

**Sistemas de Comunicación en Ambientes de Catástrofes
Naturales: Revisión Sistemática de la Literatura (SLR)**

**Communication Systems in Natural Disaster
Environments: Systematic Review of the Literature (SLR)**

David Fernando Zambrano-Montenegro¹
Universidad Técnica de Manabí
david.zambrano@utm.edu.ec

Marcos Anthony Avellán-Vera²
Universidad Técnica de Manabí
mavellan0419@utm.edu.ec

doi.org/10.33386/593dp.2023.3-1.1834

V8-N3-1 (jun) 2023, pp. 665-678 | Recibido: 17 de marzo de 2023 - Aceptado: 26 de abril de 2023 (2 ronda rev.)
Edición Especial

1 Profesor dedicado y con capacidad para aplicar sus conocimientos y habilidades en temas relacionados con las Tecnologías de la Información y Comunicación. Habilidades para facilitar el diálogo, supervisar trabajos de campo y preparar clases de alta calidad. Experto en Dirección de proyectos de investigación, desarrollo de contenidos curriculares, gestión de aulas y estrategias de participación.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8833-1546>

2 Tengo 27 años, actualmente egresado de la carrera de ingeniería en sistemas informático en la Universidad Técnica de Manabí, me desempeño laboralmente cómo docente - instructor en el sindicato provincial de choferes de Manabí.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-5666-9981>

Cómo citar este artículo en norma APA:

Zambrano-Montenegro, D., & Avellán-Vera, M., (2023). Sistemas de Comunicación en Ambientes de Catástrofes Naturales: Revisión Sistemática de la Literatura (SLR). 593 Digital Publisher CEIT, 8(3-1), pp. 665-678, <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3-1.1834>

Descargar para Mendeley y Zotero

RESUMEN

Actualmente, los sistemas de comunicación juegan un papel fundamental en la difusión de información sobre catástrofes naturales. Este artículo presenta una revisión sistemática de literatura (SLR) sobre el uso de sistemas de comunicación como base para aplicar diferentes escenarios de respuesta a emergencias de catástrofes naturales. Además, tiene como objetivo analizar de forma exhaustiva la literatura existente sobre sistemas de comunicación utilizados en ambientes de catástrofes naturales. La primera parte se centra en las fuentes de información; luego se describen las investigaciones que utilizaron técnicas en los sistemas de comunicación. Finalmente, los resultados obtenidos pueden ser utilizados para tomar decisiones en la asignación óptima y manejo de recursos de acuerdo con el evento de catástrofe.

Palabras clave: catástrofes naturales; respuesta de emergencia, sistemas de comunicación.

ABSTRACT

Currently, communication systems play a fundamental role in the dissemination of information about natural disasters. This article presents a systematic literature review (SLR) on the use of communication systems as a basis for applying different emergency response scenarios of natural catastrophes. In addition, it aims to exhaustively analyze the existing literature on communication systems used in natural disaster environments. The first part focuses on the sources of information; then the investigations that use techniques in communication systems are described. Finally, the results obtained can be used to make decisions on the optimal management of resources according to the catastrophic event.

Key words: natural catastrophes; emergency response, communication systems.

Introducción

Los desastres naturales, junto con los motivados por la acción del hombre, contribuyen hoy en día al deterioro del desarrollo sostenible. Cerca del 75 % de la población mundial se encuentra en situación de riesgo ante desastres provocados por fenómenos naturales. Las estimaciones mundiales apuntan a que el crecimiento urbano, la degradación ambiental y el calentamiento global amplificarán el impacto de las catástrofes naturales. La pérdida de vidas humanas, la destrucción de medios de subsistencia y la devastación de áreas naturales son algunas de las secuelas que se revelan en aquellos países con alto índice de huracanes, terremotos o conflictos bélicos. Es más, las regiones más desfavorecidas se muestran especialmente vulnerables a este tipo de situaciones (Scheuren et al., 2008).

Desde sus inicios, el ser humano se ha visto inmerso en diferentes eventos que complican su vida cotidiana como las catástrofes naturales. El grado de dificultad en la toma de decisiones para minimizar el impacto de estos eventos aumenta gradualmente con los años, volviéndose demasiado complicado. Es necesario desarrollar múltiples tecnologías y métodos predictivos para saber qué acciones se pueden tomar ante un evento emergente para reducir la tasa de mortalidad de la población (Robles et al., 2019). Con este enfoque, en la actualidad existen diferentes métodos que consigan minimizar el impacto que estos eventos provocan en la sociedad, como el uso de algoritmos para clasificar el tipo de desastres y optimizar su funcionamiento antes, durante y después de dichos desastres (Wu et al., 2020), obteniendo resultados favorables al identificar estos eventos a través de diferentes datos reportados en los sistemas de comunicación, empresas e incluso satélite (Goswami & Kumar, 2016).

Las cifras resultan estremecedoras. En 2007, únicamente los desastres naturales afectaron a más de 200 millones de personas y provocaron la muerte de más de 17.000 seres humanos. Las pérdidas económicas ascendieron a 88 billones de dólares (Scheuren et al., 2008). El acceso a la información es esencial en todas

las fases derivadas de una emergencia. En el caso concreto de grandes catástrofes, el acceso a la información es tan importante como la disponibilidad de agua potable, alimentos o albergues, y resulta trascendental si lo que se pretende es salvar vidas. Por lo tanto, las oportunidades que brindan las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) dan cumplida respuesta a las necesidades de información que requieren las situaciones de emergencia (víctimas, equipos de emergencia, organizaciones humanitarias, administraciones públicas, etc.). En particular, la telefonía móvil proporciona un inmenso potencial en aquellas regiones más desprotegidas, donde su índice de penetración ha crecido exponencialmente en los últimos años (Porter & Schwab, 2008). En cualquier caso, ante situaciones críticas el despliegue de estas redes fortalece la eficacia de los protocolos de actuación.

Las nuevas tecnologías se manifiestan antes, durante y después de las catástrofes, lo que resulta especialmente favorable para el auxilio de vidas humanas. De hecho, el éxito de las tareas de rescate depende en gran medida de la disponibilidad de información actualizada sobre el desarrollo de la situación. Es cierto que muchas veces los daños ocasionados por los desastres naturales afectan a las redes de telecomunicaciones terrestres, si bien las comunicaciones por satélite, incluso las redes inalámbricas, garantizan la continuidad de las transmisiones.

En base a los estudios previos, ha sido posible determinar las diversas técnicas que utilizan los sistemas de comunicación como algoritmos de clasificación y predicción. Esta Revisión Sistemática de Literatura (SLR) permitió recolectar y analizar técnicas de reconocimiento de patrones relacionados con la detección de eventos de catástrofes naturales.

A través de la historia el territorio ecuatoriano se ha visto envuelto en afectaciones de carácter natural, debido a que su superficie territorial se encuentra situado en una de las zonas de más alta complejidad tectónica del mundo, en el punto de encuentro de las placas de

Nazca y Sudamérica. Es parte del denominado “cinturón de fuego del Pacífico”, además tiene una serie de volcanes con actividades telúricas frecuentes que causan movimientos telúricos permanentes y actividad volcánica, generando un alto grado de vulnerabilidad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016).

Alrededor de 54 millones de personas se asientan en zonas sísmicas de alto riesgo, y entre los países andinos, Ecuador tiene a casi toda su población en amenaza sísmica alta, lo que a lo largo de la historia ha causado grandes pérdidas económicas y de vidas humanas (Bernabé et al., 2015). La actividad sísmica y las erupciones volcánicas han afectado especialmente a la sierra norte ecuatoriana e islas Galápagos (Demoraes, 2003), provocando flujos piroclásticos (gases, partículas, piedras incandescentes) que han generado frecuentemente incendios (en techos de paja y campos de cultivos) durante erupciones pasadas; mismas que afecta especialmente a las zonas más marginadas del país debido a sus asentamientos geográficos, esta parte de la población se ubican a orillas de ríos que se desbordan, en las faldas de volcanes activos, en pendientes propensas a deslizamientos, en zonas poco productivas y expuestas a ciclos de sequías e inundaciones (Demoraes, 2003).

Debido al impacto de las condiciones geomorfológicas de Ecuador y las actividades humanas, cuando ocurre un evento climático con fuertes lluvias, es fácil que sucedan deslizamientos de tierra, flujos de escombros y erosión. Las tendencias de desastres naturales en el país indican que la cantidad de fenómenos naturales y la gravedad de sus efectos están aumentando gradualmente (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016).

Además, por la hostilidad del ambiente tras un desastre natural las zonas afectadas sufren daños estructurales que impiden el acceso a servicios básico, fallas de comunicaciones (SNGR, 2016), daños estructurales, colapso en los servicios de comunicación y la más importante pérdida de vidas humanas.

Cuando se trata de emergencias y desastres, planificar la comunicación se vuelve una tarea más compleja y desafiante, la divulgación de información precisa y concreta permite una eficaz movilización de recursos y toma de decisiones (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016).

Según la Organización Panamericana de la Salud tener una comunicación planificada permite establecer a los actores emergentes, el medio, el mensaje, el emisor y el receptor, logrando asignar roles, designar responsabilidades, concretar objetivos y asignar presupuestos, permitiéndonos denominar a esta comunicación organizada como un sistema de comunicación emergente (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

Actualmente existen procedimientos para poder establecer un medio de comunicación entre en la Universidad Técnica de Manabí y autoridades gubernamentales encargadas de la integridad de los estudiantes ante desastres naturales como, por ejemplo, terremotos. Sin embargo, carece de una estructura de comunicación integral definida para anticipar cualquier pérdida de un ser humano ante este tipo de catástrofes. Incluso el peligro inminente de no tener energía eléctrica para poder comunicarse con las autoridades que puedan dar un mejor servicio de seguridad en caso de que ocurran estas catástrofes. Con una buena comunicación interna, junto con instituciones que provean de seguridad física, ya sea bomberos o policía nacional, se puede dar una mejor respuesta ante cualquier dificultad, y poder reducir significativamente el número de pérdidas humanas con el uso de este sistema.

Metodología

Esta investigación es una revisión cualitativa sistemática de la literatura (SLR), para lo cual se basó en metodología de investigación documental que permitió la utilización de varias fuentes de información escrita tales como revistas, libros entre otras; la investigación descriptiva donde se utilizó para detallar los aspectos más distintivos del problema de estudio

y la investigación aplicada que permitió el uso de todos los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación académica universitaria, es decir plasmaremos la teoría con la realidad para dar solución al problema. Este SLR siguió de manera general las siguientes fases: Planificación de la revisión, Realización de la revisión y Análisis. La etapa de planificación de la revisión se la detalla en esta sección y las fases de realización de la revisión y análisis se la describe en la sección de resultados:

Planificación de la Revisión

Esta fase se enfoca en formular las preguntas de investigación, detallando los repositorios de bases de datos utilizados para buscar información de artículos científicos y mostrando los criterios de selección aplicados. El objetivo de esta investigación es analizar de forma exhaustiva la literatura existente sobre sistemas de comunicación utilizados en ambientes de catástrofes naturales; este objetivo se responde a través de dos preguntas de investigación que son:

RQ1: ¿Qué estudios existen relacionados con eventos de desastres naturales reportados a través de sistemas de comunicación?

RQ2: ¿Qué estudios utilizan técnicas de algoritmos de predicción?

Para la búsqueda se utilizaron bases de datos electrónicas de diferentes áreas como ingeniería, educación, informática y medicamento. Los artículos científicos obtenidos fueron de revistas, congresos y capítulos de libros. Los repositorios de bases de datos utilizados fueron: Science AAAS, IEEE Explore, SpringerLink, Nature y ScienceDirect.

Solo trabajos publicados entre enero de 2015 y febrero de 2022 fueron considerados en la primera fase del proceso de búsqueda. Para simplificarlo, se utilizaron algunas palabras clave que son: (a) Gestión de recursos, (b) Toma de decisiones, (c) desastres naturales, (d) Predicción de eventos, (e) Sistemas de comunicación, (f) Datos geoespaciales, (g) Respuesta de

emergencia, (h) Patrones de emergencia, y (i) Algoritmos de extracción de datos, se utilizaron criterios de selección (inclusión y exclusión) para refinar los procesos de búsqueda, incluida la revisión del título, introducción y conclusión de cada artículo encontrado (ver Tabla 1).

Tabla 1
Criterios de Selección

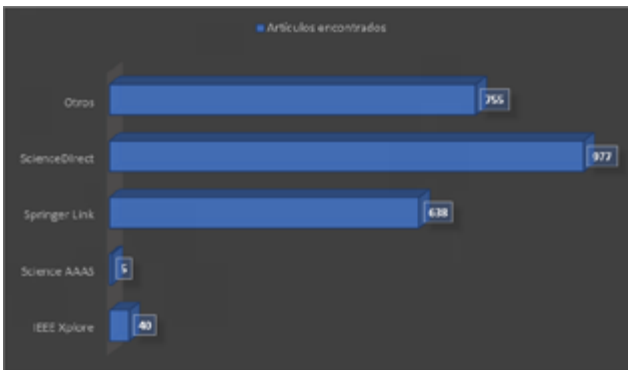
Criterio de Selección	Criterio de Exclusión
Documentos donde la predicción de minería de datos se utilizan técnicas algorítmicas.	Artículos en los que no se incluyan los métodos utilizados o resultados detallados.
Documentos relacionados con eventos de catástrofes naturales.	Informes, tesis y publicaciones en sistemas de comunicación.
Investigación utilizando datos geoespaciales.	Artículos que utilizan bases de datos, pero no mencionan su origen.
Artículos con relevancia de datos de sistemas de comunicación.	Investigaciones por debajo del 2015.

Resultados

Realización de la Revisión

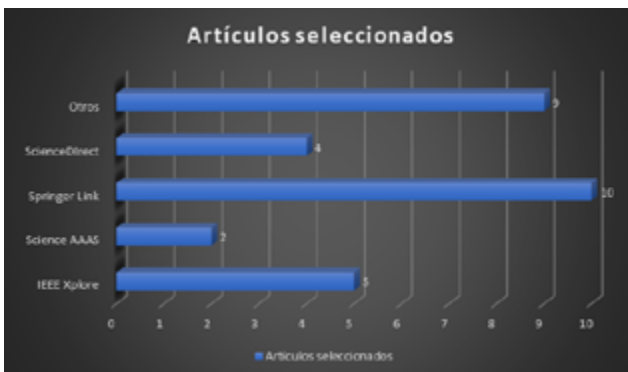
En esta fase se realizó la búsqueda y selección de todos aquellos artículos que cumplieran con los criterios de inclusión; los otros eran descartado debido a los criterios de exclusión. Para ello se realizó un análisis del contenido que se encuentra dentro de cada artículo. Al momento de realizar la búsqueda de información se encontraron 974923 artículos en la primera búsqueda; luego de eso, se decidió utilizar las palabras clave definidas en base a las preguntas de investigación planteado; tras realizar una segunda consulta combinando dos o más palabras clave, el resultado fueron 2415 artículos, ver figura 1.

Figura 1
Artículos encontrados



Estos resultados de la búsqueda fueron revisados aplicando los criterios de inclusión y exclusión respectivamente, por lo que, finalmente, se seleccionaron 30 artículos que cumplen con los criterios mencionados anteriormente (Figura. 2).

Figura 2
Selección de artículos



En la (Figura. 3) se puede observar la tendencia de los artículos relacionados con el objeto de estudio publicados entre 2015 y 2022, donde se destaca el aumento progresivo de publicaciones cada año relacionadas con temas como los desastres naturales (22), e incluso en eventos diarios como el flujo de tráfico o la tendencia de un tema específico dentro de los sistemas de comunicación (23).

Figura 3
Publicaciones a través del tiempo



Análisis

Esta fase verifica que cada documento seleccionado tenga relación con el tema propuesto y si estos responden a las preguntas de investigación previamente formuladas. Una vez revisados cuidadosamente los documentos seleccionados, la información se clasificó para responder las preguntas de investigación.

RQ1: ¿Qué estudios existen relacionados con eventos de desastres naturales reportados a través de sistemas de comunicación?

A partir de los artículos científicos recolectados, fue posible analizar que la recolección de datos utilizada en cada estudio fue variada, con base en sobre la evaluación de contenidos de sistemas de comunicación sobre desastre naturales, por ejemplo, Habdank et al. (2017), evaluó los enfoques de aprendizaje automático que evalúan la relevancia del contenido de los sistemas de comunicación durante emergencias. Considerando que, Basnyat et al. (2017), evaluó el impacto causado por las inundaciones a través de publicaciones de texto o imágenes. Dadas estas referencias, se puede decir que estos y todas las investigaciones que se han realizado con datos de sistemas de comunicación suelen ser las más utilizadas para obtener, verificar o clasificar los datos.

De esta forma, los documentos han sido categorizados en base al tipo de emergencia que presenta cada uno, por ejemplo, como expresado por Kim et al. (2018) estudio donde se utilizaron diversas publicaciones encontradas en un sistema de comunicación para

el reconocimiento y gestión de riesgos; Louati et al. (2021); explicó que incluso gestionar las áreas tienen una mayor incidencia de emergencia en ciertas zonas fronterizas utilizando datos geoespaciales como lo demostró Scarpone et al. (2020) 12.9 million COVID-19 cases have been reported worldwide. Prior studies have demonstrated that local socioeconomic and built environment characteristics may significantly contribute to viral transmission and incidence rates, thereby accounting for some of the spatial variation observed. Due to uncertainties, non-linearities, and multiple interaction effects observed in the associations between COVID-19 incidence and socioeconomic, infrastructural, and built environment characteristics, we present a structured multimethod approach for analysing cross-sectional incidence data within in an Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA; finalmente, es posible incluso reconocer y clasificar diferentes tipos de emergencias, que pueden ser desastres naturales, utilizando publicaciones en sistemas de comunicación o repositorios obtenidos explícitamente (P. Zhang et al., 2017). La tabla 2 resume el análisis realizado sobre cada uno de los artículos en correspondencia con los aspectos mencionados anteriormente.

Tabla 2.
Investigación sobre eventos de desastres naturales reportados a través de sistemas de comunicación.

Artículo	Descripción del problema	Tipo de emergencia	Base de Datos
Un análisis comparativo de la dispersión espacio-temporal patrones de noticias de emergencia (Si et al., 2020).	Encuentra patrones de información relacionados con un desastre específico de noticias.	Riesgo gestión	Springer
Un marco para la detección escalable de anomalías en tiempo real sobre flujos de datos geoespaciales voluminosos (Budgaga et al., 2017).	Detección, almacenamiento y análisis de anomalías en voluminosos flujos de datos distribuidos.	Emergencia aleatoria	Researchgate
Patrón de trayectoria espaciotemporal orientado a emergencias. Reconocimiento por Dispositivos de Sensores Inteligentes (P. Zhang et al., 2017).	Ruta de reconocimiento de patrones mediante el análisis de datos recopilados de dispositivos GPS y sensores inteligentes	Emergencia aleatoria	IEEE
Aprendizaje profundo y razonamiento basado en casos para la predicción y gestión adaptativa de emergencias de tráfico (Louati et al., 2021).	Detección de emergencias y predicción de eventos que pueden interrumpir flujo de tráfico.	Seguridad ciudadana	Springer
Gestión integrada de emergencias comunitarias y sistema de concientización: Un sistema de gestión del conocimiento para apoyo en caso de desastre (Dorasamy et al., 2017).	Integración en la comunidad de un sistema de ayuda y apoyo en tiempos de desastre.	Gestión de riesgo	ScienceDirect
Difusión de información de emergencia en las redes sociales en línea durante la tormenta Cindy en EE. UU. (Kim et al., 2018)	Clasificación de las distintas publicaciones publicadas en v diferentes redes sociales sobre una emergencia específica.	Gestión de riesgo	ScienceDirect

Hoax news-inspector: una predicción en tiempo real de noticias falsas usando la similitud de contenido sobre los resultados de búsqueda web para autenticar la credibilidad de los artículos periodísticos (Lopes et al., 2019).	Desarrollo de un sistema automatizado "Hoax-News Inspector" para la detección de noticias falsas difundidas por el web y redes sociales Texto.	Gestión de riesgo	Springer
Un enfoque multimétodo para geoespacial a escala de condado análisis de las enfermedades infecciosas emergentes: un análisis transversal estudio de caso de incidencia de COVID-19 en Alemania (Scarpone et al., 2020) 12.9 million COVID-19 cases have been reported worldwide. Prior studies have demonstrated that local socioeconomic and built environment characteristics may significantly contribute to viral transmission and incidence rates, thereby accounting for some of the spatial variation observed. Due to uncertainties, non-linearities, and multiple interaction effects observed in the associations between COVID-19 incidence and socioeconomic, infrastructural, and built environment characteristics, we present a structured multimethod approach for analysing cross-sectional incidence data within in an Exploratory Spatial Data Analysis (ESDA).	Evaluación de las asociaciones entre variables que describir patrones geográficos, factores de riesgo socioeconómicos, infraestructura y características de la construcción ambiente.	Gestión sanitaria	Springer

Evaluación de la relevancia de los tweets mediante Técnicas de aprendizaje (Habdank et al., 2017).	Evaluación de enfoques de aprendizaje automático para evaluar relevancia del contenido de las redes sociales durante emergencias.	Gestión de riesgo	IEEE
Una mejora de la estimación de la ubicación y el evento de desastre predicción usando densidad ESPACIO-temporal basada agrupamiento con GPS (Ravikumar & RajivKannan, 2020).	Predicción de eventos de emergencia o desastre usando GPS.	Gestión de riesgo	Springer
Un marco basado en redes sociales árabes para incidentes y monitoreo de eventos en ciudades inteligentes (Alkhatib et al., 2019).	Seguimiento de incidentes y eventos dentro de ciudades inteligentes con redes sociales.	Seguridad ciudadana	ScienceDirect
Análisis de textos e imágenes de redes sociales para evaluar la Impacto de las inundaciones repentinas en las ciudades (Ma & Fan, 2022).	Evaluación del impacto causado por inundaciones a través de texto o publicaciones de imagen.	Gestión de riesgo	ScienceDirect
Detección de eventos árabes en las redes sociales (Alsaedi & Burnap, 2015).	Gestión de un marco de detección novedoso para identificar eventos, con un enfoque perturbador utilizando datos de Twitter.	Emergencia aleatoria	Researchgate
Edge Computing para controles cooperativos en tiempo real Uso de Big Data Geoespacial (Higashino, 2017)	Gestión de la seguridad en los distritos mediante la estimación de la distribución de la población actualizada (en tiempo real) y creando movilidad peatonal en los distritos.	Seguridad ciudadana	Researchgate
Mejorar la reproducibilidad de los datos científicos geoespaciales flujos de trabajo: el uso de medios geosociales para facilitar respuesta al desastre (Cerutti et al., 2021).	Desarrollo de flujos de trabajo científicos reproducibles para respuesta a desastres de tres estudios publicados usando redes geosociales como fuente.	Gestión de riesgo	Science

RQ2: ¿Qué estudios utilizan técnicas de algoritmos de predicción?

Para dar respuesta a esta pregunta, se analizan las diferentes técnicas algorítmicas existentes dentro de cada uno de los documentos

seleccionados, fueron analizados, siendo los siguientes: algoritmos de regresión, métodos gaussianos y bayesianos, agrupamiento, árboles de decisión y redes neuronales, convirtiéndose en los más importantes y utilizado de todos los artículos analizados.

En consecuencia, se muestra que todas las metodologías se basan en su mayoría en la toma de decisiones, como la gestión de desastres a través de datos geoespaciales, siempre enfocados en los estudios de eventos de emergencia, buscando el bienestar de la población que se encuentra en una zona de riesgo o cerca de ella, y lo más importante es saber qué precauciones o medidas se deben tomar para minimizar el impacto que pueda recibir la población. La Tabla 3 presenta un resumen de los artículos analizados para dar respuesta a esta pregunta de investigación.

Tabla 3.
Técnicas utilizadas en la predicción de eventos de emergencia.

Artículo	Técnica algorítmica	Eficiencia	Base de Datos
Un marco para la detección escalable de anomalías en tiempo real sobre datos geoespaciales voluminosos (Budgaga et al., 2017)	Clustering	98.3%	Research-gate
Reconocimiento de patrones de trayectoria espaciotemporal orientados a emergencias mediante un sensor inteligente (P. Zhang et al., 2017).	Clustering	N/A	IEEE
Tendencias mundiales en la cartografía de emergencia basada en satélites (Voigt et al., 2016)scientists and disaster responders have increasingly used satellite-based Earth observations for global rapid assessment of disaster situations. We review global trends in satellite rapid response and emergency mapping from 2000 to 2014, analyzing more than 1000 incidents in which satellite monitoring was used for assessing major disaster situations. We provide a synthesis of spatial patterns and temporal trends in global satellite emergency mapping efforts and show that satellite-based emergency mapping is most intensively deployed in Asia and Europe and follows well the geographic, physical, and temporal distributions of global natural disasters. We present an outlook on the future use of Earth observation technology for disaster response and mitigation by putting past and current developments into context and perspective.”container-title:”Science”,”DOI”:”10.1126/science.aad8728”,”ISSN”:”0036-8075. 1095-9203”,”issue”:”6296”,”journalAbbreviation”:”Science”,”language”:”en”,”page”:”247-252”,”source”:”DOI.org (Crossref.	Clustering	N/A	Science
Aprendizaje profundo y razonamiento basado en casos para emergencias de tránsito predictivas y adaptativas (Louati et al., 2021).	Redes neuronales	N/A	Springer

Evaluación rápida de los daños causados por desastres utilizando la actividad de las redes sociales (Kryvasheyu et al., 2016) facilitating its rapid assessment.\n \n Could social media data aid in disaster response and damage assessment? Countries face both an increasing frequency and an increasing intensity of natural disasters resulting from climate change. During such events, citizens turn to social media platforms for disaster-related communication and information. Social media improves situational awareness, facilitates dissemination of emergency information, enables early warning systems, and helps coordinate relief efforts. In addition, the spatiotemporal distribution of disaster-related messages helps with the real-time monitoring and assessment of the disaster itself. We present a multiscale analysis of Twitter activity before, during, and after Hurricane Sandy. We examine the online response of 50 metropolitan areas of the United States and find a strong relationship between proximity to Sandy’s path and hurricane-related social media activity. We show that real and perceived threats, together with physical disaster effects, are directly observable through the intensity and composition of Twitter’s message stream. We demonstrate that per-capita Twitter activity strongly correlates with the per-capita economic damage inflicted by the hurricane. We verify our findings for a wide range of disasters and suggest that massive online social networks can be used for rapid assessment of damage caused by a large-scale disaster.”container-title:”Science Advances”,”DOI”:”10.1126/sciadv.1500779”,”ISSN”:”2375-2548”,”issue”:”3”,”journalAbbreviation”:”Sci. Adv.”,”language”:”en”,”page”:”e1500779”,”source”:”DOI.org (Crossref.	Clustering	N/A	Science
Redes Sociales: Nuevas Perspectivas para Mejorar la Teledetección para la Respuesta a Emergencias (Li et al., 2017).	Regresión	N/A	IEEE
Un servicio de información geoespacial basado en eventos geográficos: un estudio de caso de peligro de tifón Hazard (Y. Zhang et al., 2017)	Bayes	82%	Researchgate
Detección de comunidad geolocalizada en Twitter con optimización acelerada mejorada de modularidad: el caso de estudio del tifón Haiyan (Bakillah et al., 2015)	Clustering	N/A	Researchgate
Mejorando la reproducibilidad de los flujos de trabajo científicos geoespaciales: el uso de medios geoespaciales para facilitar la respuesta a desastres (Cerutti et al., 2021).	Clustering	N/A	Science
Modelado de eventos de emergencia 911 en Cuenca-Ecuador utilizando datos geoespaciales (Robles et al., 2019).	Clustering	90%	Springer
¿Dónde ocurrirá el próximo evento de emergencia? Predicción de la demanda de ambulancias en emergencias servicios médicos utilizando inteligencia artificial (Grekousis & Liu, 2019).	Redes neuronales	85%	ScienceDirect
Una mejora de la estimación de la ubicación y la predicción de eventos de desastre utilizando la densidad basada Clustering ESPACIO-temporal con GPS (Ravikumar & RajivKannan, 2020).	Clustering	80%	Springer
Un marco basado en redes sociales árabes para el monitoreo de incidentes y eventos en ciudades inteligentes (Alkhatib et al., 2019).	Redes neuronales	96%	ScienceDirect
Detección de tormentas y desastres por anegamiento en base a datos de microblogging y la modelo de problema de ubicación y enrutamiento de la logística de emergencia (Wu et al., 2020)	Bayes	N/A	Springer
Edge Computing para controles cooperativos en tiempo real utilizando Big Data geoespacial shino, 2017)	Bayes	83%	Researchgate

Discusión

La observación de la Tierra desvela perturbaciones ambientales que, en algunas ocasiones, evidencian la proximidad de un fenómeno meteorológico extremo u otro tipo de contratiempos especialmente perniciosos para el entorno y población circundantes. En estos casos, resulta imprescindible disponer de la mayor información posible en tiempo real, de forma que puedan adoptarse las decisiones oportunas en aras de emprender perentoriamente los protocolos de actuación, encaminados a la aplicación de los mecanismos de advertencia a la población afectada, reduciéndose los posibles daños colaterales. Los sistemas de alerta temprana son reconocidos mundialmente como elementos esenciales en la reducción efectiva de riesgos ante contingencias; en lo que respecta a la predicción de fenómenos meteorológicos y geológicos extremos, los satélites desempeñan un papel preponderante. Entre las tecnologías más punteras en la detección de los fenómenos meteorológicos frecuentes en Centroamérica sobresalen:

Huracanes: el radar meteorológico comprende la tecnología más moderna e idónea para el seguimiento de los huracanes, tanto en lo que se refiere a lluvias intensas, directas o indirectas, como en lo referente a vientos severos. El radar meteorológico constituye una tecnología de observación y estimación a distancia, con un alcance en torno a los 500 kilómetros; suele instalarse en un emplazamiento intermedio entre la tecnología de detección por satélite y las mediciones automatizadas de lluvia y caudales hidrológicos. Desgraciadamente, aún no ha sido posible dotar a los Servicios Meteorológicos Centroamericanos con tecnología de radar (Organización Panamericana de la Salud, 2019).

Erupciones volcánicas: la Agencia Espacial Europea (ESA) lanzó en marzo de 2002 el satélite Envisat, con capacidad para detectar abombamientos del terreno inferiores al milímetro; adicionalmente, localiza la presencia de gases como el dióxido de azufre, síntoma inequívoco de una erupción inminente. Sin embargo, el satélite Envisat, ideado para analizar

todos los puntos de la Tierra, invierte quince días en pasar por el mismo punto, en la mayoría de las ocasiones insuficiente desde una expectativa previsoras (Lao Li & Takakuwa, 2017). De ahí que la mayoría de los países centroamericanos expuestos a erupciones volcánicas complementen los datos proporcionados por el satélite Envisat con labores de campo, como la instalación de cámaras web para monitorización visual de los volcanes, entre otras alternativas.

Movimientos sísmicos e incendios forestales: la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) inauguró en 2005, en el marco del proyecto denominado Sistema Regional Mesoamericano de Visualización y Observación, un sistema de observación climática en el Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe (CATHALAC) (María et al., 2015), en la antigua base militar estadounidense Clayton, a orillas del canal de Panamá, cuya finalidad es detectar tormentas tropicales, movimientos sísmicos e incendios forestales en México y Centroamérica. El centro recolecta, archiva, procesa y distribuye la información procedente del nodo principal, emplazado en el Marshall Space Flight Center de la NASA (Alabama). Científicos, ingenieros y otros profesionales disponen gratuitamente de la información capturada por los satélites, a través de un conjunto de herramientas software, publicadas en un portal web (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 2013).

es imprescindible un conocimiento global, que pueda dar idea de las cuestiones que afectan a toda la Tierra, como el cambio climático o el agujero de la capa de ozono, y un conocimiento local o regional que permita determinar, por ejemplo, la contaminación de una zona urbana, detectar la presencia de incendios o avisar en caso del acercamiento de un huracán.

Las redes de sensores y estaciones de medición en tierra, apoyadas por las imágenes de los satélites proporcionan información valiosa para este conocimiento, aunque aún existen deficiencias en el alcance de las mediciones, que no abarcan igualmente a todas las zonas del planeta.

Las TICs facilitan la conexión necesaria entre los sensores remotos u otros dispositivos de vigilancia u observación del medio y los centros de recogida y análisis de la información para colocar a disposición de sus posibles usuarios, en muchos casos vía Internet, tanto para su análisis científico o político, como para uso por ciudadanos particulares, la información necesaria para ejercer así su derecho a conocer la situación medioambiental.

En este contexto se recomienda tener en cuenta que el tiempo digital es diferente al mediático, por lo cual ambos deben constituir elementos seguros y confiables. En este caso, las primeras informaciones del terremoto provinieron de redes sociales, Twitter a la cabeza, que se convirtió en la principal fuente de información con fotos, videos y testimonios de personas que vivieron de cerca el evento, y que provocaban reacciones inmediatas en quienes, por encontrarse en lugares alejados desconocían la magnitud de lo que había sucedido.

Facebook también tuvo una reacción temprana con la activación de su botón Safety Check, que anteriormente se utilizó en Japón para informar sobre las víctimas. La Tv fue la gran ausente en los minutos e incluso horas inmediatas al hecho, se sumó después a la cobertura, utilizando imágenes provenientes de redes sociales, posteriormente movilizaron sus equipos para obtener información desde los lugares más afectados, pero la primera impresión del hecho la dio Twitter y posteriormente, con la creación de hashtags como: #DesaparecidosEC, #EcontradosEC, para la ubicación de las víctimas, amplió el impacto de las informaciones que se emitían a través de la red social.

Aunque muchos desastres naturales dañan las infraestructuras terrestres de telecomunicaciones y dejan a las zonas afectadas incomunicadas en los primeros momentos, las tecnologías inalámbricas permiten garantizar las comunicaciones entre los servicios de emergencia que desarrollen labores de rescate.

Los sistemas vía satélite son un claro ejemplo de tecnologías que permiten la

comunicación sobre todo en los momentos posteriores al desastre, que son los más críticos, o en zonas donde falta o no existe electricidad.

Recientemente, el uso de sensores ciudadanos (personas que generan y comparten datos reales a través de las redes sociales) para detectar y difundir eventos de emergencia en el tiempo real ha mostrado un aumento considerable (Parraga-Alava et al., 2021) y ha facilitado el aseguramiento de grandes cantidades de datos, pero atención, no toda la información es válida ya que en ocasiones la información obtenida no está relacionada con el objetivo de la búsqueda (Varshney & Vishwakarma, 2021).

La tecnología del pronóstico y conocimiento de las amenazas naturales no tiene precedentes, y a pesar de ello la reducción del riesgo retrocede inexorablemente. De hecho, según datos facilitados por las Naciones Unidas, se estima que para 2050 las pérdidas económicas derivadas de los desastres naturales ascenderán a 300.000 millones de dólares, con un balance de 100.000 víctimas mortales anuales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2016).

Conclusiones

Esta revisión sistemática de la literatura concluyó con 30 artículos relevantes; se demuestra que la investigación en este campo es aumentando con el tiempo. Investigación que corrobora la necesidad latente de optimizar la gestión y asignación de recursos antes, durante y después de que haya ocurrido un evento relacionado con desastres naturales mediante el uso de información de diferentes sistemas de comunicación. Durante esta investigación, se observó que la mayoría de los estudios utilizan información de las redes sociales; las fuentes primarias son plataformas como Twitter y Facebook. Esta distribución puede deberse a la finalidad y uso que se le da a cada uno de estos sistemas de comunicación, considerando que Twitter se dedican mayoritariamente a la publicación de noticias.

Cabe señalar que, de las investigaciones revisadas para la asignación óptima de recursos, la mayoría utiliza algoritmos basados en técnicas de clustering. Esto podría deberse a que este tipo de algoritmos permite la asignación óptima de recursos a diferentes sectores, considerando las distancias entre los recursos asignables y las diferentes zonas y en el caso de predicciones, los algoritmos con mayor precisión están dados por redes neuronales que extraen datos de información pasada y son se utiliza para extrapolar y predecir el comportamiento futuro, en este caso prediciendo el comportamiento de diferentes emergencias dentro de un área.

Referencias Bibliográficas

- Alkhatib, M., El Barachi, M., & Shaalan, K. (2019). An Arabic social media-based framework for incidents and events monitoring in smart cities. *Journal of Cleaner Production*, 220, 771-785. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.063>
- Alsaedi, N., & Burnap, P. (2015). Arabic Event Detection in social media. En A. Gelbukh (Ed.), *Computational Linguistics and Intelligent Text Processing* (Vol. 9041, pp. 384-401). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-18111-0_29
- Bakillah, M., Li, R.-Y., & Liang, S. H. L. (2015). Geo-located community detection in Twitter with enhanced fast-greedy optimization of modularity: The case study of typhoon Haiyan. *International Journal of Geographical Information Science*, 29(2), 258-279. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.964247>
- Basnyat, B., Anam, A., Singh, N., Gangopadhyay, A., & Roy, N. (2017). Analyzing Social Media Texts and Images to Assess the Impact of Flash Floods in Cities. *2017 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/SMARTCOMP.2017.7946987>
- Bernabé, Correón, Cerca, Culqui, González, Gutiérrez, Herrera, & Padilla. (2015). *Gestión de Riesgo en el Ecuador*. 1, 1-217. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4092.5845>
- Budgaga, W., Malensek, M., Lee Pallickara, S., & Pallickara, S. (2017). A framework for scalable real-time anomaly detection over voluminous, geospatial data streams: Scalable Anomaly Detection over Voluminous Geospatial Data Streams. *Concurrency and Computation: Practice and Experience*, 29(12), e4106. <https://doi.org/10.1002/cpe.4106>
- Cerutti, V., Bellman, C., Both, A., Duckham, M., Jenny, B., Lemmens, R. L. G., & Ostermann, F. O. (2021). Improving the reproducibility of geospatial scientific workflows: The use of geosocial media in facilitating disaster response. *Journal of Spatial Science*, 66(3), 383-400. <https://doi.org/10.1080/14498596.2019.1654944>
- Demoraes. (2003). *Amenazas, vulnerabilidad, capacidades y riesgo en el Ecuador: Los desastres, un reto para el desarrollo*. http://biblioteca.uazuay.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=54459
- Dorasamy, M., Raman, M., & Kaliannan, M. (2017). Integrated community emergency management and awareness system: A knowledge management system for disaster support. *Technological Forecasting and Social Change*, 121, 139-167. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.03.017>
- Goswami, A., & Kumar, A. (2016). A survey of event detection techniques in online social networks. *Social Network Analysis and Mining*, 6(1), 107. <https://doi.org/10.1007/s13278-016-0414-1>
- Grekosusis, G., & Liu, Y. (2019). Where will the next emergency event occur? Predicting ambulance demand in emergency medical services using artificial intelligence. *Computers, Environment and Urban Systems*, 76,

- 110-122. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.04.006>
- Habdank, M., Rodehutsors, N., & Koch, R. (2017). Relevancy assessment of tweets using supervised learning techniques: Mining emergency related tweets for automated relevancy classification. *2017 4th International Conference on Information and Communication Technologies for Disaster Management (ICT-DM)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/ICT-DM.2017.8275670>
- Higashino, T. (2017). Edge Computing for Cooperative Real-Time Controls Using Geospatial Big Data. En C.-M. Kyung, H. Yasuura, Y. Liu, & Y.-L. Lin (Eds.), *Smart Sensors and Systems* (pp. 441-466). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33201-7_16
- Kim, J., Bae, J., & Hastak, M. (2018). Emergency information diffusion on online social media during storm Cindy in U.S. *International Journal of Information Management*, 40, 153-165. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.02.003>
- Kryvasheyev, Y., Chen, H., Obradovich, N., Moro, E., Van Hentenryck, P., Fowler, J., & Cebrian, M. (2016). Rapid assessment of disaster damage using social media activity. *Science Advances*, 2(3), e1500779. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1500779>
- Lao Li, & Takakuwa. (2017). *Análisis de confiabilidad y validez de un instrumento de medición de la sociedad del conocimiento y su dependencia en las tecnologías de la información y comunicación*. 2, 74.
- Li, J., He, Z., Plaza, J., Li, S., Chen, J., Wu, H., Wang, Y., & Liu, Y. (2017). Social Media: New Perspectives to Improve Remote Sensing for Emergency Response. *Proceedings of the IEEE*, 105(10), 1900-1912. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2017.2684460>
- Lopes, I. M., Guarda, T., & Oliveira, P. (2019). How ISO 27001 Can Help Achieve GDPR Compliance. *2019 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1-6. <https://doi.org/10.23919/CISTI.2019.8760937>
- Louati, A., Louati, H., & Li, Z. (2021). Deep learning and case-based reasoning for predictive and adaptive traffic emergency management. *The Journal of Supercomputing*, 77(5), 4389-4418. <https://doi.org/10.1007/s11227-020-03435-3>
- Ma, X., & Fan, X. (2022). A review of the studies on social media images from the perspective of information interaction. *Data and Information Management*, 6(1), 100004. <https://doi.org/10.1016/j.dim.2022.100004>
- María, Gómez, Roque, Blanca, & Garcés. (2015). *El proceso de comunicación mediado por las tecnologías de la información. Ventajas y desventajas en diferentes esferas de la vida social*. 13(4), 481-493.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. (2013). *La comunicación en tiempos de riesgos y de cambio climático*. 53(9), 1689-1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Ed.). (2016). *En tierra segura. Desastres naturales y tendencia de la tierra*. <http://www.fao.org/3/i1255b/i1255b02.pdf>
- Organización Panamericana de la Salud (Ed.). (2019). *Centro en conocimientos en salud pública y desastres*. http://saludydesastres.info/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=126&lang=es
- Parraga-Alava, J., Alcivar-Cevallos, R., Vaca-Cardenas, L., & Meza, J. (2021). UrbangEnCy: An emergency events dataset based on citizen sensors for monitoring urban scenarios in Ecuador. *Data in Brief*, 34, 106693. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106693>
- Porter, & Schwab. (2008). *The Global Competitiveness Report 2008-2009*.

- Ravikumar, K., & RajivKannan, A. (2020). An enhancement of location estimation and disaster event prediction using density based SPATIO-temporal clustering with GPS. *Multimedia Tools and Applications*, 79(5-6), 3929-3941. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-7583-7>
- Robles, P., Tello, A., Zúñiga-Prieto, M., & Solano-Quinde, L. (2019). Modeling 911 Emergency Events in Cuenca-Ecuador Using Geo-Spatial Data. En M. Botto-Tobar, G. Pizarro, M. Zúñiga-Prieto, M. D'Armas, & M. Zúñiga Sánchez (Eds.), *Technology Trends* (Vol. 895, pp. 564-577). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05532-5_43
- Scarpone, C., Brinkmann, S. T., Große, T., Sonnenwald, D., Fuchs, M., & Walker, B. B. (2020). A multimethod approach for county-scale geospatial analysis of emerging infectious diseases: A cross-sectional case study of COVID-19 incidence in Germany. *International Journal of Health Geographics*, 19(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s12942-020-00225-1>
- Scheuren, le Polain, Below, Guha-Sapir, & Ponserre. (2008). *Annual disaster statistical review: Numbers and trends 2007*. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED, United Nations International Strategy for Disaster Reduction Secretariat.
- Si, M., Cui, L., Guo, W., Li, Q., Liu, L., Lu, X., & Lu, X. (2020). A comparative analysis for spatio-temporal spreading patterns of emergency news. *Scientific Reports*, 10(1), 19472. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-76162-7>
- SNGR. (2016). *Informe de situación No. 1 (16/04/2016) 22h30 Terremoto 7.8 ° Muisne (N.º 3; pp. 4-7)*. <http://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/04/Informe-de-Situación-1-22h303.pdf>
- Varshney, D., & Vishwakarma, D. K. (2021). Hoax news-inspector: A real-time prediction of fake news using content resemblance over web search results for authenticating the credibility of news articles. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12(9), 8961-8974. <https://doi.org/10.1007/s12652-020-02698-1>
- Voigt, S., Giulio-Tonolo, F., Lyons, J., Kučera, J., Jones, B., Schneiderhan, T., Platzeck, G., Kaku, K., Hazarika, M. K., Czarán, L., Li, S., Pedersen, W., James, G. K., Proy, C., Muthike, D. M., Bequignon, J., & Guha-Sapir, D. (2016). Global trends in satellite-based emergency mapping. *Science*, 353(6296), 247-252. <https://doi.org/10.1126/science.aad8728>
- Wu, X., Cao, Y., Xiao, Y., & Guo, J. (2020). Finding of urban rainstorm and waterlogging disasters based on microblogging data and the location-routing problem model of urban emergency logistics. *Annals of Operations Research*, 290(1-2), 865-896. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2904-1>
- Zhang, P., Deng, Q., Liu, X., Yang, R., & Zhang, H. (2017). Emergency-Oriented Spatiotemporal Trajectory Pattern Recognition by Intelligent Sensor Devices. *IEEE Access*, 5, 3687-3697. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2678471>
- Zhang, Y., Wu, W., Wang, Q., & Su, F. (2017). A Geo-Event-Based Geospatial Information Service: A Case Study of Typhoon Hazard. *Sustainability*, 9(4), 534. <https://doi.org/10.3390/su9040534>