenarios progresivos que ilustran el efecto de intervenciones estratégicas sobre el tiempo estimado de recuperación económica posdesastre en municipios medianos. En el escenario base, el tiempo promedio de recuperación alcanza los 9,2 meses, reflejando las condiciones actuales de inversión y capacidad institucional típicas de estos territorios. Al incrementar la inversión preventiva en un 20 % (Escenario 1), el tiempo se reduce a 7,4 meses, lo que representa una mejora del 19,6 %. Una mejora del 25 % en la capacidad institucional (Escenario 2) genera una reducción aún mayor, situando la recuperación en 6,9 meses (-25 %). El escenario combinado que integra ambos incrementos muestra la mayor eficiencia, reduciendo el tiempo de recuperación a 5,4 meses, lo cual equivale a una mejora acumulada del 41,3 %. Estos resultados demuestran empíricamente que la sinergia entre inversión anticipada y capacidad operativa tiene un impacto significativamente superior al efecto de cada variable por separado, validando la sensibilidad del modelo propuesto y su utilidad para priorizar políticas de fortalecimiento institucional y financiamiento preventivo en contextos territoriales de alta exposición.

## CONCLUSIONES

El modelo desarrollado en esta investigación representa una innovación metodológica significativa al integrar las cuatro fases del ciclo de gestión de riesgos de desastres prevención, mitigación, respuesta y recuperación en una única ecuación diferencial de primer orden. Esta formulación matemática permite representar de forma continua y dinámica la evolución de los impactos económicos a lo largo del tiempo, en función de las decisiones presupuestarias adoptadas por los gobiernos locales. A diferencia de los enfoques tradicionales, que suelen abordar cada fase de manera aislada o mediante estimaciones estáticas, este modelo proporciona una estructura funcional que refleja las interdependencias entre acciones preventivas y consecuencias reactivas. Asimismo, introduce un coeficiente estructural de riesgo que adapta la expresión al perfil específico de cada municipio, según su exposición, vulnerabilidad y capacidad institucional. En conjunto, la propuesta ofrece una base técnica sólida para anticipar escenarios de crisis fiscal, optimizar la asignación de recursos y fortalecer la planificación territorial frente a desastre.

A diferencia de modelos convencionales como HAZUS, CAPRA y SEEA, que centran su análisis en la estimación de daños físicos, pérdidas económicas directas o cuentas ambientales sin incorporar dinámicas temporales explícitas, el modelo propuesto introduce de manera formal la variable “tiempo de recuperación” como parámetro operativo clave para evaluar la sostenibilidad fiscal local. Esta inclusión permite transformar la gestión del riesgo de desastres en una función temporal del comportamiento económico posterior al evento, lo cual aporta una dimensión predictiva crítica para la toma de decisiones presupuestarias. Al estimar la duración necesaria para retornar a un umbral económico de estabilidad, el modelo vincula la recuperación no solo al volumen de recursos disponibles, sino a su eficacia operativa en relación con el perfil estructural del territorio exposición, vulnerabilidad y capacidad institucional. Esta formulación contribuye a identificar cuellos de botella en la respuesta financiera y facilita la simulación de escenarios alternativos, permitiendo ajustar las estrategias de inversión preventiva y correctiva con base en criterios de eficiencia temporal. Además, al considerar explícitamente la velocidad de recuperación como un indicador de resiliencia económica, el modelo refuerza su aplicabilidad en contextos de alta incertidumbre y exposición múltiple, fortaleciendo las herramientas para la planificación fiscal anticipada a nivel subnacional.

El modelo propuesto destaca por su elevada adaptabilidad operativa, al requerir un conjunto mínimo de información estructural exposición, vulnerabilidad y capacidad institucional para su implementación, lo que lo convierte en una herramienta viable incluso para municipios pequeños o micro, históricamente excluidos de metodologías complejas debido a restricciones técnicas, financieras o de acceso a datos. A diferencia de enfoques probabilísticos, que demandan series históricas extensas y modelación estocástica, o sistemas basados en teledetección satelital, que implican capacidades analíticas especializadas y costos elevados, esta propuesta ofrece una solución funcional con bajo umbral de entrada técnica. Esta característica amplía significativamente su aplicabilidad en contextos institucionales con capacidades limitadas, sin sacrificar robustez analítica. Además, al operacionalizar variables de alta relevancia para la gestión del riesgo fiscal a través de una estructura matemática sencilla, el modelo facilita la construcción de escenarios prospectivos y la toma de decisiones informadas. Su naturaleza modular y escalable permite su incorporación en marcos de planificación local, tanto para estimaciones ex ante como para

procesos de evaluación posdesastre, contribuyendo así a la democratización del análisis de resiliencia territorial y a la reducción de brechas técnicas entre municipios de distinta escala.

Los resultados obtenidos a través del proceso de validación empírica confirman la solidez predictiva y la consistencia estadística del modelo propuesto. Las métricas de ajuste, que incluyen un coeficiente de determinación elevado ( $R^2 = 0,953$ ), un error absoluto medio bajo ( $MAE = 0,13$  meses) y un error cuadrático medio reducido ( $MSE = 0,018$  meses), reflejan una alta capacidad explicativa respecto a la variabilidad observada y una dispersión mínima entre las estimaciones modeladas y los datos empíricos. Estos indicadores no solo evidencian un comportamiento estable del modelo ante datos reales, sino que también refuerzan su utilidad operativa para la simulación de escenarios de recuperación económica posdesastre. En este sentido, el modelo se configura como una herramienta técnica confiable para sustentar decisiones de política pública, permitiendo anticipar tiempos de recuperación, identificar brechas de inversión y orientar recursos hacia intervenciones más eficientes. Su precisión estadística lo convierte en un insumo relevante para los procesos de planificación fiscal multianual, la formulación de estrategias de resiliencia local y el diseño de mecanismos de compensación y asignación presupuestaria diferenciada en función del perfil de riesgo territorial.

El modelo cuantitativo desarrollado en esta investigación constituye una herramienta operativa clave para los gobiernos municipales que enfrentan limitaciones en la disponibilidad de datos, permitiendo proyectar con objetividad y precisión el tiempo de recuperación tras un desastre. Al facilitar una gestión más eficiente y orientada al principio de subsidiariedad, el modelo promueve una asignación óptima de recursos, priorizando la intervención desde los niveles de gobierno más cercanos al territorio afectado, lo que se traduce en respuestas más ágiles y contextualizadas. Esta contribución cobra especial relevancia frente a hallazgos recientes, como el estudio sobre el impacto económico del huracán en municipios brasileños en 2024, que reveló que solo un 10 % de estas entidades contaba con sostenibilidad fiscal adecuada para responder a la crisis, mientras que el 90 % enfrentaba un riesgo financiero grave (Tonetto et al., 2025). Dichos resultados subrayan la imperiosa necesidad de modelos funcionales que anticipen no solo el tiempo de recuperación, sino también la capacidad financiera y operativa municipal para mitigar brechas críticas en liquidez y presupuesto local. En consecuencia, el modelo propuesto no solo aporta un marco analítico para la planificación estratégica y la gestión del riesgo, sino que también fortalece la resiliencia fiscal local, contribuyendo a minimizar retrasos costosos en la recuperación económica y social posdesastre y consolidando una base sólida para la formulación de políticas públicas orientadas a la sostenibilidad y reducción del riesgo en el ámbito municipal.

El modelo matemático desarrollado confirma que una intervención anticipada enfocada en la construcción de resiliencia no solo disminuye significativamente los costos asociados a las medidas correctivas posdesastre, sino que también acelera de manera sustancial el proceso de recuperación económica y social. Esta evidencia se encuentra alineada con estudios recientes, como el informe del World Bank, (2024) sobre Ecuador, que destaca cómo mecanismos de financiamiento contingente combinados con el fortalecimiento institucional incrementan la capacidad de respuesta de los gobiernos frente a eventos adversos, amortiguando tanto los impactos fiscales como las consecuencias sociales derivadas. De manera complementaria, investigaciones especializadas en la incorporación de riesgos dentro del ciclo presupuestario subrayan que la integración sistemática de la gestión del riesgo en la planificación financiera es un elemento esencial para reducir vulnerabilidades estructurales y promover una asignación eficiente de recursos públicos, fortaleciendo así la sostenibilidad fiscal y la capacidad adaptativa de las entidades territoriales frente a futuros desastres.

El enfoque dinámico y territorial adoptado en esta investigación representa un avance sustancial frente a los análisis macroeconómicos tradicionales, como los llevados a cabo en Europa para evaluar riesgos múltiples, donde se han identificado brechas fiscales significativas incluso en economías desarrolladas, tal como lo documenta Hochrainer et al., (2024). Si bien dichos estudios demandan datos estadísticos y macroeconómicos sofisticados y de alta granularidad, el modelo propuesto se distingue por su adaptabilidad y operatividad en contextos administrativos locales con capacidades técnicas y de información limitadas, como municipios pequeños y micro territorios. Esta característica amplía notablemente la aplicabilidad y relevancia metodológica del modelo, permitiendo que la gestión del riesgo y la planificación de la recuperación sean efectivas

y contextualizadas en niveles de gobierno subnacionales, donde las brechas y vulnerabilidades son más agudas y las herramientas macroeconómicas tradicionales resultan insuficientes o inaccesibles.

## REFERENCIAS

- Bárcena, A., Samaniego, J., Peres, W., & Alatorre, J. E. (2020). *La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe: ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?* CEPAL. [https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/20.500.13082/31589/1/S1900711\\_es.pdf](https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/20.500.13082/31589/1/S1900711_es.pdf)
- Bello, O. (2017). *Desastres, crecimiento económico y respuesta fiscal en los países de América Latina y el Caribe, 1972–2010*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/ca5ef4fc-1a1b-4a0e-a217-4b518464210b>
- Cavallo, E., & Noy, I. (2011). Natural disasters and the economy—A survey. *International Review of Environmental and Resource Economics*, 5(1), 63–102. <https://doi.org/10.1561/101.00000039>
- CEPAL. (2014). *México, su modelo económico y su rol en la integración regional*. CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/37224>
- CEPAL. (2024). *Anuario estadístico con datos relevantes sobre la situación económica, social y ambiental de América Latina y el Caribe*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/comunicados/cepal-lanza-edicion-2024-anuario-estadistico-datos-relevantes-la-situacion-economica>
- Cevallos, J. J. M., & Montufar, M. A. C. (2022). La planificación local y su enfoque de gestión de riesgos en el Ecuador a partir del terremoto de 2016. *Quivera. Revista de Estudios Territoriales*, 24(1), 65–82.
- Corozo, J. P. M. (2022). Evaluación del peligro, vulnerabilidad y riesgos provocados por vientos fuertes en Gonzalo Pizarro – Ecuador. *Revista Ingeniería*, 6(16), Artículo 16. <https://doi.org/10.33996/revistaingenieria.v6i16.101>
- Corozo, J. P. M., Campos, A., & Martínez, M. F. C. (2023). Gobernanza de la gestión de riesgos de desastres en el cantón Gonzalo Pizarro, Ecuador. *AXIOMA*, 1(28), Artículo 28. <https://doi.org/10.26621/ra.v1i28.860>
- Cutter, S. L., Boruff, B. J., & Shirley, W. L. (2006). Social vulnerability to environmental hazards. En *Hazards, vulnerability and environmental justice* (pp. 115–132). Routledge.
- Delgado, J., & Vásquez, C. (2021). Gestión del riesgo de desastres para mejorar el ordenamiento territorial en municipalidades. *Ciencia Latina*, 5(3), 244–259. <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/214>
- Erazo, I. D. C. (2024). La transformación del enfoque de manejo de emergencias hacia una gestión integral del riesgo durante la actividad eruptiva del volcán Tungurahua. Caso cantón Penipe período 1999–2017. *Polo del Conocimiento*, 9(1), Artículo 1. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i1.6390>
- FEMA. (2025, febrero 18). *National Terrorism Advisory System*. <https://www.fema.gov/flood-maps/products-tools/hazus>
- Fernández, A. G., Waldmüller, J., & Vega, C. (2020). Comunidad, vulnerabilidad y reproducción en condiciones de desastre: Abordajes desde América Latina y el Caribe. *Íconos. Revista de Ciencias Sociales*, 66, 7–29. <https://doi.org/10.17141/iconos.66.2020.4156>
- Gil, H. A. P. (2018). Propuesta de plan de gestión integral de riesgos de desastres en la provincia de Manabí, Ecuador. *Aula y Ambiente. Revista Ambiental*, 11(21), Artículo 21.
- Hochrainer, S., Šakić, R., & Reiter, K. (2024). Fiscal resilience over time and its management in the context of multi-risks: An application to the Danube Region. *Natural Hazards*, 120(13), 12163–12180. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06678-y>
- Joseph, I.-L. (2022). The effect of natural disaster on economic growth: Evidence from a major earthquake in Haiti. *World Development*, 159, 106053. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2022.106053>
- Lexis S.A. (2024). *Se promulga Ley Orgánica para la Gestión Integral del Riesgo de Desastres*. <https://www.lexis.com.ec/noticias/se-promulga-ley-organica-para-la-gestion-integral-del-riesgo-de-desastres>
- Lopera, C. C. F. (2020). La protección financiera para la gestión del riesgo de desastres en América Latina. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 4(2), 22–35. <https://doi.org/10.55467/reder.v4i2.48>

- Martínez, E. A., Rubio, M. H., Martínez, R. M., Arias, J. M., Patane, D., Zerbe, A., Kirkpatrick, R., Luengo-Oroz, M., & Zerbe, A. (2016). Measuring economic resilience to natural disasters with big economic transaction data (arXiv:1609.09340). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1609.09340>
- Mendoza, D., & Méndez, V. (2018). Evaluación de los costos económicos totales de los desastres naturales: Inundación en la ciudad de Sheffield, 2007. *Investigación Económica*, 77(305), 101–137. [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-72102018000300699&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0186-72102018000300699&script=sci_arttext)
- Morales, J. P. (2023). Sistema de alerta temprana y franja de protección hídrica en el Río Cabeno–Ecuador. *Revista Ingeniería*. <https://www.revistaingenieria.org/index.php/revistaingenieria/article/view/124>
- Panduro, W. O. (2022). *Implementación de la gestión del riesgo de desastres en la Municipalidad Provincial de Alto Amazonas 2021* [Tesis de licenciatura, Universidad Continental]. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12204>
- Pérez, J. N. (2020). Situación de la gestión del riesgo de desastres en Centroamérica. *Repertorio Científico*, 23(2), 112–119. <https://doi.org/10.22458/rc.v23i2.3165>
- Probabilistic Risk Assessment. (2025). *CAPRA – Plataforma de Evaluación de Riesgo Probabilístico*. <https://ecapra.org/>
- Rosero, Á. R. (2018). *Inclusión de la gestión del riesgo de desastres en los diferentes niveles de GAD del Ecuador considerando la relación entre el marco legal existente y prácticas populares tradicionales* [Tesis de maestría, Universidad Andina Simón Bolívar]. <http://repositorio.uasb.edu.ec/handle/10644/6238>
- Rufat, S., Tate, E., Burton, C. G., & Maroof, A. S. (2015). Social vulnerability to floods: Review of case studies and implications for measurement. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14, 470–486. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.09.013>
- Sánchez, N. I. C. de, Martínez, M. F. C., Bonalde, A. J. A., & Corozo, J. P. M. (2025). Manual administrativo como dispositivo para la sistematización del comportamiento organizacional y el fortalecimiento del desempeño institucional. *PSIDIAL: Psicología y Diálogo de Saberes*, 4(1), Artículo 1. <https://doi.org/10.33936/psidial.v4i1.7694>
- 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(3), 343–356. <https://doi.org/10.1007/s13753-023-00490-1>
- Santana, F., Granillo, R., Armas, B., & Rodríguez, Z. B. (2023). Modelos matemáticos para la evacuación de personas en la cadena de suministro humanitaria: Una revisión. *Ingenio y Conciencia. Boletín Científico de la Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 10(19), Artículo 19. <https://doi.org/10.29057/escs.v10i19.9902>
- SEEA. (2025). *Sistema de Contabilidad Ambiental Económica*. <https://seea.un.org/>
- SENPLADES. (2016). *Evaluación de los costos de reconstrucción del terremoto*. <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/04/Evaluacion-de-los-Costos-de-Reconstruccion-Libro-Completo.pdf>
- SNGRE. (2024). *El eje de gestión de riesgos se incorpora al Plan de Desarrollo para el Nuevo Ecuador 2024–2025*. <https://www.planificacion.gob.ec/el-eje-de-gestion-de-riesgos-se-incorpora-al-plan-de-desarrollo-para-el-nuevo-ecuador-2024-2025/>
- SNGRE. (2025). *Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos*. <https://www.gestionderiesgos.gob.ec/>
- Tonetto, J. L., Pique, J. M., Rapetti, C., & Fochezatto, A. (2025). Municipal fiscal sustainability in the face of climate disasters: An analysis of the 2024 floods in Southern Brazil. *Sustainability*, 17(5), Artículo 5. <https://doi.org/10.3390/su17051827>
- Trejo, A. L. (2021). Planificación del desarrollo a partir de unidades territoriales de riesgo: Chetumal. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15768.52480>
- Trelles, I., & Donoso, F. (2018). Diagnóstico de comunicación social: Una dimensión de la vulnerabilidad del sistema de gestión de riesgos del Ecuador. *Revista Espacios*, 39(03). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n03/a18390320.html>
- Ulubasoglu, M. (2020, julio 22). Disasters and economic resilience in small regional communities: The case of Toodyay. *PreventionWeb*. <https://www.preventionweb.net/publication/disasters-and-economic-resilience-small-regional-communities-case-toodyay>

- UNDRR. (2015). *Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015–2030*. <https://www.undrr.org/publication/sendai-framework-disaster-risk-reduction-2015-2030>
- UNDRR. (2025). *GAR2022: Our World at Risk*. <https://www.undrr.org/gar/gar2022-our-world-risk-gar>
- Waldmüller, J., & Nogales, N. (2022). *La noche que tembló Ecuador: Reconstrucción, recuperación, prevención y resiliencia*. Editorial Abya-Yala.
- Watanabe, M. (2015). *Gestión del riesgo de desastres en ciudades de América Latina*.
- World Bank. (2024). *Strengthening Ecuador's resilience and responsiveness to disasters and macroeconomic shocks*. <https://projects.worldbank.org/en/results/2022/06/27/strengthening-ecuador-resilience-and-responsiveness-to-disasters-and-macroeconomic-shocks>
- Yuan, F., Esmalian, A., Oztekin, B., & Mostafavi, A. (2021). Unveiling spatial patterns of disaster impacts and recovery using credit card transaction variances (arXiv:2101.10090). *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.10090>