

Artículo de investigación

Propuesta formativa basada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el análisis de escenarios NaTech: diseño y validación experta en Guayaquil, Ecuador

Training proposal based on Geographic Information Systems (GIS) for the analysis of NaTech scenarios: design and expert validation in Guayaquil, Ecuador

Proposta formativa baseada em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a análise de cenários NaTech: desenho e validação por especialistas em Guayaquil, Ecuador



Diógenes Daniel Coello Montiel¹  , Teresa Celeste Naranjo Pinela¹  

¹ Universidad Estatal de Milagro, Ecuador

Recibido: 2026-03-15 / **Aceptado:** 2026-04-20 / **Publicado:** 2026-05-15

RESUMEN

Este trabajo expone la elaboración y la validación mediante expertos de una propuesta formativa apoyada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para la evaluación preliminar de escenarios NaTech en Guayaquil, Ecuador. La investigación atiende la necesidad de acortar los tiempos de respuesta, robustecer las capacidades técnicas territoriales y traducir el análisis de riesgo en información geoespacial aprovechable. Se construyó una base cartográfica a escala 1:25.000 para Guayaquil, integrando capas de exposición, peligro tecnológico, amenaza natural, condición geotécnico-geomorfológica y vulnerabilidad territorial. La capa de puntos se obtuvo del INEC 2022; las capas temáticas se incorporaron desde ArcGIS Online; el componente sísmico se apoyó en el mapa de aceleración máxima del suelo (PGA); y los geomorfones se generaron en SAGA GIS a partir de un MDT 3 × 3 de SIGTIERRAS. La capa integrada fue procesada en PSPP mediante frecuencias y la prueba de Chi-cuadrado, analizando 34.473 registros. Los hallazgos mostraron un predominio del riesgo medio (75,4 %), seguido por riesgo bajo (13,3 %) y alto (11,3 %), además de una asociación estadísticamente significativa entre la condición geotécnica y la categorización cualitativa del riesgo. Se empleó el Colegio Leonidas García como caso demostrativo para mostrar la coherencia entre el análisis cartográfico y la realidad territorial. Siete expertos validaron la propuesta, con medias de ítem entre 4,14 y 4,86 y una aprobación del 85,7 % con ajustes menores. Se concluye que la combinación de SIG, análisis estadístico, validación experta y criterios operativos de respuesta fortalece los procesos formativos orientados a la gestión del riesgo urbano-industrial.

Palabras clave: innovación educativa; SIG; gestión del riesgo; NaTech; análisis cartográfico; PSPP; Guayaquil

ABSTRACT

This paper presents the development and expert validation of a GIS-based training proposal for conducting preliminary analyses of Natech scenarios in Guayaquil, Ecuador. The study addresses the demand to shorten response times, enhance territorial technical skills, and operationalize risk assessment using available geospatial data. A 1:25,000 cartographic base for Guayaquil was created by combining layers of exposure, technological hazard, natural hazard, geotechnical-geomorphological condition, and territorial vulnerability. The point layer derived from INEC 2022; thematic layers were imported from ArcGIS Online; the seismic element used the peak ground acceleration (PGA) map; and geomorphons were produced in SAGA GIS from a 3 × 3 SIGTIERRAS DEM. The integrated dataset was examined in PSPP via frequency analysis and a Chi-square test, processing 34,473 records. Results indicated a predominance of medium risk (75.4%), followed by low (13.3%) and high (11.3%) risk levels, and a statistically significant relationship between geotechnical condition and qualitative risk classification. The Leonidas Garcia School served as a demonstrative case to validate alignment between cartographic outputs and territorial conditions. Seven experts evaluated the proposal, yielding

item means between 4.14 and 4.86 and 85.7% approval with minor revisions. The study concludes that integrating GIS, statistical analysis, expert review and operational response criteria enhances training aimed at urban-industrial risk management.

Keywords: educational innovation; GIS; risk management; Natech; cartographic analysis; PSPP; Guayaquil

RESUMO

O estudo apresenta o desenvolvimento e a validação por especialistas de uma proposta formativa baseada em Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para a análise preliminar de cenários NaTech em Guayaquil, Equador. A pesquisa responde à necessidade de reduzir tempos de resposta, reforçar capacidades técnicas territoriais e operacionalizar a análise de risco mediante informação geoespacial disponível. Foi criada uma base cartográfica na escala 1:25.000 para a cidade de Guayaquil, integrando camadas de exposição, perigo tecnológico, ameaça natural, condição geotécnico-geomorfológica e vulnerabilidade territorial. A camada de pontos provém do INEC 2022; as camadas temáticas foram incorporadas do ArcGIS Online; o componente sísmico baseou-se no mapa de aceleração máxima do solo (PGA); e os geomorfons foram processados no SAGA GIS a partir de um MDT 3×3 do SIGTIERRAS. A camada integrada foi analisada no PSPP mediante frequências e teste de qui-quadrado, processando 34.473 registros. Os resultados indicaram predominância de risco médio (75,4 %), seguido de risco baixo (13,3 %) e alto (11,3 %), além de associação estatisticamente significativa entre condição geotécnica e classificação qualitativa do risco. O Colégio Leonidas García foi usado como caso demonstrativo para mostrar a concordância entre a análise cartográfica e a realidade territorial. A proposta foi validada por sete especialistas, com médias entre 4,14 e 4,86 e 85,7% de aprovação com ajustes menores. Conclui-se que a integração de SIG, análise estatística, validação por especialistas e critérios operacionais de resposta fortalece processos formativos aplicados à gestão do risco urbano-industrial.

Palavras-chave: inovação educativa; SIG; gestão do risco; NaTech; análise cartográfica; PSPP; Guayaquil

Forma sugerida de citar (APA):

Coello Montiel, D. D., & Naranjo Pinela, T. C. (2026). Propuesta formativa basada en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el análisis de escenarios NaTech: diseño y validación experta en Guayaquil, Ecuador. *SAGA: Revista Científica Multidisciplinar*, 3(2), 416-431. <https://doi.org/10.63415/saga.v3i2.402>



Esta obra está bajo una licencia internacional
Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0

INTRODUCCIÓN

La gestión del riesgo de desastres exige competencias técnicas que permitan comprender la interacción entre amenazas, exposición, vulnerabilidades, capacidades institucionales y acciones de respuesta. En contextos urbanos complejos, estos vínculos no se aprecian adecuadamente con textos descriptivos o listados de problemas; requieren herramientas que representen espacialmente la concentración de población, la infraestructura, los equipamientos críticos, las fuentes de peligro tecnológico y las condiciones naturales del entorno. En este marco, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) actúan como puente entre datos, territorio y toma de decisiones.

El Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030 subraya la importancia de conocer el riesgo, mejorar la gobernanza, invertir en reducción del riesgo y

prepararse para responder con eficacia (UNDRR, 2015). Informes recientes sobre riesgo sistémico y uso tecnológico para la reducción del riesgo remarcan la necesidad de fortalecer capacidades locales, la gobernanza de datos y las herramientas de análisis territorial para anticipar escenarios complejos (UNDRR, 2022, 2025). Estos lineamientos demandan procesos formativos que vayan más allá de la transmisión de conceptos y que desarrollen competencias para interpretar información territorial, identificar elementos expuestos, construir escenarios y comunicar resultados útiles para instituciones de gestión del riesgo y respuesta.

En Ecuador, los gobiernos locales, las entidades de respuesta, las instituciones educativas y las organizaciones de gestión del riesgo enfrentan el reto de interpretar escenarios multiamenaza con recursos limitados y capacidades técnicas diversas. Por

ello se requieren propuestas educativas que integren aprendizaje activo, interpretación geoespacial, lectura crítica de datos y toma de decisiones. La literatura contemporánea sobre educación para la reducción del riesgo señala que el aprendizaje debe avanzar desde la mera transferencia de información hacia el desarrollo de actitudes proactivas, competencias aplicadas y una cultura de preparación (Appleby-Arnold et al., 2021; Nakano & Yamori, 2021).

Los escenarios NaTech, definidos como incidentes tecnológicos provocados o agravados por amenazas naturales, constituyen un campo formativo especialmente pertinente. Un sismo, una inundación, precipitaciones intensas o una condición geomorfológica adversa pueden afectar instalaciones industriales, corredores de transporte de materiales peligrosos, gasolineras, almacenes o edificaciones con sustancias peligrosas. Las guías recientes sobre gestión NaTech insisten en que la prevención, la preparación y la respuesta requieren integrar amenaza natural, infraestructura peligrosa, continuidad operativa, exposición comunitaria y coordinación institucional (Necci & Krausmann, 2022; OECD et al., 2024). Revisiones actuales también subrayan la necesidad de estandarizar bases de datos, mejorar métodos de evaluación y aprender a partir de incidentes NaTech documentados (Brignone et al., 2025).

Emplear escenarios NaTech en la formación técnica territorial obliga a integrar dimensiones que habitualmente se tratan por separado. El aprendiz debe identificar la amenaza natural, localizar la fuente tecnológica, estimar la exposición de viviendas, centros educativos o equipamientos críticos, y traducir esa información en criterios preliminares de gestión. Este enfoque está alineado con estudios que resaltan la contribución de la tecnología geoespacial al mapeo de amenazas, vulnerabilidad, rutas de evacuación, asignación de recursos y desarrollo de capacidades para la reducción del riesgo (Aggarwal et al., 2024; Handoyo et al., 2024).

El presente estudio se centra en la innovación educativa aplicada al uso de SIG. El componente NaTech no pretende constituir una modelación exhaustiva del riesgo ni un análisis de ingeniería especializado, sino servir de caso de aprendizaje que muestre cómo una plataforma formativa puede organizar datos, capas, fichas y criterios de respuesta. En ese mismo sentido, el componente sísmico y geomorfológico se emplea como referencia territorial para contextualizar la amenaza natural y las condiciones del terreno, sin realizar diagnósticos sismorresistentes ni evaluaciones estructurales edificio por edificio.

El análisis principal se llevó a cabo a escala de la ciudad de Guayaquil, a partir de una capa integrada de riesgo NaTech construida con insumos geoespaciales de exposición, peligro, vulnerabilidad y componente natural. El caso demostrativo se concentra en el entorno del Colegio Leonidas García, en Guayaquil, y se utiliza para aterrizar la propuesta educativa en un ejemplo concreto, mostrando cómo la herramienta puede apoyar la interpretación territorial y operativa en un contexto urbano-industrial.

El objetivo del artículo es diseñar y validar mediante juicio experto una propuesta formativa basada en SIG para el análisis preliminar de escenarios NaTech en Guayaquil, integrando información cartográfica de amenaza natural, peligro tecnológico, exposición territorial y criterios operativos de respuesta. El estudio se desarrolla a escala urbana y emplea el caso del Colegio Leonidas García como aplicación demostrativa para evidenciar la coherencia entre la lectura cartográfica, la realidad territorial y las necesidades de formación técnica.

La selección de Guayaquil como ámbito de estudio responde a su complejidad urbana, industrial y sísmica. La ciudad concentra áreas residenciales, centros educativos, corredores viales, actividades industriales y servicios críticos que pueden interactuar con amenazas naturales. Esta condición hace del análisis preliminar de escenarios NaTech un ejercicio

formativo pertinente, ya que obliga al participante a considerar las capas como elementos interrelacionados de un sistema territorial.

La relevancia del trabajo también se sustenta en la necesidad de generar recursos formativos que sean verificables y transferibles. En muchos procesos institucionales, la capacitación en SIG se concentra en el manejo de herramientas y deja débil la conexión entre la pregunta territorial, la capa de datos, el procedimiento analítico y la decisión. En contextos de países en desarrollo, la enseñanza de tecnologías geoespaciales enfrenta retos curriculares, técnicos y de implementación que requieren diseñar rutas pedagógicas progresivas y contextualizadas (Ridha & Kamil, 2021).

METODOLOGÍA Y MATERIALES

El estudio se desarrolló con un enfoque aplicado, descriptivo y metodológico, cuyo propósito fue construir una propuesta formativa, organizarla en una plataforma educativa, demostrar su uso mediante un caso territorial y evaluar su pertinencia mediante juicio experto. La lógica metodológica se planteó como un estudio de caso aplicado, entendiendo el caso como una estrategia adecuada para analizar un fenómeno situado, articular diversas fuentes de evidencia y generar comprensión contextual con potencial de transferencia metodológica (Priya, 2021).

La estructura conceptual del artículo privilegió el componente educativo. Aproximadamente el 60 % del contenido se destinó a innovación educativa, SIG, cápsulas

formativas y validación; el 20 % al caso NaTech como recurso de aprendizaje aplicado; el 10 % al componente natural, sísmico y geomorfológico; y el 10 % a respuesta bomberil y gestión del riesgo. Esta distribución no pretende ser una segmentación rígida del manuscrito, sino un criterio de equilibrio para mantener el foco formativo.

La plataforma educativa, denominada Plataforma Natech SIG, fue concebida como un entorno de apoyo para ordenar contenidos, mapas, recursos, fichas, evaluaciones y retroalimentación. Su diseño sigue la lógica de cápsulas de proceso, en la que cada unidad formativa incluye un objetivo, un recurso conceptual, una herramienta principal, una actividad y un producto esperado. Esta estructura busca simplificar la complejidad técnica inicial del SIG y ofrecer una progresión formativa gradual.

El caso demostrativo único seleccionado fue el Colegio Leonidas García. La elección intencional permitió enfocar la propuesta en un escenario territorial concreto y compatible con los ajustes de la plataforma. El caso no pretende ser una evaluación integral del riesgo institucional, sino un recurso educativo-aplicado para ilustrar cómo un técnico puede activar capas, identificar relaciones espaciales, interpretar exposición y formular criterios preliminares de gestión del riesgo. Esta decisión metodológica se apoya en el uso del estudio de caso como estrategia para comprender fenómenos complejos en su contexto real y para organizar evidencias en torno a una unidad analítica específica (Priya, 2021).

Figura 1

Ruta metodológica de la propuesta educativa basada en SIG para gestión del riesgo.



Tabla 1*Estructura de cápsulas formativas propuestas.*

Cápsula	Propósito formativo	Herramientas principales	Producto esperado
1. Escenario de riesgo	Reconocer amenaza, exposición, vulnerabilidad y capacidades.	Recursos web, videos, ficha inicial.	Identificación básica de escenario territorial.
2. Visualización territorial	Observar el entorno mediante herramientas accesibles.	Google Earth, OpenStreetMap, ArcGIS Online.	Croquis o lectura inicial del entorno.
3. Capas y visor SIG	Activar, combinar e interpretar capas temáticas.	ArcGIS Online y visor del caso.	Lectura de capas del caso demostrativo.
4. Datos y procesamiento	Comprender fuentes, atributos y salidas geográficas.	INEC 2022, ArcGIS Online, SAGA GIS.	Base de insumos cartográficos organizada.
5. Ficha aplicada NaTech	Relacionar peligro tecnológico, amenaza natural y exposición.	Ficha técnica, mapa, buffer operativo.	Ficha de análisis preliminar del caso.
6. Comunicación y evaluación	Sintetizar resultados y validar aprendizajes.	KoboToolbox, PSPP, informe breve.	Resultado interpretado y retroalimentación.

Fuente: Elaboración propia

Los insumos cartográficos se organizaron según procedencia y función analítica. La capa de puntos para representar edificaciones y viviendas expuestas provino del INEC 2022. Las capas temáticas base se integraron desde ArcGIS Online, y el componente sísmico se complementó con el Mapa de Aceleración máxima del suelo (PGA) de Guayaquil, disponible en la misma plataforma. Además, se procesaron geomorfones en SAGA GIS a partir de un MDT 3 × 3 de SIGTIERRAS para identificar valles y depresiones. La escala de trabajo de la base fue 1:25.000, coherente con un análisis territorial preliminar de la ciudad. Los identificadores de los recursos de ArcGIS Online utilizados se registran en la tabla de insumos cartográficos para garantizar la trazabilidad metodológica.

La integración cartográfica permitió generar una capa final para el análisis cuantitativo preliminar del riesgo NaTech. Esta capa condensó variables de condición geotécnica, peligrosidad, uso industrial y clasificación cualitativa del riesgo, así como el cálculo de densidad de viviendas expuestas por parroquia. El objetivo no fue realizar una evaluación estructural de edificaciones, sino materializar el riesgo como información territorial útil para la formación, la priorización inicial y la reducción de tiempos en la lectura técnica de escenarios urbano-industriales.

La inclusión de PGA, geoformas y geomorfones tuvo un carácter contextualizador. La Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015 se empleó como referente técnico para comprender la importancia de la amenaza sísmica, la geotecnia y las condiciones del terreno en el análisis territorial. El estudio no realizó diagnósticos sismorresistentes, evaluaciones de desempeño ni diseños estructurales; esta precisión acota el alcance del componente natural y evita confundir la lectura SIG con una evaluación de ingeniería.

La plataforma integró además un criterio operativo inicial de respuesta para materiales peligrosos. Se adoptó como referencia la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia 2024, específicamente la Guía 111, aplicable a escenarios de carga mixta o material no identificado. El área de influencia operativa de 100 m se generó sobre las geometrías de la capa de uso de suelo industrial de Guayaquil, descargada desde ArcGIS Online, para representar una distancia precautoria inicial frente a derrames o fugas desconocidas. Este buffer no constituye una zona definitiva de afectación ni una modelación de dispersión, toxicidad, radiación térmica o sobrepresión; su propósito es mostrar cómo una recomendación operativa puede traducirse en un ejercicio espacial educativo.

Figura 2**Arquitectura funcional de la Plataforma Natech SIG**

Fuente: Elaboración propia

La capa integrada de riesgo NaTech fue exportada y procesada en PSPP para obtener estadísticas descriptivas e inferenciales de los resultados cartográficos. Se calcularon frecuencias para las variables GEOTECNICO, PELIGROSID, USO y Riesgo_Cualitativo, y se aplicó una prueba de Chi-cuadrado para evaluar la asociación entre condición geotécnica y clasificación cualitativa del riesgo. Este procesamiento permitió cuantificar los resultados cartográficos y así reforzar la interpretación espacial con evidencia estadística. El uso de tecnologías para generar conciencia situacional y apoyar decisiones en respuesta a desastres es un componente documentado de la gestión moderna del riesgo (Kedia et al., 2022).

Para fortalecer la validez de contenido de la propuesta formativa y del instrumento de

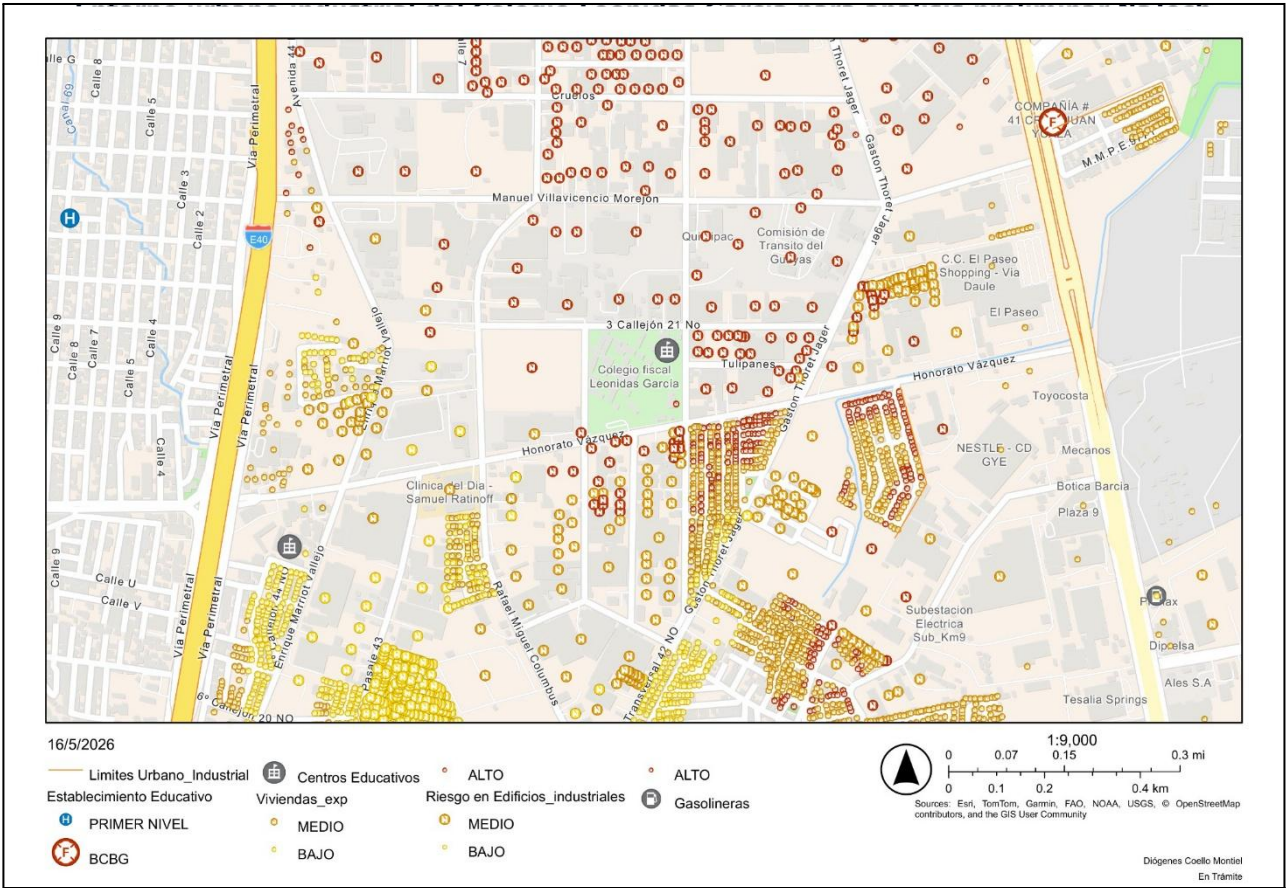
evaluación, se implementó un proceso de revisión por juicio de expertos. Participaron siete especialistas relacionados con gestión del riesgo, análisis territorial, respuesta operativa, investigación aplicada o áreas afines al uso de información geoespacial. Los ítems evaluaron claridad del lenguaje, objetividad respecto a variables, orden lógico, adecuación al objetivo de validación, complementariedad entre ítems, relación con el enfoque metodológico y pertinencia para responder al problema de investigación. Los resultados se procesaron en PSPP mediante estadísticos descriptivos y se calculó el Alfa de Cronbach como indicador complementario de consistencia interna. La validez de contenido se asumió a partir del juicio experto sobre claridad, pertinencia y representatividad de los ítems, sin reportar un índice CVI formal (Polit & Beck, 2006).

Tabla 2
Insumos cartográficos y operativos utilizados en el caso Colegio Leonidas García.

Insumo	Fuente / procedencia	Uso en el estudio
Puntos de edificaciones y viviendas	INEC 2022	Representar elementos expuestos y base de viviendas expuestas.
Capas temáticas base	ArcGIS Online, recurso ID e0253b88952a4cf4ac7c61b2b6e9b18b	Construir el visor con límites, peligro, vulnerabilidad, respuesta y parroquias urbanas.
Aceleración máxima del suelo PGA	ArcGIS Online, recurso ID 7fb3ab9e55ae45f0bf0b33d7e4c5920e	Contextualizar la amenaza sísmica del escenario.
Geomorfones, valles y depresiones	Elaboración propia con MDT 3 x 3 de SIGTIERRAS en SAGA GIS	Interpretar condiciones geomorfológicas relevantes para lectura territorial.
Densidad de viviendas expuestas por parroquia	Elaboración propia	Obtener una lectura agregada de exposición territorial.
Área de influencia operativa de 100 m	Elaboración propia sobre capa de uso de suelo industrial de Guayaquil descargada desde ArcGIS Online, con base en GRE 2024, Guía 111	Representar aislamiento inicial precautorio para material desconocido como criterio educativo-operativo.

Fuente: Elaboración propia a partir de INEC 2022, ArcGIS Online, SIGTIERRAS, SAGA GIS y GRE 2024.

Figura 3
Entorno urbano-industrial del Colegio Leonidas García para el análisis preliminar de riesgo NaTech.



Fuente: Elaboración propia a partir del visor ArcGIS Online, INEC 2022, SIGTIERRAS, SAGA GIS y GRE 2024.

La lectura de la plataforma se planteó desde una perspectiva de aprendizaje situado. Esto significa que el participante no recibe una explicación abstracta sobre riesgos, sino que interactúa con un escenario real, reconoce capas concretas y responde a preguntas analíticas. El producto esperado no es un mapa meramente decorativo, sino una interpretación argumentada que vincule amenaza, exposición, posible fuente tecnológica, respuesta inicial y límites del análisis.

El uso de KoboToolbox permitió estructurar la validación mediante un formulario reproducible, con criterios homogéneos y salida tabular. Posteriormente, la depuración de la base garantizó que las variables Likert fueran numéricas y que las observaciones cualitativas no afectaran el procesamiento estadístico. Esta medida resultó clave, pues PSPP exige bases consistentes para ejecutar frecuencias, descriptivos y análisis de confiabilidad sin errores.

El procedimiento de construcción del caso siguió cuatro etapas. Primero, se delimitó el entorno del establecimiento educativo como unidad de observación. Segundo, se organizaron los insumos por componente temático: exposición, peligro, elemento natural, respuesta y unidad administrativa. Tercero, se generaron productos derivados, como geomorfones y densidad de viviendas expuestas. Cuarto, se articuló la lectura cartográfica con actividades formativas para que el participante interprete las capas y elabore argumentos técnicos.

RESULTADOS

El primer resultado es la estructuración de una propuesta formativa basada en SIG con orientación territorial. La Plataforma Natech SIG ordena contenidos y actividades en una secuencia que permite al participante avanzar desde la comprensión de escenarios de riesgo hasta la lectura cartográfica aplicada. El diseño evita presentar el SIG como un software aislado y lo concibe como mediador del aprendizaje, capaz de transformar datos geográficos en criterios de observación, análisis y comunicación para la gestión del riesgo.

Un resultado complementario fue la definición de una lógica de uso de la plataforma. El participante puede acceder a los contenidos, revisar recursos breves, abrir el visor cartográfico, observar los grupos de capas y completar una ficha de análisis. Esta secuencia convierte la plataforma en un entorno de trabajo más que en un simple repositorio de enlaces. La trazabilidad entre cápsula, mapa, ficha y evaluación facilita la revisión y mejora continua del proceso.

La propuesta demostró que las cápsulas de proceso permiten ordenar competencias técnicas de manera progresiva. La secuencia inicia con conceptos de amenaza, vulnerabilidad y exposición; continúa con visualización territorial; integra capas geoespaciales; incluye procesamiento de datos; y culmina en una ficha aplicada y evaluación. Esto reduce la brecha entre formación conceptual y uso operativo de la información, especialmente para técnicos territoriales que requieren productos aplicables en contextos institucionales.

En el caso del Colegio Leonidas García, la integración de capas permitió configurar el escenario a partir de límites urbano-industriales, respuesta, vulnerabilidad, peligro, elemento natural y parroquias urbanas. La lectura espacial vinculó el establecimiento con viviendas expuestas, zonas industriales, gasolineras, edificaciones con riesgo NaTech, PGA, geoformas y densidad de viviendas expuestas por parroquia. El resultado no fue una evaluación definitiva del riesgo, sino una lectura preliminar con fines pedagógicos que identifica las variables relevantes ante un escenario NaTech.

El componente natural aportó contexto sobre la amenaza sísmica y la condición geomorfológica del entorno. La inclusión del PGA y de geomorfones derivados del MDT 3 × 3 suministró una lectura del terreno que enriquece la comprensión del escenario, sin reemplazar estudios geotécnicos de detalle. Esta distinción es esencial para la propuesta educativa: el participante aprende a reconocer insumos territoriales útiles y a la vez

comprende los límites de interpretación de cada capa.

El criterio operativo de 100 m sirvió para representar una zona inicial de aislamiento precautorio ante situaciones con material desconocido. Desde la perspectiva educativa, el buffer aplicado sobre la capa de uso de suelo

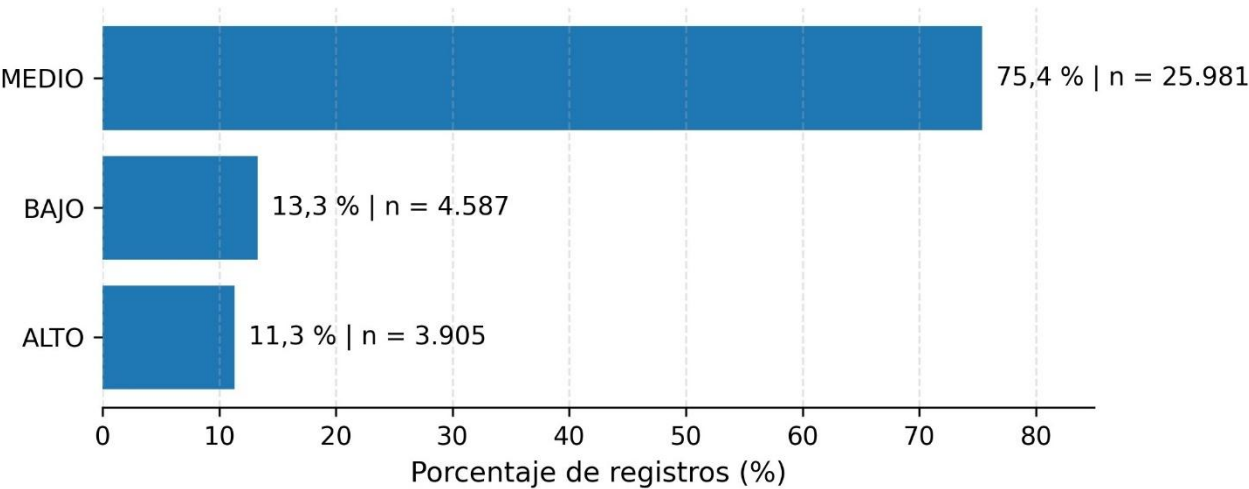
industrial ayuda a visualizar la relación entre una recomendación de primera respuesta y los elementos expuestos cercanos. Su utilidad radica en trasladar un criterio de la GRE 2024 a una pregunta espacial: qué viviendas, centros educativos, vías, fuentes de peligro o puntos sensibles están dentro o en las proximidades del área precautoria inicial.

Tabla 3
Distribución del riesgo cualitativo en la capa integrada NaTech de Guayaquil

Categoría de riesgo	Frecuencia	Porcentaje
ALTO	3.905	11,3 %
BAJO	4.587	13,3 %
MEDIO	25.981	75,4 %
Total	34.473	100,0 %

Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento en PSPP de la capa integrada de riesgo NaTech.

Figura 4
Distribución del riesgo cualitativo en la capa integrada NaTech de Guayaquil.



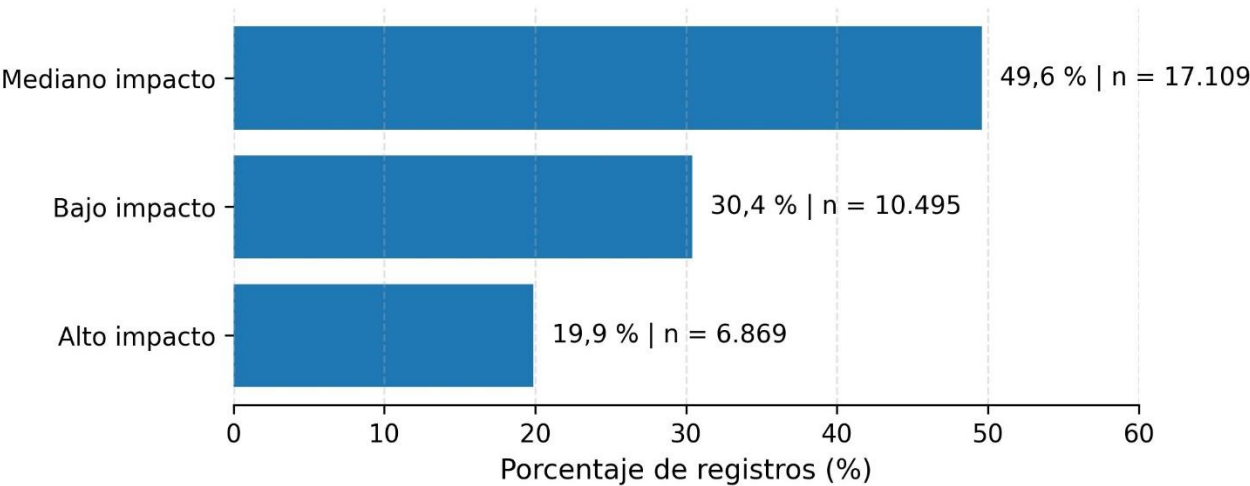
Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento en PSPP de la capa integrada de riesgo NaTech.

Tabla 4
Distribución de registros por uso industrial en la capa analizada.

Uso	Frecuencia	Porcentaje
Uso industrial de alto impacto	6.869	19,9 %
Uso industrial de bajo impacto	10.495	30,4 %
Uso industrial de mediano impacto	17.109	49,6 %
Total	34.473	100,0 %

Fuente: elaboración propia a partir del procesamiento en PSPP de la capa integrada de riesgo NaTech.

Figura 5
Distribución de registros por uso industrial en la capa analizada.



Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento en PSPP de la capa integrada de riesgo NaTech.

Tabla 5
Prueba de Chi-cuadrado entre condición geotécnica y riesgo cualitativo.

Prueba	Valor	gl	Significación asintótica (2 colas)
Chi-cuadrado de Pearson	30027,94	14	,000
Razón de semejanza	24635,66	14	,000
N de casos válidos	34.473	-	-

Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento en PSPP.

El análisis estadístico de la capa integrada permitió caracterizar 34.473 registros asociados a edificaciones o elementos expuestos en el estudio preliminar de riesgo NaTech en Guayaquil. La variable Riesgo_Cualitativo mostró predominio del riesgo medio, con 25.981 registros (75,4 %). El riesgo bajo agrupó 4.587 registros (13,3 %), mientras que el riesgo alto alcanzó 3.905 registros (11,3

%). Respecto al uso industrial, predominó el uso de mediano impacto con 17.109 registros (49,6 %), seguido por bajo impacto con 10.495 registros (30,4 %) y alto impacto con 6.869 registros (19,9 %). La prueba de Chi-cuadrado evidenció una asociación estadísticamente significativa entre la condición geotécnica y la

clasificación cualitativa del riesgo NaTech (Chi-cuadrado de Pearson = 30027,94; gl =14; p = ,000).

Los resultados del juicio de expertos mostraron una valoración positiva del instrumento. Las medias de los ítems variaron entre 4,14 y 4,86 en una escala Likert de cinco puntos. La dimensión mejor valorada fue la relación con el enfoque mixto y el diseño metodológico, con media 4,86. También recibieron altas calificaciones la claridad del lenguaje técnico y la adecuación al objetivo de validación, ambas con media 4,71. El criterio con menor media fue el orden lógico de las preguntas (4,14), si bien se mantuvo en una valoración alta.

Tabla 6
Resultados descriptivos de la validación por expertos.

Criterio	Media	DE	Min.	Máx.	Interpretación
Lenguaje claro, técnico y comprensible	4,71	0,49	4	5	Muy alta
Objetividad respecto a variables, dimensiones e indicadores	4,43	0,53	4	5	Alta
Orden lógico de las preguntas	4,14	0,38	4	5	Alta
Adecuación al objetivo de validación	4,71	0,49	4	5	Muy alta
Complejidad entre ítems, ficha y rúbrica	4,57	0,53	4	5	Muy alta
Relación con enfoque mixto y diseño metodológico	4,86	0,38	4	5	Muy alta
Pertinencia para responder al problema de investigación	4,43	0,53	4	5	Alta

Fuente: elaboración propia a partir del procesamiento en PSPP.

Tabla 7
Dictamen general del panel de expertos.

Dictamen	Frecuencia	Porcentaje
Aprobado con ajustes menores	6	85,7 %
Requiere revisión antes de aplicar	1	14,3 %
No aprobado	0	0,0 %
Total	7	100,0 %

Fuente: Elaboración propia a partir del procesamiento en PSPP.

Con el fin de sintetizar visualmente la valoración experta, la Figura 6 presenta las medias por criterio y los principales indicadores del proceso de validación.

Figura 6
Resultados descriptivos de la validación del instrumento por juicio de expertos.



Fuente: Elaboración propia con base en el procesamiento en PSPP.

El análisis de consistencia interna arrojó un Alfa de Cronbach de 0,57 para los siete ítems principales del instrumento. Este valor se interpreta con cautela debido al escaso número de expertos y a la baja variabilidad de las respuestas, concentradas en valores altos (4 y 5). Por ello, este resultado se utiliza como evidencia complementaria y no como validación psicométrica definitiva. La evidencia principal del proceso corresponde a la validez de contenido aportada por el juicio experto, mientras que el alfa se reporta para transparentar la consistencia interna observada. La literatura reciente advierte que umbrales rígidos del alfa pueden conducir a interpretaciones simplistas y que su lectura debe considerar el contexto del instrumento, la muestra y la naturaleza de los ítems (Hussey et al., 2025).

DISCUSIÓN

Los resultados apoyan la pertinencia de una propuesta formativa basada en SIG para fortalecer capacidades técnicas en gestión del riesgo. La estructura por cápsulas facilita organizar aprendizajes progresivos y vincularlos con productos concretos, lo que resulta útil para técnicos territoriales que deben justificar técnicamente sus decisiones partiendo de un mapa. La integración de tecnologías geoespaciales en actividades formativas ha sido señalada como una vía para reforzar la resiliencia, el análisis de vulnerabilidad y la toma de decisiones fundamentada en evidencia (Aggarwal et al., 2024; Handoyo et al., 2024).

El caso del Colegio Leonidas García cumple una función didáctica relevante al trasladar el análisis a una situación territorial concreta. No obstante, el estudio no se limita a ese caso: la capa integrada para Guayaquil fue procesada estadísticamente con 34.473 registros, lo que respalda la propuesta educativa con una base cuantitativa preliminar. La predominancia del riesgo medio y la asociación significativa entre condición geotécnica y riesgo cualitativo refuerzan la necesidad de enseñar a técnicos territoriales a interpretar variables geoespaciales integradas.

El enfoque NaTech enriquece la propuesta al obligar a superar lecturas fragmentadas del riesgo. Un escenario NaTech no puede entenderse solo desde la amenaza natural ni únicamente desde la infraestructura tecnológica; demanda reconocer cómo una amenaza puede impactar instalaciones peligrosas, provocar liberación de sustancias, afectar barreras de seguridad y ampliar impactos sobre población expuesta. La evidencia sobre metodologías NaTech muestra la conveniencia de combinar análisis cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos según la disponibilidad de datos, tiempo y recursos (Brignone et al., 2025; Wang & Weng, 2023).

El componente sísmico y geomorfológico añade profundidad técnica sin perder el foco formativo. La referencia a la NEC 2015 contextualiza la importancia de la amenaza sísmica, la geotecnia y las condiciones locales del subsuelo, pero no debe interpretarse como una evaluación estructural. Esta delimitación es necesaria porque el estudio no aplica diagnósticos edificio por edificio. Su aporte radica en mostrar que un técnico territorial puede emplear capas de PGA, geoformas y geomorfones para identificar condiciones que requieren observación, articulación institucional o estudios complementarios.

La integración de la GRE 2024 vincula el análisis cartográfico con criterios de respuesta inicial. El área precautoria de 100 m de la Guía 111 permite explicar que, ante material desconocido, la primera decisión operativa prioriza la seguridad, el control de accesos y la identificación del producto. En el ámbito educativo, esta referencia ayuda a distinguir entre una distancia precautoria inicial y una zona de afectación calculada, evitando interpretaciones equivocadas y alineando la plataforma con principios actuales de prevención, preparación y respuesta ante accidentes químicos y tecnológicos (OECD, 2023; PHMSA, 2024).

El resultado del Alfa de Cronbach debe contemplarse con prudencia. La literatura metodológica indica que el alfa depende del número de ítems, de la correlación entre ellos

y de la variabilidad de las respuestas (Cronbach, 1951; Tavakol & Dennick, 2011). Estudios recientes también cuestionan el uso mecánico de umbrales como 0,70 y recomiendan contextualizar el coeficiente antes de considerarlo un criterio absoluto de calidad instrumental (Hussey et al., 2025). En este estudio, el panel fue pequeño y las valoraciones se concentraron en puntuaciones altas, lo que limita la obtención de coeficientes elevados. Por ello, el alfa se usa como evidencia complementaria, mientras que la validación principal se sustenta en el juicio experto.

Entre las limitaciones se reconoce que el caso demostrativo no constituye una evaluación integral del riesgo del establecimiento ni un inventario completo de fuentes peligrosas. Tampoco se realizaron valoraciones estructurales ni simulaciones de dispersión de contaminantes. El buffer de 100 m es un criterio precautorio inicial, no una zona definitiva de impacto. Además, aunque la capa integrada fue procesada estadísticamente, el análisis corresponde a una aproximación preliminar que debe complementarse con trabajos de campo, verificación institucional de fuentes peligrosas y, en etapas posteriores, modelación específica cuando existan datos suficientes. Esta acotación es coherente con enfoques que reconocen la utilidad de metodologías rápidas o semicuantitativas para priorizar escenarios, sin sustituir evaluaciones de ingeniería o análisis cuantitativos completos (Brignone et al., 2025; Wang & Weng, 2023).

La contribución principal del trabajo radica en articular formación, cartografía y respuesta. La plataforma propone una ruta replicable para que técnicos territoriales aprendan a organizar información, reconocer relaciones espaciales y justificar decisiones preliminares. Asimismo, el caso demuestra que una herramienta pedagógica puede incorporar datos reales, análisis estadístico y criterios operativos sin sacrificar claridad didáctica. La incorporación de tecnologías para conciencia situacional, aprendizaje geoespacial y preparación ante desastres respalda la pertinencia de este enfoque formativo (Handoyo et al., 2024; Kedia et al., 2022).

Finalmente, la propuesta puede servir como base para versiones futuras con mayor alcance empírico. Una fase siguiente podría incluir más casos demostrativos, inventarios hemerográficos de incidentes con materiales peligrosos, participación de bomberos en ejercicios de validación operativa o evaluación pretest-postest del aprendizaje. Estas ampliaciones no son requisitos para el objetivo de este artículo, pero constituyen líneas claras de continuidad académica e institucional.

La experiencia también evidencia la importancia de documentar el origen de los datos y los productos derivados. Diferenciar los puntos del INEC 2022, las capas de ArcGIS Online, el PGA, los geomorfones y la densidad de viviendas expuestas fortalece la transparencia del estudio. En procesos de formación, esta trazabilidad enseña que el análisis SIG no depende solo de producir mapas, sino de justificar la procedencia, escala, alcance y limitaciones de cada insumo.

Desde la óptica de la publicación científica, el estudio ofrece una vía intermedia entre un artículo puramente pedagógico y un informe técnico de riesgo. Su valor consiste en demostrar cómo una propuesta educativa puede integrar datos reales y criterios operativos sin exceder lo que permiten los datos. Esta postura metodológica prudente evita presentar el caso como diagnóstico final y, al tiempo, muestra la utilidad de la metodología para procesos de formación y gestión territorial.

CONCLUSIONES

La propuesta formativa basada en SIG constituye una alternativa viable para fortalecer capacidades técnicas en gestión del riesgo, especialmente cuando se organiza mediante cápsulas de proceso, una plataforma educativa, recursos cartográficos y actividades aplicadas. Este enfoque permite que el participante avance desde conceptos básicos hasta la interpretación de un escenario territorial concreto.

El caso demostrativo del Colegio Leonidas García evidenció la utilidad pedagógica del SIG para relacionar exposición educativa,

entorno urbano-industrial, amenaza sísmica, geoformas, viviendas expuestas y criterios de respuesta inicial. Centrar el análisis en un caso único favoreció una lectura coherente y evitó dispersar el trabajo en múltiples escenarios con distinto nivel de detalle.

La integración de insumos provenientes de INEC 2022, ArcGIS Online, SIGTIERRAS, SAGA GIS, PSPP y GRE 2024 permitió construir una lectura territorial preliminar con valor educativo, estadístico y operativo. El uso de la capa de puntos del INEC 2022, las capas base de ArcGIS Online, el PGA, los geomorfones y la densidad de viviendas expuestas por parroquia fortalece la trazabilidad metodológica del análisis.

El procesamiento estadístico de la capa integrada en PSPP posibilitó presentar los resultados cartográficos mediante frecuencias, porcentajes y pruebas de asociación. La distribución del riesgo cualitativo y el contraste Chi-cuadrado entre condición geotécnica y riesgo muestran que el producto cartográfico puede servir no solo como visualización, sino como insumo para análisis cuantitativo preliminar en procesos formativos y de gestión del riesgo.

La validación experta reflejó una aceptación técnica favorable del instrumento. Las medias se situaron entre 4,14 y 4,86; el 85,7 % de los expertos aprobó el instrumento con ajustes menores; y el Alfa de Cronbach fue 0,57. Este coeficiente se interpreta con cautela por el reducido número de expertos y la baja variabilidad de las respuestas, por lo que se considera evidencia complementaria de consistencia interna dentro de un proceso de validación de contenido.

La propuesta no sustituye estudios especializados de ingeniería, modelación NaTech o evaluaciones estructurales, pero ofrece una ruta educativa aplicada para que técnicos territoriales desarrollen criterios preliminares de análisis, comunicación y gestión del riesgo. Su potencial reside en convertir datos geoespaciales en aprendizaje situado y en decisiones iniciales mejor fundamentadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aggarwal, S. P., Kundu, S. S., & Sarma, K. K. (2024). Geospatial technology for effective disaster risk reduction: Best practices in capacity building. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVIII-5-2024, 147–153. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-5-2024-147-2024>
- Appleby-Arnold, S., Brockdorff, N., & Callus, C. (2021). Developing a culture of disaster preparedness: The citizens' view. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 56, 102133. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102133>
- ArcGIS Online. (2018). *Mapa de aceleración máxima del suelo PGA de la ciudad de Guayaquil*. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=7fb3ab9e55ae45f0bf0b33d7e4c5920e>
- ArcGIS Online. (s. f.). *Recurso cartográfico utilizado como insumo temático para el análisis de Guayaquil*. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=e0253b88952a4cf4ac7c61b2b6e9b18b>
- Brignone, M., Santamato, F., Ravina, M., Busini, V., & Panepinto, D. (2025). NaTech database and methodologies for its risk assessment: A review. *Natural Hazards*, 121, 19565–19590. <https://doi.org/10.1007/s11069-025-07562-z>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*, 16, 297–334.
- Free Software Foundation. (s. f.). *GNU PSPP manual: RELIABILITY*. https://www.gnu.org/software/pspp/manual/html_node/RELIABILITY.html
- Handoyo, B., Soekanto, H., Putra, A. K., Kamil, P. A., & Wulandari, F. (2024). Disaster preparedness: The role of spatial disaster learning using geospatial technology. *Jambá: Journal of Disaster Risk Studies*, 16(1), 1576. <https://doi.org/10.4102/jamba.v16i1.1576>
- Hussey, I., Alsalti, T., Bosco, F., Elson, M., & Arslan, R. C. (2025). An aberrant abundance of Cronbach's alpha values at .70. *Advances in Methods and Practices in Psychological Science*, 8(1), 25152459241287123.

- <https://doi.org/10.1177/25152459241287123>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). *Geoportal estadístico y marco geoestadístico del Censo Ecuador 2022*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/>
- Kedia, T., Ratcliff, J., O'Connor, M., Oluic, S., Rose, M., Freeman, J., & Rainwater-Lovett, K. (2022). Technologies enabling situational awareness during disaster response: A systematic review. *Disaster Medicine and Public Health Preparedness*, 16(1), 341–359. <https://doi.org/10.1017/dmp.2020.196>
- KoboToolbox. (s. f.). *KoboToolbox: Data collection tools*. <https://www.kobotoolbox.org/>
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015a). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-DS: Peligro sísmico, diseño sismorresistente*. MIDUVI.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015b). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-GC: Geotecnia y cimentaciones*. MIDUVI.
- Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda. (2015c). *Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC-SE-RE: Riesgo sísmico, evaluación y rehabilitación de estructuras*. MIDUVI.
- Nakano, G., & Yamori, K. (2021). Disaster risk reduction education that enhances the proactive attitudes of learners: A bridge between knowledge and behavior. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 66, 102620. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2021.102620>
- Necci, A., & Krausmann, E. (2022). *Natech risk management: Guidance for operators of hazardous industrial sites and for national authorities*. Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/666413>
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *OECD guiding principles for chemical accident prevention, preparedness and response* (3rd ed.). OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/162756bf-en>
- Organisation for Economic Co-operation and Development, European Commission Joint Research Centre, & United Nations Economic Commission for Europe. (2024). *Managing risks from natural hazards to hazardous installations: Natech risk management*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9bb63229-en>
- Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration. (2024). *2024 emergency response guidebook*. U.S. Department of Transportation.
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what is being reported? *Research in Nursing & Health*, 29(5), 489–497. <https://doi.org/10.1002/nur.20147>
- Priya, A. (2021). Case study methodology of qualitative research: Key attributes and navigating the conundrums in its application. *Sociological Bulletin*, 70(1), 94–110. <https://doi.org/10.1177/0038022920970318>
- Ridha, S., & Kamil, P. A. (2021). The problems of teaching geospatial technology in developing countries: Concepts, curriculum, and implementation in Indonesia. *Journal of Geography*, 120(2), 72–82. <https://doi.org/10.1080/00221341.2021.1872681>
- Shafapourtehrany, M., Batur, M., Shabani, F., Pradhan, B., Kalantar, B., & Özener, H. (2023). A comprehensive review of geospatial technology applications in earthquake preparedness, emergency management, and damage assessment. *Remote Sensing*, 15(7), 1939. <https://doi.org/10.3390/rs15071939>
- SIGTIERRAS. (s. f.). *Descargas: Ortofotografías, modelo digital de terreno y cartografía temática*. <https://www.sigtierras.gob.ec/descargas/>
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International Journal of Medical Education*, 2, 53–55.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2015). *Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030*. United Nations.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2022). *Global assessment report on disaster risk reduction 2022: Our world at risk: Transforming governance for a resilient future*. United Nations.
- United Nations Office for Disaster Risk Reduction. (2025). *Technology for disaster risk reduction: Special report on the use of technology for disaster risk reduction*. United Nations.

Wang, J., & Weng, W. (2023). A simplified methodology for rapid Natech risk assessment of flood-wind-hail multi-hazard scenario. *Natural Hazards*, 119, 965–987. <https://doi.org/10.1007/s11069-022-05770-5>

Wang, Q., Li, W., Hu, X., & Sun, Y. (2024). Scenario evolution prediction of accidents

triggered by lightning and emergency process risk analysis for gas transmission stations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 112, 104808. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104808>

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.



DERECHOS DE AUTOR

Coello Montiel, D. D., & Naranjo Pinela, T. C. (2026)



Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons de Atribución No Comercial 4.0, que permite su uso sin restricciones, su distribución y reproducción por cualquier medio, siempre que no se haga con fines comerciales y el trabajo original sea fielmente citado.



El texto final, datos, expresiones, opiniones y apreciaciones contenidas en esta publicación es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la revista.