

Combinación de simulacro de evacuación escolar con simulación de inundación por tsunami: consenso entre los expertos en desastres y los ciudadanos sobre una estrategia de evacuación

Autores: Genta Nakano^a, Katsuya Yamori^a, Takuya Miyashita^a, Luisa Urra^b, Erick Mas^b y Shunichi Koshimura^b

^a Universidad de Kyoto, Instituto de Investigación para la Prevención de Desastres, Japón

^b Universidad de Tohoku, Instituto Internacional de Investigaciones sobre Ciencias de los Desastres, Japón

Artículo recibido el 30 de abril de 2020, revisado el 1 de agosto de 2020, aceptado el 5 de agosto de 2020, disponible en línea desde el 15 de agosto de 2020 en *ScienceDirect*: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420920313054?via%3Dihub>

Resumen

Este artículo tiene como objetivo presentar una metodología eficaz para comunicar un escenario de riesgo por tsunami basado en la ciencia a ciudadanos a través del consenso entre personas expertas en desastres y no expertas, con la ayuda de cápsulas audiovisuales en cuatro pantallas divididas que representan escenarios de evacuación. Mediante las actividades de investigación educativa sobre tsunamis en Zihuatanejo, México, se encontró que la percepción de tsunamis como eventos catastróficos junto con la naturaleza unidireccional de la comunicación de riesgos resultó en inacción por parte de las personas no especializadas en preparación ante desastres, contrariamente a las expectativas de los expertos. En otras palabras, los no expertos creían que no podrían hacer frente a un desastre de tsunami y percibieron que por sí mismos no podían afectar el escenario de riesgo de tsunami que les comunicaron los expertos. En respuesta, se desarrollaron cápsulas audiovisuales que mostraban simultáneamente un simulacro de evacuación escolar y una simulación de inundación por tsunami. Estas cápsulas audiovisuales están destinadas a servir como una herramienta para establecer una estrategia de evacuación escolar ante tsunamis, al promover la creación de consenso entre personas expertas y no expertas sobre el escenario de riesgo, ayudando así a cambiar la percepción de un tsunami, como un evento catastrófico que no puede ser manejado por no expertos hasta una percepción más realista en la que los no expertos pueden verdaderamente ayudar a participar mediante sus propias actividades de preparación ante el riesgo de tsunamis. Las cápsulas audiovisuales se utilizaron en un taller en el que fueron incluidos el sector académico, gobiernos locales y personal docente, con el objetivo de establecer estrategias de evacuación basadas en escenarios y promover la implementación proactiva de actividades de preparación por parte de docentes no expertos. Este estudio contribuirá a establecer un esquema de aplicación de conocimiento científico a la solución de problemas sociales.

Palabras clave

Evacuación por tsunami
Práctica interdisciplinaria
Comunicación del riesgo
Consenso
Relación entre persona experta y no experta

1. Introducción

Se considera ampliamente que la comunicación de conocimientos relacionados con desastres basados en evidencias aumenta la percepción de riesgo de las personas, lo que las lleva a tomar medidas de preparación proactivas y responder de manera adecuada durante los desastres de origen natural [1], [2], [3], [4], [5], [6]]. En este contexto, una de las funciones importantes de la investigación es comunicar el conocimiento científico relacionado con los desastres, para facilitar las acciones de reducción de riesgos y prevenir la pérdida de vidas. La agenda internacional del Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres [7] también pide que la academia aplique el conocimiento científico sobre desastres para apoyar la toma de decisiones para la reducción del riesgo. En el marco de la Hoja de Ruta de Ciencia y Tecnología [8], el mundo académico y otras partes interesadas acordaron apoyar la aplicación del Marco de Sendai para promover la colaboración científica interdisciplinaria y las asociaciones de múltiples partes interesadas entre investigadores, responsables de la formulación de políticas, comunidades y el sector educativo, para que el conocimiento científico sea accesible para la sociedad. Por lo tanto, un método para comunicar el conocimiento científico, particularmente cómo comunicar la incertidumbre y la probabilidad de desastres de origen natural de baja frecuencia es un área de interés para investigadores y profesionales [[9], [10], [11]].

Sin embargo, la comunicación de los riesgos no siempre lleva a que las personas tomen medidas en la reducción de riesgos y adopten un comportamiento de evacuación adecuado, contrario al marco de acción de percepción proactiva. Esto se ha denominado la “paradoja de la percepción del riesgo” [12]. Por ejemplo, en un estudio de comunidades que viven cerca de un volcán activo en Nueva Zelanda, las personas expertas comunicaron el alto riesgo de desastre de una potencial erupción de baja probabilidad, y las no expertas reconocieron las posibles consecuencias perturbadoras de una erupción, pero a pesar de ello estaban dispuestos a vivir en la zona para disfrutar de su belleza escénica [13]. Se ha confirmado que la educación sobre desastres provocados por tsunamis es eficaz para mejorar la percepción del riesgo de tsunamis. Un estudio realizado en el puerto de Acapulco, Guerrero, en México, demostró que los estudiantes de secundaria estaban más interesados en adquirir información que en aprender acciones apropiadas para proteger sus vidas, lo que también implica un eslabón perdido entre la percepción de riesgo y la toma de acciones proactivas [14]. Wechinger *et al.* [12] analizan los factores del eslabón perdido a partir de una revisión de 35 artículos sobre percepción del riesgo relacionado con diferentes desastres de origen natural. Como resultado, se identificaron tres factores: primero, las personas

eligen aceptar el riesgo porque los beneficios de vivir en un área propensa a desastres de origen natural son mayores que el riesgo; en segundo lugar, los individuos reconocen el riesgo, pero la adopción de medidas para enfrentarlo se considera responsabilidad de agencias gubernamentales o de personas expertas; tercero, las personas reconocen el riesgo, pero no pueden reubicarse porque tienen recursos limitados.

El siguiente es un ejemplo de cómo una mayor percepción del riesgo puede ser un impedimento para que las personas tomen medidas. La Oficina del Gabinete de Japón presentó la actualización del peor escenario para los mega sismos de Nankai en 2012 [47]. La predicción advirtió que se podría observar un tsunami de 10 m de altura en 23 municipios y de 34 m de altura en la ciudad de Kuroshio, prefectura de Kochi, Japón; el total de muertes podría llegar a 323,000 personas. Mediante un estudio de campo intensivo, Sun *et al.* [15] identificaron tres tipos de actitudes negativas en la gente en Kuroshio, que surgen del peor escenario catastrófico. Cuando eran “demasiado pesimistas”, la gente pensaba que cualquier preparación para el riesgo de tsunami no tenía sentido. Cuando eran “demasiado optimistas”, la gente no creía que pudiera ocurrir un tsunami tan grande. Cuando eran “demasiado dependientes”, la gente pensaba que sólo las personas expertas en desastres podían lidiar con el tsunami y las no expertas, como los ciudadanos comunes, sólo podían depender de las expertas. Como resultado de estas actitudes, las no expertas en Kuroshio se mostraron reacios a participar en preparativos ante el riesgo de tsunamis, como desarrollar estrategias de evacuación, asistir a simulacros de evacuación por tsunamis y preparar alimentos y suministros de emergencia (por ejemplo, véanse Refs. [[15], [16], [17], [18]]. Estas actitudes negativas implicaron que, a pesar de tener una mayor percepción del riesgo de tsunami, las personas no expertas no creían que pudieran hacer frente a un desastre de tsunami y percibían que, como no expertas, no podían cambiar el escenario del tsunami.

Como se ve en el ejemplo anterior, el marco de acción proactiva de percepción de riesgo no necesariamente funciona como se esperaba, y la comunicación de riesgos de personas expertas a no expertas conlleva la posibilidad de desincentivar a las personas para prepararse ante los desastres de origen natural. Entonces, ¿cómo se puede cerrar esta brecha entre la percepción del riesgo y la acción? Estudios anteriores indican que la brecha es el resultado de la falta de confianza entre la ciudadanía no experta, expertos científicos e instituciones gubernamentales. Basado en una revisión intensiva de la literatura de artículos en su mayoría europeos, Wachinger [12] concluyó que la desconfianza es el factor clave para crear la brecha, más que otros factores culturales e individuales. Así, se sugirió la participación de ciudadanía no experta en el proceso de evaluación de riesgos. Brofman *et al.* [19] realizaron una encuesta a 2054 ciudadanos que viven con el riesgo de desastres de origen natural, incluidos sismos y tsunamis, en Chile, y encontraron que la desconfianza en el gobierno impedía la preparación. Por lo tanto, se sugiere generar confianza con las autoridades gubernamentales y la comunidad científica, como un papel relevante en la comunicación del riesgo, para promover la preparación entre los ciudadanos. Basado en experiencias en Japón, Yamori [20] también sugiere que la clave para generar una actitud más proactiva entre

las personas no expertas es un proceso de consenso en el que personal experto y no experto mantengan un diálogo mutuo con el fin de comprender el escenario de riesgo presentado por el personal experto y llegar a un consenso sobre la idea, que la preparación para el riesgo de tsunamis puede modificar el escenario de riesgo y reducir los daños en caso de un desastre real. Por lo tanto, al generar confianza y llegar a un consenso entre la ciudadanía no experta, personas expertas en desastres e instituciones gubernamentales, las actitudes de las personas no expertas pueden modificarse positivamente de manera que las personas implementen preparativos ante el riesgo de tsunamis.

Este estudio describe un proceso de consenso mutuo entre personas expertas y no expertas para establecer una estrategia de evacuación escolar por tsunami a través de la educación sobre tsunamis, simulacros de evacuación y talleres en Zihuatanejo de Azueta, Guerrero, México. El término “expertos” en la siguiente discusión se refiere a los autores del ámbito académico y personal de Protección Civil del gobierno local. “No expertos” se refiere a ciudadanos, estudiantado y docentes. Primero, el artículo presenta la actividad de investigación sobre la educación en materia de tsunamis proporcionada por el primer autor a un total de 10,031 estudiantes, docentes y ciudadanos de Zihuatanejo, durante 291 días.

En segundo lugar, las prácticas educativas identificaron los siguientes tres problemas principales que resultan en una reducción de la preparación para el riesgo de tsunamis. El primer problema fue la fuerte percepción de los tsunamis como eventos catastróficos que tenía la ciudadanía de Zihuatanejo, similar a los de Kuroshio, que los hacía sentir impotentes, además de percibir que los simulacros de preparación y evacuación para tsunamis eran inútiles. En otras palabras, los ciudadanos pensaron que no podían hacer frente a un tsunami. El segundo problema fue la estructura de educación unidireccional, en la que las personas expertas comunican el conocimiento a las no expertas, lo que resulta en la falta de consenso entre las partes interesadas, lo que genera un efecto negativo combinado con la percepción negativa de tsunamis. El tercer problema fue la falta de conocimientos básicos sobre sismos y tsunamis, que estaba relacionado con la historia del área de estudio.

En tercer lugar, se describen el desarrollo y la aplicación de cápsulas audiovisuales de ejercicios de evacuación mediante el uso de una pantalla dividida en cuatro partes. Las cápsulas audiovisuales están incrustadas en el artículo como videos reproducibles. Esta herramienta muestra el comportamiento de evacuación y la simulación de inundación por tsunami simultáneamente, lo que comunica el escenario de riesgo de las personas expertas basado en simulaciones de inundación por tsunami integradas con la perspectiva no experta de los docentes de la escuela local a partir del simulacro de evacuación de la escuela. La herramienta tiene como objetivo establecer una estrategia de evacuación de tsunamis escolares mediante la promoción de consensos entre las personas expertas y no expertas sobre el escenario de riesgo, ayudando así a cambiar la percepción de un tsunami como evento catastrófico que sólo las personas expertas pueden abordar hacia una percepción realista de que las no

expertas también pueden ayudar a través de sus propias acciones de preparación ante el riesgo de tsunamis.

El estudio demuestra que un proceso de consenso entre personas expertas y no expertas puede promover una actitud proactiva entre las no expertas, llevándolas a implementar actividades de preparación ante riesgos. Además, nuestras observaciones contribuirán a establecer un mecanismo de aplicación social del conocimiento científico.

2. Investigación-acción en Zihuatanejo

El municipio de Zihuatanejo de Azueta está ubicado en el noroeste del estado de Guerrero, México (punto en el mapa superior derecho de la Fig. 1). El municipio tiene una población de alrededor de 125,000 [21] personas. El área consta de una zona urbana en el suroeste, frente al océano Pacífico, y una zona montañosa rural en el noreste. La figura 1 muestra un mapa ampliado de la zona urbana de Zihuatanejo, que en adelante se denominará Zihuatanejo. Toda la infraestructura importante, como escuelas, bancos, mercados municipales, hospitales y hoteles se concentra en las tierras bajas a menos de 5 m sobre el nivel del mar. Guerrero, incluido Zihuatanejo, podría verse afectado por sismos y tsunamis porque la zona de subducción a lo largo de su costa tiene una sección que no ha liberado una deformación que corresponde a un sismo de magnitud 7.0 o superior durante más de 100 años, lo que se conoce como la Brecha Sísmica de Guerrero [22]. Por lo tanto, el riesgo de sismo y tsunami es alto.

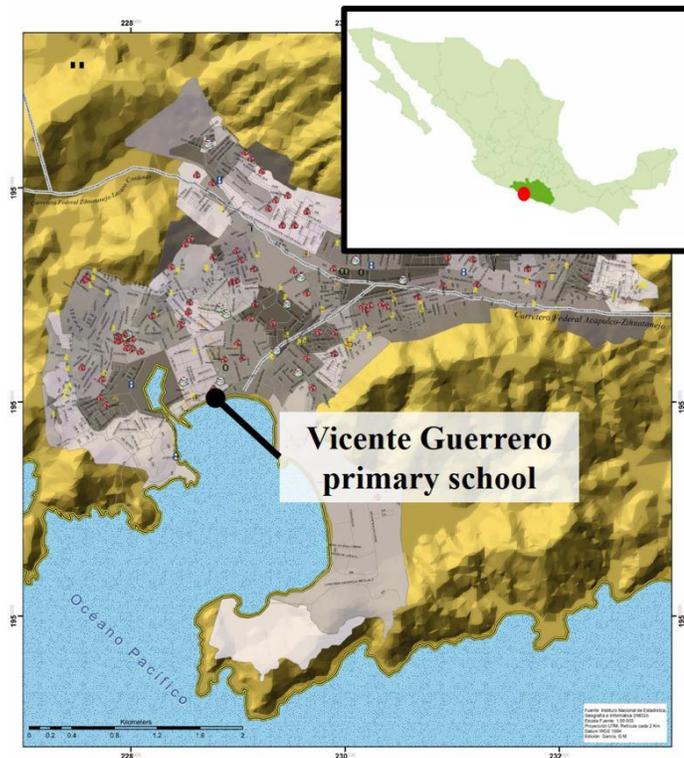


Fig. 1. Ubicación del área de estudio

En la investigación-acción, los investigadores colaboran con los lugareños para abordar los problemas. Por lo tanto, la intervención de los investigadores en el campo y la intención de ayudar a la localidad objetivo son parte integral de la filosofía de la investigación-acción (por ejemplo, Ref. [23], [24]). La intervención educativa sobre tsunamis del primer autor en Zihuatanejo comenzó en septiembre de 2016 como parte del proyecto “Evaluación de peligros de grandes sismos y tsunamis en la costa del Pacífico mexicano para la mitigación de desastres”, lanzado conjuntamente por Japón, a través de la Universidad de Kyoto, y por México con la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred). El primer autor discutió problemas actuales en Zihuatanejo con el personal de Protección Civil y acordaron trabajar juntos en la educación sobre tsunamis y simulacros de evacuación en las escuelas.

El primer autor planificó y llevó a cabo actividades educativas sobre tsunamis en las escuelas, en colaboración con el personal de Protección Civil, durante un total de 291 días en Zihuatanejo, entre septiembre de 2016 y noviembre de 2019. La educación sobre tsunamis, incluidos simulacros de evacuación, se llevó a cabo 82 veces en tres jardines infantiles, cinco escuelas primarias, cuatro escuelas secundarias y tres comunidades, llegando a 6625 estudiantes, 446 docentes y 2960 personas adultas. Se utilizó una variedad de contenidos educativos, tales como charlas sobre el mecanismo de generación de tsunamis y conocimiento sobre preparación, talleres para identificar rutas de evacuación y preparación de mapas con el estudiantado, simulacros de evacuación por sismos y tsunamis, se compartieron experiencias de sismos y tsunamis en Zihuatanejo, se desarrolló un juego de cartas culturalmente adaptado, se impartió educación sobre la ciencia de los sismos utilizando registros de ondas captadas por un sismómetro, se estableció un comité estudiantil de protección civil y un equipo comunitario para el manejo de desastres.

Aquí nos enfocamos en la escuela primaria Vicente Guerrero (Fig. 1), que tiene aproximadamente 400 estudiantes y está ubicada en medio de la planicie de Zihuatanejo, a sólo 30 m de la costa de la bahía. La escuela consta de un par de edificios de dos niveles. El plan de evacuación de la escuela prevé recorrer una distancia de al menos 1 km para llegar a terrenos elevados. La serie de actividades educativas y simulacros sobre desastres ocasionados por tsunami proporcionados por el personal de Protección Civil y el primer autor se enumeran en la Tabla 1. La intervención se puede dividir en tres fases. En la primera, se compartió el conocimiento básico sobre el riesgo sísmico y de tsunamis en Zihuatanejo y se practicó el simulacro de evacuación por tsunami (núm. 1-5 en la Tabla 1). En la segunda fase, se desarrollaron videos de evacuación con todas las partes interesadas, lo que también fue un proceso importante para compartir los resultados preliminares de la altura probable del tsunami y la zona de inundación en Zihuatanejo (núm. 6-10). En la tercera fase, se proyectaron los videos de evacuación y se buscó el consenso mutuo sobre el escenario de riesgo para revisar las estrategias de evacuación en la escuela primaria Vicente Guerrero (núms. 11 y 12). Los problemas encontrados por la investigación-acción se describen en la sección 3, seguida de una explicación detallada de cada fase.

Tabla 1. Actividades de educación sobre tsunamis realizadas en la escuela primaria Vicente Guerrero

Núm.	Fecha	Población objetivo	Contenidos educativos
1	28 sept. 2016	17 docentes	Conferencia sobre el mecanismo de sismos y tsunamis
2	4 oct. 2016	135 estudiantes	Conferencia sobre el mecanismo de sismos y tsunamis
			Juego de cartas para aprender la respuesta adecuada ante desastres
3	5 oct. 2016	146 estudiantes	Conferencia sobre el mecanismo de sismos y tsunamis
			Juego de cartas para aprender la respuesta adecuada ante desastres
4	7 oct. 2016	14 docentes	Taller para diseñar la ruta de evacuación
5	14 oct. 2016	300 estudiantes y 20 docentes	Simulacro de evacuación por tsunami
6	25 mar. 2017	300 estudiantes y 27 docentes	Simulacro de evacuación por tsunami
7	6 jul. 2017	123 estudiantes	Conferencia sobre el mecanismo de sismos y tsunamis
8	16 nov. 2017	14 docentes	Intercambio de resultados preliminares de simulación de inundación por tsunami en Zihuatanejo
9	22 nov. 2017	150 padres	Conferencia sobre el mecanismo de sismos y tsunamis
			Compartir la estrategia de evacuación de la escuela
10	24 oct. 2018	14 docentes	Intercambio de resultados preliminares de simulación de inundación por tsunami en Zihuatanejo
11	6 jun 2019	16 docentes	Compartir cápsulas audiovisuales de evacuación en pantalla dividida en cuatro secciones y taller para la estrategia de evacuación por tsunami
12	19 nov. 2019	330 estudiantes y 21 docentes	Simulacro de evacuación hacia el segundo piso de la escuela
			Discusión

3. Problemas

3.1. Percepciones catastróficas de tsunamis

Zihuatanejo experimentó 49 tsunamis entre 1732 y 1985 [25]. El tsunami relevante más reciente en Zihuatanejo se registró después del sismo de 1925 que tuvo una magnitud de 7 y alcanzó entre 7 y 11 m de altura en la bahía de Zihuatanejo [26]. Los avisos de evacuación por tsunami se han emitido con relativa frecuencia en Zihuatanejo; por ejemplo, después del sismo de Chile, en 2010, el gran sismo y tsunami del este de Japón, en 2011, y el sismo de Chiapas, en 2017. Además, el proyecto de evaluación de tsunamis calculó el potencial máximo de crecimiento de un tsunami con baja probabilidad de 7.9 m en Zihuatanejo.

Independientemente de estos tsunamis anteriores y la estimación de la altura del tsunami, la gente en Zihuatanejo tenía percepciones catastróficas poco realistas de los tsunamis. El primer autor y el personal de Protección Civil impartieron muchas conferencias sobre los mecanismos de sismos y tsunamis al estudiantado y a docentes en diferentes escuelas, y la primera reacción a las conferencias se expresó con frecuencia en comentarios como “Me matará un tsunami” y “no hay lugar para la evacuación”. En un caso extremo, un estudiante de secundaria empezó a llorar por miedo a los tsunamis. Estas declaraciones desmotivan al estudiantado y docentes a trabajar en medidas contra tsunamis, impidiendo que el personal de Protección Civil y los autores continuaran con las intervenciones educativas. En consecuencia, no se toman acciones de preparación para el riesgo de tsunami.

Se recopiló más evidencia sobre el efecto de las percepciones catastróficas de los tsunamis a través de un cuestionario impreso realizado en noviembre de 2017 con 586 estudiantes de secundaria de tres escuelas ubicadas en la posible zona de inundación del tsunami y sus 231 tutores. La pregunta era “¿cuál es la altura máxima en metros que usted cree que puede alcanzar un tsunami en Zihuatanejo?” La pregunta fue abierta para que los encuestados pudieran responder con cualquier número. Las respuestas se clasificaron como se muestra en la Tabla 2. Si bien el tsunami de 1925 en Zihuatanejo alcanzó alrededor de 10 m, 68.3 % del estudiantado pensó que era posible un tsunami de más de 11 m de altura. Más importante aún, 18.3 % del estudiantado pensó que un tsunami de 31 a 100 m de altura podría afectar a Zihuatanejo y 12.1 % pensó que la altura del tsunami podría superar los 101 m. En los resultados de la encuesta para padres, 52.4 % de los encuestados pensaba que el tsunami podría superar los 11 m de altura. Aunque se trataba de un porcentaje menor que el estudiantado, cierto porcentaje de padres también tenía una idea extraordinaria de la altura de un tsunami. El 8.7 % de los padres pensó que el tsunami podría tener entre 31 y 100 m y 5.6 % pensó que tendría más de 101 m de altura. Los resultados de la encuesta demuestran las creencias sobre la posible altura del tsunami que tienen los ciudadanos de Zihuatanejo.

Tabla 2. Altura del tsunami estimada por estudiantes y padres

Altura del tsunami (m)	Porcentaje de estudiantes	Porcentaje de padres o madres
0-5	13.7 %	15.6 %
6-10	18.1 %	32.0 %
11-20	23.9 %	27.3 %
21-30	14.0 %	10.8 %
31-100	18.3 %	8.7 %
Más de 101	12.1 %	5.6 %
Total	100.0 %	100.0 %

La percepción catastrófica de tsunamis en Zihuatanejo también se observa en pinturas realizadas por estudiantes. El personal de Protección Civil y el primer autor organizaron un concurso de pintura en 2018 para conmemorar el Día Mundial de Concienciación sobre los Tsunamis establecido por las Naciones Unidas. El concurso se llamó "¡Aprendamos a prevenir desastres!" ¡Reconoce el peligro y ponte en acción!", cuyo principal objetivo era que el estudiantado pensara y dibujara medidas de reducción de riesgos para sobrevivir a un sismo y tsunami. En total, participaron 305 estudiantes en las categorías de preprimaria, primaria, secundaria y preparatoria. Las pinturas tendían a mostrar la devastación de los rascacielos y el uso de helicópteros para la evacuación (Fig.2). Por lo tanto, las niñas y los niños asumieron que los edificios no eran lo suficientemente altos para la evacuación y se requería un rescate en helicóptero para sobrevivir a un tsunami.



Fig. 2. Pintura de tsunami por un estudiante de sexto grado de primaria

Estudios científicos y antecedentes históricos indican que la altura máxima del tsunami es de alrededor de 10 m; sin embargo, la percepción que tienen la ciudadanía es bastante diferente. La percepción catastrófica de un tsunami hace que la gente de Zihuatanejo se sienta impotente y considere inútil trabajar en simulacros de evacuación y preparación para tsunamis. En otras palabras, las personas no expertas perciben los tsunamis como un desastre que no pueden afrontar o que está fuera de su control. Por el contrario, las expertas saben, con base en datos científicos y antecedentes históricos, que las medidas contra tsunamis y un enfoque educativo son útiles y que las medidas tomadas por los ciudadanos pueden hacer frente a los tsunamis. Por lo tanto, la percepción catastrófica de tsunamis que tienen la ciudadanía debe cambiarse para promover la preparación para riesgos en Zihuatanejo a través del consenso.

3.2. Problemática de la estructura educativa instructor activo / aprendiz pasivo

Estudios previos, como Yamori [20]; Wachinger [12]; Feldeman *et al.* [27]; Brofman *et al.* [19]; Howard *et al.* [28]; Lejano *et al.* [29]; y Lee y Yamori [30] han señalado que la naturaleza unidireccional de la educación en casos de desastre hace que los ciudadanos desconfíen de los expertos y de las instituciones gubernamentales y convierte al estudiantado en seguidor pasivo de los mensajes educativos, privando así a las personas de su capacidad para tomar sus propias decisiones. Por lo tanto, se ha sugerido un enfoque democrático para la creación de consenso entre las partes interesadas para la comunicación de riesgos.

El mecanismo para inducir la pasividad se ha explicado en la literatura sobre psicología educativa [31]. En general, la educación tiene una estructura básica en la que un instructor enseña a un alumno. El conocimiento y las habilidades se transfieren del instructor al alumno, esperando que el alumno aplique los conocimientos y las habilidades adquiridos. Sin embargo, esta estructura educativa fundamental tiene el siguiente error en su principio educativo [31]. La estructura coloca al instructor en un papel activo / autoritario en relación con el alumno que asume el papel de un actor pasivo / subordinado. Por lo tanto, contrariamente a la expectativa del instructor de que el alumno aplique sus conocimientos y habilidades aprendidos, éste adopta una actitud pasiva. Una vez establecida la estructura, el alumnado está acostumbrado a seguir pasivamente las instrucciones del instructor.

Teniendo en cuenta esta estructura en el contexto de la educación sobre desastres y la comunicación de riesgos, la relación entre personas expertas y no expertas se puede discutir sobre la base de la relación entre el instructor y el alumno. La educación en desastres y la comunicación de riesgos se basan en el supuesto de que, si el personal experto comunica el escenario de riesgo y la predicción de daños al no experto, las personas no expertas implementarán preparativos para los riesgos como se menciona en el marco de acción de la percepción proactiva del riesgo. Sin embargo, esta estructura de educación unidireccional, en la que las personas expertas enseñan a las no expertas, convierte a las expertas en implementadoras activas y a las no expertas en seguidoras pasivas. La actitud pasiva de las no expertas es problemática porque a

menudo necesitan seguir las instrucciones de las expertas para obtener conocimientos y habilidades, pero contradictoriamente necesitan aplicarlos de forma proactiva para la preparación ante riesgos. El siguiente ejemplo de un simulacro de evacuación por tsunami en Zihuatanejo muestra la problemática de la estructura identificada a través de observaciones y entrevistas con personal de Protección Civil, de policía y docentes de esa localidad.

El gobierno municipal organizó una campaña de educación sobre tsunamis en 2012 y las principales escuelas, incluida la primaria Vicente Guerrero, participaron en ella. El personal de Protección Civil, de la policía y la Marina visitaron escuelas e impartieron conferencias al estudiantado y docentes sobre cómo evacuar en caso de sismo y tsunami. Las personas expertas designaron y comunicaron la ruta de evacuación que se tomaría de los edificios escolares al patio de la escuela y del patio de la escuela a terrenos elevados. También crearon el programa de simulacros de evacuación. Una vez que comenzó el simulacro de evacuación, guiaron al estudiantado y docentes a través del simulacro, desde la escuela hasta el lugar elevado designado, bloqueando el tráfico para garantizar la seguridad del estudiantado. Por lo tanto, todos los conocimientos y habilidades importantes, como el proceso de evacuación, la ruta de evacuación y cómo garantizar la seguridad durante la evacuación, fueron mostrados activamente por las personas expertas a los docentes no expertos, a quienes se esperaba que siguieran las instrucciones. Este estilo de simulacro de evacuación se observa en todo el mundo. Sin embargo, en 2016 los docentes de la escuela primaria Vicente Guerrero comentaron que conocían la ruta de evacuación dada por las personas expertas, pero se mostraron escépticas sobre si la ruta de evacuación era adecuada por la existencia de un puente viejo y por el tráfico pesado en la ruta. Los docentes no discutieron rutas alternativas de evacuación porque creían que las medidas contra desastres dadas por las personas expertas eran correctas. Esto demostró que los docentes permanecieron como seguidores pasivos de las instrucciones de las personas expertas, y no tomaron ninguna medida a pesar de que tenían dudas. También es importante señalar que esta pasividad generó desconfianza en los docentes hacia las personas expertas porque los docentes no podían cuestionar a las expertas sobre rutas alternativas, incluso cuando eran escépticos sobre ellas. El hecho de que la comunicación unidireccional genere desconfianza entre personas expertas y no expertas también ha sido señalado por Feldman *et al.* [27] y Howard *et al.* [28]. Además, la estructura experto activo / no experto pasivo es problemática porque los docentes, que son los principales actores en la evacuación, no pueden participar en la toma de decisiones para el simulacro de evacuación. La estructura también se ve incrementada por las diferencias en los niveles de conocimientos y habilidades. Si la persona experta tiene más conocimientos que la no experta, la actitud activa del experto se incrementa con la conducta para enseñar los conocimientos y habilidades, fortaleciendo la actitud pasiva de la no experta. Esto se conoce como el *modelo de déficit* en los estudios de la comunicación de la ciencia [32].

Es importante destacar que la relación entre expertos activos informados y no expertos pasivos no informados y la percepción catastrófica de los tsunamis se complementan entre sí. Como se mencionó en el apartado anterior, la percepción catastrófica produce sentimientos de impotencia y que tomar medidas es inútil. Por lo

tanto, los tsunamis no se reconocen como algo con lo que las personas no expertas pueden lidiar. Este sentimiento genera una actitud dependiente del conocimiento experto y permite a las no expertas seguir pasivamente los conocimientos y habilidades de las expertas. Desde el punto de vista de las personas expertas, dado que las no expertas confían más en las expertas debido a la percepción catastrófica, las expertas enseñan conocimientos y habilidades a las no expertas de forma más activa. Esta retroalimentación positiva entre personas expertas y no expertas es un problema profundamente arraigado que obstaculiza la educación y los simulacros sobre tsunamis en Zihuatanejo.

3.3. Conocimiento de tsunamis

El objetivo último de este estudio es fomentar una actitud proactiva entre la ciudadanía en general y los docentes de la escuela primaria Vicente Guerrero en particular, para que puedan desempeñar un papel activo en la educación relacionada con los tsunamis y promover comportamientos de evacuación voluntaria ante sismos y tsunamis reales. En consecuencia, en esta sección se describe el nivel de conocimiento que tenían los ciudadanos y docentes sobre los tsunamis en Zihuatanejo antes de la intervención educativa realizada por el personal de Protección Civil y los autores.

Estudios previos sobre los comportamientos de evacuación por tsunamis indicaron que es común que los siguientes factores induzcan la evacuación proactiva y voluntaria: un nivel de educación general, incluyendo conocimientos científicos básicos; aspectos socioculturales, como experiencias pasadas de tsunamis; historia oral y conocimiento indígena; actividades de preparación basadas en la comunidad, como simulacros de evacuación, y circunstancias como la intensidad percibida de un sismo, los daños causados por un sismo y la existencia de una alerta [33, 34]. Aquí se presenta el nivel de educación general, los aspectos socioculturales y las actividades de preparación comunitaria en Zihuatanejo.

En cuanto al nivel de educación general de los ciudadanos mayores de 15 años en Zihuatanejo, 54.4 % completó la primaria y 22.6 %, la secundaria; 8.6 % no terminó la escuela primaria [21]. Por lo tanto, pocos recibieron educación superior. Los autores revisaron los libros de texto utilizados en las escuelas primarias y secundarias públicas de Zihuatanejo, que forman parte del plan de estudios oficial de la Secretaría de Educación Pública en México y encontraron que los términos “sismo” y “tectónica de placas” aparecían en los libros de texto de ciencias para el estudiantado de sexto grado de primaria y segundo año de secundaria. Sin embargo, se dedicó menos de una página de cada libro de texto a estos conceptos. No hubo explicaciones detalladas de los mecanismos y tampoco ilustraciones. Por lo tanto, en términos generales, los habitantes de Zihuatanejo no poseen conocimientos científicos básicos sobre sismos y tsunamis. Durante la primera intervención educativa, los autores preguntaron a 17 docentes de la escuela primaria Vicente Guerrero sobre el mecanismo de tsunami y el riesgo de tsunami en Zihuatanejo, pero ninguno de ellos respondió correctamente (núm. 1 de la Tabla 1). La falta de familiaridad con los mecanismos de generación de

sismos y tsunamis entre los docentes era bastante común en otras escuelas de Zihuatanejo [35].

Este aspecto sociocultural está íntimamente ligado con la historia de Zihuatanejo. Según el historiador local y las entrevistas con residentes de mayor edad realizadas por los autores, algunas familias emigraron a Zihuatanejo alrededor del año 1900. Solían vivir en los terrenos más altos en Zihuatanejo y, según el hijo del primer migrante, no experimentaron ningún huracán y tsunami. Zihuatanejo ha sido una comunidad muy pequeña durante décadas. Sin embargo, el gobierno comenzó a promover el turismo allí en la década de 1970, y poco después se construyeron muchos hoteles y restaurantes. Muchas personas en pobreza que vivían en las montañas comenzaron a migrar a Zihuatanejo en busca de empleo. Como resultado, la población aumentó de aproximadamente 400 en la década de 1940 a 125,000 en 2016 [21]. Por lo tanto, la mayoría de las familias que viven en Zihuatanejo son residentes de segunda o tercera generación. Los residentes de Zihuatanejo tienen antecedentes históricos y culturales diversos porque emigraron de diferentes partes de México. Esto complica el análisis sociocultural porque la percepción del riesgo podría estar influenciada por el hecho de que la mayoría de los residentes solían vivir en una cultura relacionada con las montañas y, por lo tanto, pueden no estar familiarizados con los peligros de la vida costera. De hecho, Acapulco, que se encuentra en el mismo estado que Zihuatanejo (es decir, Guerrero) tiene una historia comunitaria de varias generaciones que viven en la ciudad. Según un estudio realizado por Nakano *et al.* [14], las actividades educativas sobre desastres por tsunamis que se llevaron a cabo allí no generaron temores exagerados, como fue el caso de Zihuatanejo. Debido a los diferentes antecedentes históricos en Zihuatanejo, no hubo historia oral de tsunamis. De hecho, la misma encuesta de cuestionario mencionada anteriormente preguntaba: "¿Usted tiene conocimiento sobre el tsunami que sucedió en Zihuatanejo en el pasado?"; 35.7 % de los padres (n = 284) y 40.4 % de los estudiantes (n = 713) respondieron "Sí". Las entrevistas realizadas después de la encuesta de cuestionario encontraron que aquellos que respondieron "sí" sabían sobre tsunamis recientes, pero no sabían sobre tsunamis a gran escala en el pasado.

En Zihuatanejo también faltaba preparación comunitaria. A través de entrevistas con funcionarios del gobierno, docentes y periodistas locales, los autores encontraron que la única educación sobre desastres por tsunami y actividades comunitarias relacionadas con los tsunamis que se llevaron a cabo en Zihuatanejo fue la campaña educativa mencionada anteriormente, en 2012. El ayuntamiento de Zihuatanejo y algunas escuelas locales que llevaron a cabo los simulacros de evacuación por sismo, informaron que no estaban al tanto del riesgo de tsunamis. La sección 4 presenta las cápsulas audiovisuales de evacuación que usamos para superar estos problemas.

4. Cápsulas audiovisuales de evacuación en pantalla dividida en cuatro secciones

4.1. Concepto básico

Las medidas de evacuación ante tsunamis pueden explicarse mediante dos enfoques, según Yamori y Sugiyama (2020, en prensa). Uno es el enfoque de los sistemas humanos, como los simulacros de evacuación. El otro es el enfoque de los sistemas naturales, como la creación de mapas de peligro de tsunamis y el establecimiento de sistemas de alerta temprana. La aplicación de estos dos enfoques de forma independiente provoca los siguientes problemas. Por lo general, un simulacro de evacuación por tsunami en la escuela (sistemas humanos) sigue la ruta de evacuación designada y mide el tiempo desde el principio hasta el final del simulacro. Por lo tanto, el simulacro se evalúa de forma independiente centrándose en los sistemas humanos sin hacer referencia a los sistemas naturales, como las simulaciones de inundaciones. Sin embargo, incluso si los mapas de peligro de tsunami (sistemas naturales) están ampliamente disponibles, no están diseñados para apoyar la toma de decisiones sobre estrategias de evacuación y la implementación de simulacros de evacuación. Por lo tanto, las interfaces integradas para los dos sistemas aislados fueron propuestas como una aplicación para teléfonos inteligentes por Ref. [36] y como video por Sun [18]. [36] escribió que ambas interfaces muestran que "si el movimiento físico de las personas (sistemas humanos) y el comportamiento físico del tsunami (sistemas naturales) se superponen en el tiempo y el espacio incluso una vez, la evacuación falla, mientras que si permanecen separados, la evacuación tiene éxito. Los estudios demostraron que una interfaz que muestra simultáneamente un simulacro de evacuación y una simulación de inundación por tsunami logró cambiar la actitud demasiado pesimista de la gente en Kuroshio, Japón. Además, la interfaz aseguró la participación de todas las partes interesadas en el proceso de toma de decisiones para la estrategia de evacuación, lo que generó confianza entre la academia, el gobierno local y los residentes, y permitió implementar el simulacro de evacuación por tsunami.

Así, con el apoyo de las partes interesadas, los residentes llegan a un consenso mutuo sobre la idea de que la preparación para el riesgo de tsunamis puede afectar el escenario de riesgo y reducir los daños en caso de un desastre real. Las cápsulas audiovisuales del simulacro de evacuación en pantalla dividida en cuatro secciones de este estudio, aplicaron el concepto de interfaz. El proceso de desarrollo se describe en el inciso 4.2.

4.2. Desarrollo de cápsulas audiovisuales de ejercicios de evacuación en pantalla dividida en cuatro direcciones

El desarrollo de las cápsulas audiovisuales del simulacro de evacuación en pantalla dividida en cuatro secciones se basó en la colaboración interdisciplinaria entre la psicología (primer y segundo autores) y la ingeniería de tsunamis (tercero a sexto autores) para combinar sistemas humanos y sistemas naturales. Además, los autores, el personal de Protección Civil y los docentes de la escuela colaboraron para producir la

herramienta. El desarrollo estaba dirigido a la escuela primaria Vicente Guerrero en Zihuatanejo. El proceso de desarrollo se explica con base en la tabla 1.

La primera fase (números 1 a 5 de la tabla 1) se centró en comunicar conocimientos básicos. Para abordar la falta de conocimiento entre los docentes mencionada anteriormente, el personal de Protección Civil y los autores dieron conferencias, explicando cómo ocurren los sismos y tsunamis frente a las costas de Zihuatanejo; la presentación incluyó el uso de gráficos en una discusión sobre la historia de los tsunamis a lo largo de Guerrero (núm. 1). A continuación, se realizó un taller con 14 docentes, para diseñar una ruta de evacuación de la escuela (núm. 4). En la primera mitad del taller, los autores describieron los puntos importantes a considerar en el diseño de rutas de evacuación, incluida la elección de la ruta con menor riesgo de ser bloqueada por el colapso de estructuras después del sismo, la ruta con menos tráfico, la ruta más larga es más probable que sea golpeada primero por la ola del tsunami, y así sucesivamente. En la segunda mitad del taller, los docentes se dividieron en grupos para discutir las posibles rutas de evacuación con base en estos criterios dados por los autores. Cada grupo presentó sus ideas al resto de docentes, a los autores y al personal de Protección Civil, se discutieron las distintas propuestas y finalmente se acordó una mejor ruta de evacuación para la escuela primaria Vicente Guerrero. La ruta elegida es relativamente ancha, tiene pocos edificios altos o antiguos, poco tráfico y conduce rápidamente a terrenos más altos. En este momento, se realizaron dos mejoras significativas a la estrategia de evacuación del tsunami. Una se basó en la observación de los docentes de que la escuela estaba rodeada por un muro de bloques de concreto de 2.5 - 3 m de altura, que podría colapsar durante un sismo y representar un riesgo para los escolares. Así, se decidió que todos deberían reunirse primero en el patio de la escuela y mantenerse alejados del muro. La otra mejora fue lograr resultados mediante un proceso de consenso. Como se mencionó anteriormente, cuando la escuela primaria Vicente Guerrero participó en un simulacro de evacuación por tsunami en 2012, los docentes habían dudado de la seguridad de la ruta de evacuación propuesta por las personas expertas. A lo largo del taller del presente estudio, la ruta de evacuación se cambió por completo y se acordó otra ruta de evacuación y un sitio de evacuación más seguro entre los docentes, los autores y el personal de Protección Civil. Por lo tanto, los maestros pudieron participar de manera proactiva en el proceso de decidir la ruta de evacuación, organizar y luego realizar el primer simulacro de evacuación desde 2012 (núm. 5).

Luego comenzó el proceso de desarrollo de la cápsula audiovisual. La siguiente descripción corresponde a las actividades categorizadas como la segunda fase (números 6 a 10 en la Tabla 1). Primero, se visualizaron los sistemas humanos. Para el simulacro de evacuación por tsunami realizado el 25 de marzo de 2017 (núm. 6), se utilizaron dos cámaras de video, un micrófono inalámbrico y una grabadora del sistema de posicionamiento global (GPS). Una cámara registró el comportamiento de evacuación de los estudiantes desde el principio hasta el final del simulacro en una grabación panorámica de video. El micrófono inalámbrico estaba conectado al estudiante A, un niño de sexto grado, para grabar su voz y la otra cámara de video lo siguió a lo largo de la trayectoria del simulacro de evacuación en una grabación de

video de cerca. Además, la trayectoria fue registrada por GPS. En este simulacro de evacuación, el estudiantado y los docentes tomaron dos minutos para salir de cada salón y reunirse en el patio de la escuela. Completaron la evacuación al sitio designado en 18 minutos.

La simulación de inundaciones de tsunamis de sistemas naturales fue desarrollada por los autores tres, cuatro, cinco y seis. Antes de realizar la simulación de inundación por tsunami, se sintetizó un gran número de distribuciones de deslizamiento sísmico, utilizando el método de aproximación de fase aleatoria [37]. En este estudio solo se presenta una breve descripción (para obtener más detalles, véase la Ref. [38]. El método de aproximación de fase aleatoria permite para posibles escenarios que son generados aleatoriamente, utilizar los espectros de fuentes de deslizamiento obtenidos de SRCMOD, una base de datos de sismos históricos en todo el mundo [39], teniendo así en cuenta la incertidumbre inherente a la variabilidad de la fuente del sismo. Este método se ha aplicado a muchos estudios de sismos de subducción (por ejemplo, Tohoku, Japón, Ref. [40]; Región de Nankai-Tonankai, Japón, Ref. [41]. [38] confirmó que los sismos históricos en la zona de subducción mexicana registrados en la base de datos SRCMOD también tienen características coherentes de espectros de deslizamiento. En el presente estudio, se sintetizaron 200 posibles distribuciones de deslizamiento sísmico para esta región de falla. La magnitud objetivo fue 8.4, que se basa en los eventos más grandes en México desde 1700 [42, 43].

Se realizaron simulaciones de tsunami para todos los escenarios posibles generados y el que causó el tsunami más alto en la bahía de Zihuatanejo se consideró el peor caso de escenario. Las ecuaciones que rigen la simulación de tsunamis se basaron en ecuaciones no lineales en aguas poco profundas [44]. A continuación, se simuló el peor caso de escenario con una resolución de 5 m. Los datos brutos batimétricos y topográficos se obtuvieron de la digitalización de cartas náuticas y datos LiDAR, respectivamente. Éstos fueron proporcionados por el Departamento de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los dominios cubren toda la costa de Zihuatanejo y los resultados de la simulación muestran que la primera ola llega a la Bahía de Zihuatanejo aproximadamente 12 min 30 s después del sismo y que la mayor parte de las tierras bajas y el centro urbano de Zihuatanejo se inundan. El crecimiento máximo estimado del tsunami es de 7.9 m. Los resultados preliminares de la simulación de inundación se presentaron a los docentes en las actividades 8 y 10 de la tabla 1.

La cápsula audiovisual del simulacro de evacuación en pantalla dividida en cuatro secciones fusionó grabaciones de video individuales y una simulación de inundación en un solo video (Fig. 3). La esquina inferior derecha es una toma amplia del simulacro de evacuación, que mostraba a todo el estudiantado evacuando; la esquina superior izquierda era un primer plano del estudiante A; la esquina inferior izquierda mostraba los comentarios hechos por el estudiante A durante el simulacro de evacuación; y la esquina superior derecha mostraba la simulación de inundación por tsunami con un círculo rojo que indicaba la ubicación de la escuela, un alfiler que muestra el lugar de evacuación designado y una carita sonriente que muestra la ubicación de los evacuados

(estudiantes) de acuerdo con los datos de rastreo GPS. En el centro de la cápsula audiovisual, un temporizador mostraba el tiempo transcurrido desde que comenzó el simulacro de evacuación. Por lo tanto, el video transmite simultáneamente el fenómeno natural y la respuesta humana.



Figura 3. Cápsula audiovisual de evacuación en pantalla dividida en cuatro secciones

4.3. Resultados de visualización mediante cápsulas audiovisuales

La interacción entre el comportamiento de evacuación (sistemas humanos) y la inundación por el tsunami (sistemas naturales) son vitales para influir en el éxito o el fracaso de la evacuación. Para examinar las diferentes interacciones entre los dos sistemas, asumiendo un retraso en el inicio de la evacuación, se prepararon cápsulas audiovisuales de evacuación de los siguientes tres escenarios. En el escenario 1, la evacuación comenzó cuando cesó el sismo, lo que permitió a los estudiantes y maestros evacuar al terreno elevado designado (Video 1). En este escenario, cuando la inundación del tsunami comienza en la costa, el estudiantado y los docentes están en medio de la pendiente fuera de la zona de inundación. Esto muestra que la evacuación se completó con éxito con tiempo de sobra. En el escenario 2, la evacuación se retrasó seis minutos, en comparación con el escenario 1, y la mitad del estudiantado quedó atrapado por el tsunami (Video 2). Específicamente, este escenario visualiza al alumnado y docentes atrapados justo en frente de la pendiente que conduce al sitio de evacuación designado. Además, esta cápsula audiovisual visualiza el tsunami viniendo desde la dirección del sitio de evacuación, en lugar de venir detrás del estudiantado mientras evacuan. En el escenario 3, la evacuación se retrasó 11 minutos en comparación con el escenario 1, y el tsunami llega a la costa incluso antes de que el estudiantado comenzara a evacuar (Video

3). En este escenario, el tsunami impacta cuando el estudiantado y los docentes están saliendo por la puerta de la escuela. Esto demuestra cómo los altos muros de concreto que rodean la escuela pueden evitar que los que están dentro detecten la proximidad del tsunami, retrasando así la evacuación y provocando un gran número de víctimas. Por lo tanto, el escenario 1 muestra una evacuación exitosa, mientras que los otros dos muestran evacuaciones fallidas.

Los siguientes son datos complementarios relacionados con este artículo:



[Descargar video \(27 MB\)](#) **Video 1.2**

Los comentarios del Estudiante A también ayudan a clarificar cómo piensa el estudiantado sobre los simulacros de evacuación. En la marca de 45 s de los videos 1, 2 y 3, el Estudiante A dice: "Me pregunto cuánto tiempo tardará un tsunami en llegar a este lugar y si estamos evacuando lo suficientemente rápido". A los 2 min 5 s, el estudiante A dice "Creo que esta altura estamos a salvo de un tsunami". Estos comentarios implican que el estudiantado también está pensando de manera proactiva sobre la evacuación y la interacción entre la inundación del tsunami y el comportamiento de evacuación. Estas preguntas del Estudiante A fueron respondidas más tarde.

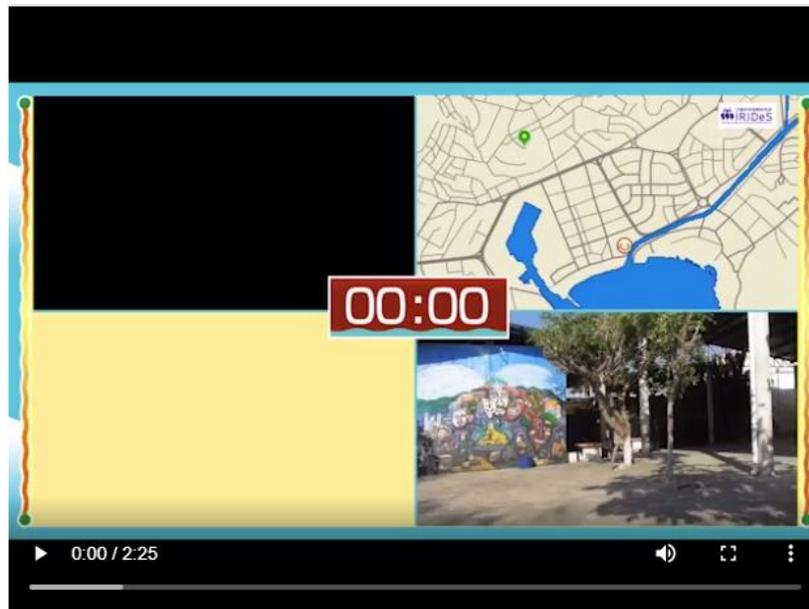
Los siguientes son datos complementarios relacionados con este artículo:



[Descargar video \(27MB\)](#) Video 2. 3

- Video 1. Escenario 1: La evacuación comenzó poco después de que terminara el sismo.
- Video 2. Escenario 2: La evacuación se retrasó 6 minutos en comparación con el escenario 1.
- Video 3. Escenario 3: La evacuación se retrasó 11 minutos en comparación con el escenario 1.

Los siguientes son datos complementarios relacionados con este artículo:



[Descargar video \(28MB\)](#) Video 3. 4

Se han realizado visualizaciones de simulaciones de evacuación por tsunamis para la comunicación de riesgos en estudios anteriores. Galaz *et al.* [45] desarrollaron una interfaz de simulador de propagación de tsunamis para tsunamis como los generados por el sismo de Colima de 1995 y el de Chiapas de 2017, en México; el sismo de 2001 en Perú y el de 2010 en Chile. La interfaz muestra el epicentro, la magnitud, la propagación, la altura del tsunami y el tiempo transcurrido desde que ocurrió el sismo con la visualización de imágenes. La interfaz fue desarrollada para facilitar la comunicación científica de riesgos a las personas no expertas, por lo que es accesible en línea y también se ha exhibido al público. Lonergan y Hedley [11] desarrolló un simulador de tsunamis de realidad aumentada, que permite al usuario observar una simulación de inundación por tsunami en 3D en un espacio geográfico real. Estos estudios previos son herramientas efectivas de comunicación de riesgos; sin embargo, no consideraron la interacción cronológica y la interrelación entre la simulación de tsunami y los sistemas humanos, y no usaron la simulación para realizar simulacros de evacuación o mejorar las estrategias de evacuación. El método de las cápsulas audiovisuales es único en el sentido de que visualiza la interacción, en tiempo real, de la inundación por tsunami (sistemas naturales) y el comportamiento humano en un simulacro de evacuación; visualiza diferentes escenarios potenciales resultantes de inundaciones y comportamiento humano; y contribuye a mejorar las estrategias de evacuación, por ejemplo, al incluir comentarios del estudiantado.

5. Aplicación de la cápsula audiovisual de evacuación

La aplicación de las cápsulas audiovisuales corresponde a la tercera fase (números 11 y 12 de la Tabla 1). Se realizó un taller (núm. 11) para reflexionar y retroalimentar los escenarios 1-3 con 16 docentes de la escuela primaria Vicente Guerrero, personal de Protección Civil y el primer autor, el 6 de junio de 2019. Todos los interesados vieron las tres cápsulas, luego, los 16 docentes se dividieron en cuatro grupos y se les pidió que compartieran sus observaciones de las cápsulas y sugirieran estrategias de evacuación para los tres escenarios diferentes. El primer autor y el oficial de Protección Civil no se unieron al grupo de discusión durante esta fase para evitar la influencia de un experto activo informado. Después de la discusión, cada grupo presentó los resultados de las discusiones (Tabla 3). Cada grupo propuso evacuar al lugar designado como la principal estrategia de evacuación. Además, también se discutieron alternativas, dependiendo de los escenarios. Luego, siguió una discusión general entre todos los participantes, incluido el oficial de Protección Civil y el primer autor. Todos los participantes estuvieron de acuerdo con las siguientes estrategias. Los docentes hacen todo lo posible para iniciar la evacuación lo más rápido posible hacia el lugar más alto designado considerando el escenario 1, y el docente que guía la trayectoria de la evacuación es el responsable de medir el tiempo transcurrido desde el sismo. Si el maestro considera que no queda tiempo suficiente para llegar al área designada, cambia a evacuación vertical en un edificio cercano, considerando el escenario 2. En el escenario 3 los docentes guían al estudiantado hacia el segundo nivel del edificio escolar.

Tabla 3. Resultados de la discusión en cada grupo

Grupo	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
1	Realice una evacuación organizada, rápida y segura hacia el terreno elevado designado.	Igual que en el escenario 1, pero el comportamiento de evacuación es más rápido que en el escenario 1.	No salga del edificio escolar. Sube al techo y esté alerta.
2	Diríjase al lugar elevado designado.	Salga de la escuela lo más rápido posible hacia el lugar designado. Si se acerca el tsunami, busque edificios altos para subir a ellos.	Quédese en el lugar más alto del edificio escolar y espere el rescate, esperando que el tsunami sea pequeño.
3	Siga la ruta de evacuación designada y preste atención a posibles alertas de tsunami.	Prepare el plan B; en caso de que el tiempo de evacuación sea limitado, prepare dos rutas alternas con la altura necesaria para estar seguro.	Suba a los lugares más altos en edificios o casas.
4	Mantenga la calma y comience la evacuación al lugar elevado designado.	Los docentes a cargo de cada clase comienzan la evacuación individual del grupo para una evacuación más rápida.	Suba a la azotea de la escuela y prepara provisiones para pasar un tiempo en la escuela.

La discusión general durante el taller también se extendió a los preparativos para el próximo simulacro de evacuación para probar la efectividad de las estrategias propuestas. Se discutieron dos formas de realizar el simulacro de evacuación para los escenarios 2 y 3, que incluyeron un simulacro de evacuación vertical hacia un edificio alto ubicado sobre la ruta de evacuación y un simulacro de evacuación hacia el segundo piso del edificio escolar, respectivamente. Para realizar el simulacro de evacuación, los docentes decidieron que una persona se encargara de medir el tiempo transcurrido, y acordaron actualizar el comité escolar de Protección Civil y verificar la ruta de evacuación dentro y fuera de la escuela. El simulacro de evacuación al segundo piso de la escuela fue realizado por los docentes el 19 de noviembre de 2019 (núm. 12 en la Tabla 1). Con base en la discusión del taller, los docentes cambiaron el punto de reunión del estudiantado hacia el patio de la escuela e hicieron que los estudiantes se alinearan para una evacuación rápida y segura. Además, el director de la escuela no informó a los docentes ni al estudiantado si debían evacuar al lugar más alto designado o al segundo piso del edificio escolar antes del simulacro de evacuación. El razonamiento se hizo cuando todo el estudiantado se había movido de su salón de clases al patio de la escuela, asumiendo que había pasado un tiempo determinado, el director tomó la decisión de evacuar al segundo piso del edificio escolar.

Las iniciativas de los docentes motivaron al personal de Protección Civil para que enlistaran los edificios altos en Zihuatanejo y confirmaran que estarían seguros con la simulación actualizada de inundación por tsunami. El personal de Protección Civil se

puso en contacto con dos hoteles de la lista de edificios altos para solicitar que recibieran evacuaciones verticales en caso de una emergencia real por tsunami. Un hotel acordó ser certificado por el gobierno como un edificio oficial de evacuación por tsunami y el otro acordó verbalmente recibir la evacuación. Los docentes de la escuela primaria Vicente Guerrero ahora están planeando un simulacro de evacuación vertical utilizando el edificio alto, con base en una consideración del escenario 2. Estos hechos demuestran que la preparación para tsunamis se mejora a través de las acciones mutuas del personal de Protección Civil y los docentes de la escuela.

6. Efecto de la aplicación de cápsulas audiovisuales de evacuación

6.1. Mejora de las estrategias de evacuación

La visualización de las interacciones entre los sistemas humanos y naturales tuvo el efecto práctico de mejorar las estrategias de evacuación por tsunami en la escuela primaria Vicente Guerrero. Los resultados importantes fueron, ante todo, comprobar la eficacia del simulacro de evacuación. En particular, el escenario 1 indicó que una acción de evacuación rápida garantizaría que los estudiantes y docentes tuvieran tiempo para llegar al lugar de evacuación designado, mientras que la evacuación falló en los escenarios 2 y 3, lo que permitió a los docentes considerar las alternativas. Por lo tanto, se revisó la estrategia de evacuación del tsunami. Antes de la intervención con la cápsula audiovisual, los docentes tenían como única opción evacuar al lugar de evacuación designado. Sin embargo, dado que los sistemas naturales se integraron en la discusión, se llegó a un acuerdo sobre la evacuación vertical hacia edificios altos y la permanencia en el piso superior del edificio escolar.

Tras la revisión de las estrategias de evacuación por tsunami, también se revisó el simulacro en sí. Se organizó e implementó un nuevo simulacro de evacuación al segundo piso del edificio escolar. Integrando la inundación por tsunami en el diseño del simulacro de evacuación, los docentes simulaban el proceso de toma de decisiones de subir al segundo piso del edificio escolar midiendo el tiempo transcurrido desde el sismo. Además, fueron positivos en la implementación del simulacro de evacuación vertical considerando el Escenario 2. El personal de Protección Civil estuvo de acuerdo con estas ideas y se utilizaron procedimientos administrativos para designar un edificio de evacuación cercano a la escuela primaria Vicente Guerrero. Así, el desarrollo y la aplicación de cápsulas audiovisuales promovieron la revisión de estrategias de evacuación y los simulacros de evacuación basados en el consenso de escenarios de riesgo entre las partes interesadas.

6.2. De catastrófico a realista, de pasivo a activo

Una barrera profundamente arraigada que dificultaba la participación activa de los docentes en la preparación ante el riesgo de tsunamis fue la percepción catastrófica de los tsunamis que indujo sentimientos de impotencia y el escepticismo hacia las personas expertas. La intervención utilizando la herramienta que muestra las interacciones entre los sistemas humanos y los sistemas naturales cambió la

percepción de los tsunamis de catastrófica a realista. La simulación de la inundación por tsunami proporcionó una base científica para mostrar que la altura del tsunami no sería tan catastrófica como pensaban y que el lugar de evacuación designado sería lo suficientemente alto para la evacuación por tsunami. La cápsula audiovisual que muestra el escenario 1 también demostró el éxito de la evacuación por tsunami. Estos hechos ayudaron a los docentes a proponer la evacuación del segundo piso si no se podía lograr la evacuación al lugar designado. Esta decisión muestra que los docentes comprendieron las complejas interacciones de la evacuación y la inundación del tsunami de una manera realista y científica. Se permitió a los docentes proponer diferentes estrategias, considerando que era concebible que el peor escenario de inundación por tsunami con baja probabilidad pudiera llegar más allá de la altura del edificio escolar. En este caso, la estrategia principal es evacuar al lugar designado. Sin embargo, este escenario se basa en modelos probabilísticos y existe una baja probabilidad de que ocurra un tsunami de tal altura. Teniendo en cuenta la evaluación probabilista de riesgos y el tiempo requerido de evacuación de la escuela al lugar designado, la evacuación del segundo piso podría ser una mejor opción si ésta se retrasa. Los docentes participaron en el complejo proceso de toma de decisiones para decidir mejores planes de evacuación dependiendo de los escenarios. Esto muestra claramente que los docentes entendieron el patrón de inundación del tsunami, la velocidad de la inundación, la hora de llegada, el área máxima de inundación, la altura máxima del tsunami y sus efectos en el comportamiento de evacuación local. Su percepción catastrófica de los tsunamis se modificó a una comprensión realista y, a través del proceso de consenso, comenzaron a percibir a los tsunamis como algo con lo que las personas no expertas también pueden lidiar. También cabe mencionar los cambios en el nivel de conocimiento de los docentes antes y después de la intervención educativa. Como se indicó en la sección 3.3, el conocimiento de los docentes sobre tsunamis era muy limitado, pero como resultado de la intervención, desarrollaron la capacidad de diseñar estrategias de evacuación, teniendo en cuenta la incertidumbre y probabilidad de tsunamis.

También debería discutirse el método de comunicar el riesgo a través de cápsulas audiovisuales. En general, la educación sobre desastres se basa en la estructura de expertos activos informados / no expertos pasivos no informados, lo que disminuye el involucramiento y participación de las personas no expertas. El uso de las cápsulas audiovisuales sugirió la posible modificación de la estructura educativa. Las cápsulas comunicaron conocimientos científicos actualizados sobre las inundaciones causadas por el tsunami, y los docentes aplicaron y utilizaron plenamente el conocimiento para planificar la estrategia de evacuación. Este estilo de comunicación aseguró la participación de los docentes en el proceso de toma de decisiones y la planificación del simulacro de evacuación, en lugar de mantenerlos como seguidores pasivos del conocimiento proporcionado por las personas expertas. En consecuencia, se volvieron menos escépticos hacia las personas expertas. Adicionalmente, este estilo de comunicación condujo a la implementación sostenible de la preparación para el riesgo de tsunamis, como simulacros de evacuación a nivel escolar, porque los docentes desarrollaron actitudes más proactivas. Esto muestra la efectividad de construir consensos entre personas expertas y no expertas.

6.3. Efectos de acompañamiento de las cápsulas audiovisuales

Hubo tres efectos positivos adicionales del desarrollo y uso de las cápsulas audiovisuales. Uno estaba relacionado con la inseguridad pública local. Zihuatanejo, Guerrero, está expuesto a diversos tipos de inseguridad pública provocada por el crimen organizado; 84.7 % de la población de Guerrero se siente insegura [46]. Una encuesta nacional en México indicó que 71 % de los encuestados no permite que sus hijos salgan fuera de casa. El sentimiento de inseguridad pública se refleja claramente en el comportamiento diario de padres, madres y docentes. Los padres y las madres dejan a sus hijos y los recogen en las puertas de la escuela todos los días. Las puertas de la escuela están abiertas sólo durante las horas designadas en la mañana y en la tarde; el resto del tiempo, la puerta de la escuela está cerrada con un candado desde adentro y sólo pocos docentes tienen la llave. Los terrenos de la escuela están rodeados por un muro de bloques de concreto de 2.5 a 3 m de altura para evitar la entrada de intrusos a la escuela. Estas medidas garantizan la seguridad del estudiantado y la sensación de seguridad de los padres. Estas medidas de seguridad dificultan la realización de simulacros de evacuación y educación sobre tsunamis. Los padres y las madres expresaron explícitamente su preocupación por sacar al estudiantado de las instalaciones de la escuela durante el simulacro de evacuación por tsunami en la Escuela Primaria Vicente Guerrero, y algunos, incluso, siguieron a sus hijos e hijas durante el simulacro. Debido a esta inseguridad se les dificulta a los docentes realizar simulacros frecuentes fuera de la escuela. Por lo tanto, al usar las cápsulas audiovisuales, aún pueden simular diferentes tipos de escenarios de evacuación sin tener que preocuparse por sacar al estudiantado de la escuela.

El segundo efecto positivo fue la implementación del proceso de consenso (concertación) en otras escuelas de Zihuatanejo. El mismo programa, desde la explicación de los mecanismos generadores de sismos y tsunamis, hasta la realización de un taller para diseñar una ruta de evacuación y realizar un simulacro de evacuación, se implementó en otras dos escuelas. Una escuela primaria, debido a la discusión entre los docentes, los autores y el personal de Protección Civil, identificó una ruta de evacuación más corta y segura en comparación con la que ya habían decidido antes. Además, los docentes implementaron un simulacro de evacuación basado en sus propias iniciativas y confirmaron que podían evacuar al sitio de evacuación recién designado con tiempo de sobra antes de la llegada estimada del tsunami. En la otra escuela, el proceso de consenso involucró no sólo a los maestros, sino también a los representantes del estudiantado. Además de las discusiones con los docentes sobre una mejor ruta de evacuación, el estudiantado participó en el proceso de identificación de riesgos, crearon el mapa de evacuación por tsunami y, junto con los docentes, personas expertas y personal de Protección Civil, acordaron realizar un simulacro de evacuación por tsunami basado en la ruta de evacuación propuesta. Además, los representantes estudiantiles presentaron la ruta de evacuación propuesta y los riesgos que la acompañan en una asamblea matutina a la que asistieron 1200 estudiantes. Estos ejemplos demuestran que el método de consenso de este estudio se puede implementar en escuelas distintas de la Primaria Vicente Guerrero. Con base en

estos resultados, se elaboró y distribuyó un pequeño folleto a los 13 municipios de la costa del Pacífico de Guerrero en el seminario impartido por los autores en noviembre de 2019. Por lo tanto, se requiere una mayor verificación de esta metodología.

El tercer efecto fue el cambio en la percepción de los tsunamis en las escuelas, comunidades y gobierno de Zihuatanejo, de catastróficos a manejables. El primer autor continúa impartiendo educación relacionada con tsunamis, compartiendo información científica actualizada con ellos, y sus primeras respuestas fueron desesperadas. Sin embargo, una vez que vieron las cápsulas audiovisuales y entendieron que incluso el estudiantado de la escuela primaria Vicente Guerrero puede evacuar a lugares elevados, también se modificó su percepción sobre los tsunamis. Por lo tanto, las cápsulas audiovisuales pueden ser utilizadas no sólo para considerar estrategias de evacuación en la escuela primaria Vicente Guerrero basadas en el consenso entre las partes interesadas, sino también para ayudar a cambiar la percepción de tsunamis en la sociedad de Zihuatanejo.

7. Consenso eficaz con el uso de resultados científicos

En este documento se discutió no sólo el proceso de consenso, sino también cómo comunicar al público conocimiento científico sofisticado, incierto y probabilístico. Los elementos clave de la aplicación del conocimiento científico a la sociedad y la participación de múltiples partes interesadas pueden garantizarse mediante el diseño del proyecto y la presencia de un facilitador. El proyecto “Evaluación de peligros de grandes sismos y tsunamis en la costa del Pacífico mexicano para la mitigación de desastres” se diseñó de manera integral porque fue realizado por tres grupos. El Grupo A investigó el acoplamiento sísmico en la interfaz de la placa con base en el monitoreo sísmico y datos de observación geodésica. Los datos del Grupo A fueron aplicados por el Grupo B mediante la construcción de escenarios de sismos / tsunamis basados en modelos de sismos / tsunamis. El Grupo C desarrolló un programa educativo de mitigación ante sismos y tsunamis para atender necesidades locales, utilizando los resultados de los Grupos A y B. El diseño del proyecto funcionó como una plataforma para implementar el monitoreo científico puro de sismos, modelado de sismos y tsunamis y actividades educativas en la zona costera de Guerrero. Sismólogos, ingenieros y psicólogos se centraron en la misma área en el marco del proyecto, que fue importante para realizar investigaciones colaborativas interdisciplinarias y producir conocimiento científico actualizado.

Se requirió un científico social para facilitar la comunicación científica entre tres grupos, con ciudadanos y funcionarios gubernamentales en el área objetivo. El facilitador (el primer autor) trabajó con el gobierno local y las escuelas para identificar los problemas locales. Además, se comunicó con científicos de los Grupos A y B para identificar conocimientos científicos que pudieran resolver problemas locales. Así, un pedagogo o psicólogo social con amplios conocimientos interdisciplinarios es adecuado como facilitador. El diseño integral del proyecto y un facilitador mejorarían la efectividad de la aplicación de datos científicos en el campo para ayudar a la toma de

decisiones por consenso basado en la ciencia con la participación de todas las partes interesadas locales.

8. Conclusiones

Este estudio demostró que una percepción catastrófica de tsunamis genera en las personas no expertas un sentimiento de que la preparación ante el riesgo de tsunamis es inútil, y que la estructura educativa convencional genera desconfianza de las personas expertas en las no expertas y convierte a las no expertas en seguidores pasivos del riesgo comunicado por personas expertas. Por lo tanto, desarrollamos cápsulas audiovisuales de evacuación en pantalla dividida en cuatro secciones que muestran la interacción entre los sistemas humanos y naturales, a través de la colaboración interdisciplinaria y la participación de múltiples actores. Esta herramienta comunicó de manera efectiva el escenario de riesgo de tsunamis con bases científicas a las personas no expertas y se utilizó de manera efectiva en la discusión entre investigadores, personal de Protección Civil y docentes para generar confianza y llegar a un consenso sobre el escenario de riesgo, cambiando así la percepción de los tsunamis como eventos catastróficos que las personas no expertas no pueden manejar hacia una percepción realista de que las no expertas pueden realmente jugar un papel activo en la preparación ante tsunamis. Además, este cambio de percepción promovió una actitud proactiva entre los docentes, lo que los llevó a revisar la estrategia escolar de evacuación por tsunamis, incluyendo simulacros. En otras palabras, los docentes identificaron y aplicaron el conocimiento científico sobre las inundaciones causadas por tsunamis. Una actitud proactiva entre los docentes puede ser clave para garantizar la sostenibilidad de la preparación ante el riesgo de tsunamis.

Considerando los problemas discutidos en el documento, la percepción de tsunamis como eventos catastróficos puede ser un tema exclusivo de Zihuatanejo porque Acapulco, que también se encuentra en Guerrero, no compartió esta percepción, según Nakano *et al.* [14]. Sin embargo, la desconfianza en los expertos y la naturaleza unidireccional de la comunicación de riesgos son problemas comunes en todo el mundo, como se señala en Yamori [20]; Wachinger [12]; Feldeman *et al.* [27]; Brofman *et al.* [19]; y Howard *et al.* [28]. Por lo tanto, la metodología propuesta en este documento se puede aplicar para superar los problemas inherentes a la comunicación unidireccional de riesgos y generar confianza entre las partes interesadas, lo que puede conducir a acciones de preparación más proactivas y una respuesta de evacuación voluntaria por parte de los residentes locales.

Declaración de intereses en competencia

Los autores declaran que no tienen intereses económicos en competencia o relaciones personales que pudieran haber influido en el trabajo reportado en este documento.

Agradecimientos

Los datos batimétricos y topográficos para la simulación del peor escenario fueron amablemente proporcionados por el Departamento de Ciencias Atmosféricas de la Universidad Nacional Autónoma de México (agradecimiento especial al Dr. Jorge Zavala Hidalgo). Esta investigación fue apoyada por el proyecto de Alianza de Investigación Científica y Tecnológica para el Desarrollo Sostenible, “Proyecto de Evaluación del Peligro de Grandes Sismos y Tsunamis en la Costa del Pacífico Mexicano para la Mitigación de Desastres” (JPMJSA1510).

La traducción al español de este artículo estuvo a cargo de personal de la Dirección de Difusión del CENAPRED: Abigail A. Cervantes Cantero, José Ángel Vázquez Reyes y Tomás A. Sánchez Pérez.

Apéndice A. Dato suplementario

[Descarga todos los archivos suplementarios incluidos en este artículo](#)

[Descarga archivo XML file \(259B\)](#)

Componente Multimedia 1.

Referencias

- [1] H.V. Hung, R. Shaw, M. Kobayashi. Flood risk management for the RUA of Hanoi: Importance of community perception of catastrophic flood risk in disaster risk planning. *Disaster Prevention and Management*, 16 (2) (2007), pp. 245-258. Disponible en línea en [10.1108/09653560710739568](https://doi.org/10.1108/09653560710739568)

- [2] I. Ruin, J. C. Gaillard, C. Lutoff. How to get there? Assessing motorists' flash flood risk perception on daily itineraries. *Environmental Hazards*, 7 (3) (2007), pp. 235-244. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1016/j.envhaz.2007.07.005>

- [3] D. Bird, D. Dominey-Howes. Testing the use of a 'questionnaire survey instrument' to investigate public perceptions of tsunami hazard and risk in Sydney, Australia. *Natural Hazards*, 45 (1) (2008), pp. 99-122. Disponible en línea en [10.1007/s11069-007-9172-8](https://doi.org/10.1007/s11069-007-9172-8)

- [4] M. J. Spittal, J. McClure, R. J. Siegert, F. H. Walkey. Predictors of two types of earthquake preparation: survival activities and mitigation activities. *Environmental and Behavior*, 40 (6) (2008), pp. 798-817. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1177%2F0013916507309864>

- [5] S. A. Fraser, E. E. Doyle, K. C. Wright, S. H. Potter, J. McClure, D. M. Johnston, G. S. Leonard, M. A. Coomer, J. S. Becker, S. Johal. Tsunami response behavior during and following two local-source earthquakes in Wellington, New Zealand. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 16 (2016), pp. 123-133, disponible en línea en <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2016.02.008>
- [6] A. Buylova, C. Chen, L. A. Cramer, H. Wang, D. T. Cox. Household risk perceptions and evacuation intentions in earthquake and tsunami in a Cascadia Subduction Zone. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 44 (2020), pp. 1-18. Disponible en línea en [10.1016/j.ijdrr.2019.101442](https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2019.101442)
- [7] United Nations. Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 (2015), consultado el 19 de febrero de 2020. Disponible en línea en https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf,
- [8] United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR). The Science and Technology Roadmap to Support the Implementation of the Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030 (2016), consultado el 19 de febrero de 2020. Disponible en línea en https://www.preventionweb.net/files/45270_unisdrscienceandtechnologyroadmap.pdf
- [9] S. Wegscheider, J. Post, K. Zosseder, M. Mück, G. Strunz, T. Riedlinger, A. Muhari, H. Z. Anwar. Generating tsunami risk knowledge at community level as a base for planning and implementation of risk reduction strategies. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11 (2011), pp. 249-258. Disponible en línea en <https://doi.org/10.5194/nhess-11-249-2011>
- [10] D. Kniveton, E. Visman, A. Tall, M. Diop, R. Ewbank, E. Njoroge, L. Pearson. Dealing with uncertainty: integrating local and scientific knowledge of the climate and weather. *Disasters*, 39 (s1) (2015), pp. s35-s53, disponible en línea en <https://doi.org/10.1111/disa.12108>
- [11] C. Lonergan, N. Hedley. Navigating the future of tsunami risk communication: using dimensionality, interactivity and situatedness to interface with society. *Natural Hazards*, 78 (1) (2015), pp. 179-201. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1007/s11069-015-1709-7>
- [12] G. Wachinger, O. Renn, C. Begg, C. Kuhlicke. The risk perception paradox—implications for governance and communication of natural hazards. *Risk Analysis*, 33 (6) (2013), pp. 1049-1065. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2012.01942.x>

- [13] Janet Gough. Perceptions of risk from natural hazards in two remote New Zealand communities. *The Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies*, 2000-2. Disponible en <http://trauma.massey.ac.nz/issues/2000-2/gough.htm>
- [14] G. Nakano, M. T. Ramírez-Herrera, N. Corona. Effects of decontextualized tsunami disaster education: a case study of schools in Acapulco, Mexico. *Journal of Natural Disaster Science*, 39 (2) (2018), pp. 19-33, disponible en línea en [39_2_1.pdf \(jsnds.org\)](http://jsnds.org)
- [15] Y. Sun, K. Yamori, S. Kondo. Single-person drill for tsunami evacuation and disaster education. *Journal Integrated Disaster Risk Management*, 4 (1) (2014), pp.30-47. Disponible en línea en <https://www.idrimjournal.com/article/11726-single-person-drill-for>
- [16] I. Nakamura, A. Amano, Y. Fujiyoshi, T. Mizukami, H. Nakamori, N. Amano, K. Mishima, T. Yamazaki, T. Hoshikawa, K. Tanihara. Residents' consciousness and response to damage predictions of a Nankai megathrust earthquake: survey results in Shimoda and Kuroshio by digital broadcasting workshop (in Japanese). Documento presentado en la 15ª Conferencia de la Sociedad Japonesa de Estudios de Información sobre Desastres, Tokio (2013).
- [17] K. Tomonaga. Community disaster management plan and local business model —through WE CAN PROJECT— 10, *The Japan Society of Community Disaster Mangement Plan C+BOUSAI*, 2017, pp. 14-18.
- [18] Y. Sun. New approaches toward tsunami risk preparedness in Japan. Single-person drills with elderly residents, en Katsuya Yamori (ed.), *Disaster Risk Communication. A Challenge from a Social Psychological Perspective [eBook]*, Springer, Singapur, 2020, pp. 17-38. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2318-8>
- [19] N. C. Bronfman, P. C. Cisternas, E. López-Vázquez, L. A. Cifuentes. Trust and risk perception of natural hazards: implications for risk preparedness in Chile. *Natural Hazards*, 81 (2016), pp. 307-327. Disponible en línea en <https://link.springer.com/10.1007/s11069-015-2080-4>
- [20] K. Yamori. *Improving disaster risk communication: A paradigm shift in disaster information research*, Kyodai Saigai no risk communication. Minerva Publishing, Japón, 2013 (en japonés).
- [21] INEGI, *Panorama sociodemográfico de Guerrero 2015* (2016), http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/inter_censal/panorama/702825082_208.pdf?platform=hootsuite, consultado el 20 de febrero de 2020.

- [22] V. M. Cruz-Atienza, Y. Ito, V. Kostoglodov, V. Hjörleifsdóttir, A. Iglesias, J. Tago, M. Calò, J. Real, A. Husker, S. Ide, T. Nishimura, M. Shinohara, C. Mortera-Gutiérrez, S. García, M. Kido. A seismogeodetic amphibious network in the Guerrero seismic gap, Mexico. *Seismological Research Letters*, 89 (4) (2018), pp. 1435-1449. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1785/0220170173>
- [23] K. Lewin. Action research and minority problems, *Journal of Social Issues*, 2 (4) (1946), p. 34-46. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1111/j.1540-4560.1946.tb02295.x>
- [24] K. Yamori. Action research on disaster reduction education: building a “community of practice” through a gaming approach. *Journal of Natural Disaster Science*, 30 (2009), pp. 83-96. Disponible en línea en <https://doi.org/10.2328/jnds.30.83>
- [25] A. J. Sánchez, S. F. Farreras. Catálogo de tsunamis (maremotos) en la costa Occidental de México: Catalog of tsunamis on the western coast of Mexico. US Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Environmental Satellite, Data, and Information Service, National Geophysical Data Center (1993).
- [26] Protección Civil del Estado de Guerrero. Atlas estatal de riesgos geológicos (2003).
- [27] D. Feldman, S. Contreras, B. Karlin, V. Basolo, R. Matthew, B. Sanders, D. Houston, W. Cheunga, K. Goodrich, A. Reyes, K. Serrano, J. Schubert, A. Luke. Communicating flood risk: looking back and forward at traditional and social media outlets, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 15 (2016), pp. 43-51. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.12.004>
- [28] A. Howard, K. Agllias, M. Bevis, T. Blakemore. “They’ll tell us when to evacuate”: the experiences and expectations of disaster-related communication in vulnerable groups, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 22 (2017), pp.139-146. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2017.03.002>
- [29] R. P. Lejano, E. Casas, M. M. Pormon, M. J. Yanger. Teaching to the nth: narrative knowledge and the relational model of risk communication. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50 (2020), 101720. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101720>
- [30] F. Lee, K. Yamori. Gaming approach to disaster risk communication: development and application of the “crossroad game”, en Katsuya Yamori (ed.), *Disaster Risk Communication. A Challenge from a Social Psychological Perspective* [eBook], Springer, Singapur, 2020, pp. 51-64. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1007/978-981-13-2318-8>

- [31] S. Yano. Socrates's double bind-Educational-humanistic studies of semantic generation. *Sokuratesu no daburu baindo — imi seisei no kyōiku ningen-gaku* Seori Shobo, 1996. En japonés.
- [32] Y. Fujigaki, Y. Hirono. *Science Communication Theory*. Kagaku Communication Ron. University of Tokyo Press, Tokio, 2007. En japonés.
- [33] M. Sugiura, S. Sato, R. Nouchi, A. Honda, R. Ishibashi, T. Abe, T. Muramoto, F. Imamura. Psychological Processes and Personality Factors for an Appropriate Tsunami Evacuation. *Geosciences*, 9 (8) (2019), p. 326. Disponible en línea en <https://doi.org/10.3390/geosciences9080326>
- [34] F. Makinoshima, F. Imamura, Y. Oishi. Tsunami evacuation process based on human behaviour in past earthquakes and tsunamis: a literature review. *Progress in Disaster Science*, 7 (2020), pp. 100-113. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2020.100113>
- [35] G. Nakano, K. Yamori. Promoting school teachers' proactive attitude towards disaster education: an action research in Zihuatanejo, Mexico. *Journal of Disaster Information Studies*, 16 (2018), pp. 235-245.
- [36] K. Yamori, T. Sugiyama. Development and social implementation of smartphone app Nige-Tore for improving tsunami evacuation drills: synergistic effects between commitment and contingency. *International Journal of Disaster Risk Science*, 11 (2020), pp. 751-761. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1007/s13753-020-00319-1>
- [37] K. Goda, T. Yasuda, N. Mori, T. Maruyama. New scaling relationships of earthquake source parameters for stochastic tsunami simulation. *Coastal Engineering Journal*, 58 (3) (2016), pp. 1650010-1-1650010-40. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1142/S0578563416500108>
- [38] N. Mori, A. Muhammad, K. Goda, T. Yasuda, A. Ruiz-Angulo. Probabilistic tsunami hazard analysis of the pacific coast of Mexico: case study based on the 1995 Colima earthquake tsunami. *Frontiers in Built Environment*, 3 (2017), p. 34. Disponible en línea en <https://doi.org/10.3389/fbuil.2017.00034>
- [39] P. M. Mai, K. K. S. Thingbaijam. SRCMOD: an online database of finite fault rupture models. *Seismological Research Letters*, 85 (6) (2014), pp. 1348-1357. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1785/0220140077>
- [40] N. Mori, PM Mai, K. Goda, T. Yasuda. Tsunami inundation variability from stochastic rupture scenarios: application to multiple inversions of the 2011 Tohoku, Japan earthquake. *Coastal Engineering*, 127 (2017), pp. 88-105. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2017.06.013>

- [41] K. Goda, T. Yasuda, P. M. Mai, T. Maruyama, N. Mori. Tsunami simulations of megathrust earthquakes in the Nankai-Tonankai Trough (Japan) based on stochastic rupture scenarios, Geological Society, 456 (1) (2018), pp. 55-74. Disponible en línea en <https://doi.org/10.1144/SP456.1>
- [42] S. K. Singh, X. Pérez-Campos, A. Iglesias, J. F. Pacheco. An exploratory study for rapid estimation of critical source parameters of great subduction-zone earthquakes in Mexico. Geofísica Internacional, 47 (4) (2008), pp. 355-369. Disponible en línea en 36546 (google.com)
- [43] G. Suárez, P. Albini. Evidence for great tsunamigenic earthquakes (M 8.6) along the Mexican subduction zone. Bulletin of the Seismological Society of America, 99 (2A) (2009), pp. 892-896. Disponible en línea en <http://dx.doi.org/10.1785/0120080201>
- [44] C. Goto, Y. Ogawa, N. Shuto, F. Imamura. Numerical method of tsunami simulation with the leap-frog scheme, IOC Manual, num. 35, UNESCO IOC, Paris (1997). Disponible en línea en https://www.jodc.go.jp/info/ioc_doc/Manual/122367eb.pdf
- [45] J. Galaz, R. Cienfuegos, A. Echeverría, S. Pereira, C. Bertin, G. Prato, J. C. Karich. Integrating Tsunami Simulations in Web Applications Using Nami, an Open Source Client Side GPU Powered Tsunami Simulation, Library 2019. Disponible en línea en [http://refhub.elsevier.com/S2212-4209\(20\)31305-4/sref45](http://refhub.elsevier.com/S2212-4209(20)31305-4/sref45)
- [46] INEGI. Encuesta Nacional de Victimización y Percepción sobre Seguridad Pública 2019, consultado el 20 de febrero de 2020. Disponible en línea en https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/envipe/2019/doc/envipe2019_gro.pdf
- [47] Cabinet Office, Government of Japan. Report of the Committee for Technical Investigation on Countermeasures for Earthquakes and Tsunamis Based on the Lessons Learned from the “2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake”, Central Disaster Management Council (2011). Disponible en línea en <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/chousakai/tohokukyokun/pdf/Report.pdf> consultado el 20 de febrero de 2020.