



Grado en Geografía y Ordenación del Territorio

Curso 2020/2021

**El uso de las historias con mapas aplicados a la
divulgación y comunicación en el contexto de la
implantación de planes de emergencia**

Trabajo realizado por Daniela Toste González

Dirigido por Abel López Díez y Jaime Díaz Pacheco

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores Abel y Jaime, por la implicación, paciencia y por todos los buenos consejos que me han dado para mi futuro. A toda mi familia, por ser un apoyo incondicional y animarme a conseguir todo lo que me propuesto. A Indira, mi compañera de carrera y de vida, gracias por estar siempre ayudándome en todo, por todos los buenos momentos vividos y nunca dejar que me rindiera. Por último y no menos importante, quería darles gracias a todos mis amigos por ser un pilar fundamental en mi vida, tanto académica como personal.

CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	4
2. OBJETIVOS	6
3. MARCO TEÓRICO	7
3.1. El riesgo volcánico en las Islas Canarias	7
3.1.1. Peligros volcánicos	10
3.1.2. Zonificación del riesgo volcánico en La Palma	16
3.2. El sistema de protección civil	17
3.2.1 Nivel internacional	18
3.2.2. Nivel Nacional	19
3.2.3. Nivel Autonómico y local	20
3.3. Cartografía para el apoyo a las acciones de reducción del riesgo de desastres.	21
3.3.1. Cartografía del riesgo	22
3.3.2. Cartografía de la amenaza y de la vulnerabilidad	23
3.3.3. Mapas para la educación y la comunicación en el contexto de la RRD	24
4. METODOLOGÍA	26
5. RESULTADOS	29
5.1. Conceptos y elementos básicos	29
5.2. Mapas dinámicos	30
5.3. Aplicabilidad para la difusión y comunicación de un plan de emergencias	32
6. DISCUSIÓN	35
7. CONCLUSIONES	37
8. BIBLIOGRAFÍA	38

El uso de las historias con mapas aplicados a la divulgación y comunicación en el contexto de la implantación de planes de emergencia

Resumen

En eso que solemos llamar Era de la información y la internet global donde el conocimiento ha superado claramente la frontera de los libros y de la cartografía impresa. Dentro del campo de la reducción del riesgo de desastres y concretamente en el desarrollo de la implantación de los planes territoriales de emergencia, se demandan herramientas que permitan mantener a los ciudadanos estar informados sobre los riesgos colectivos importantes que les afecten. Así lo expresa en su preámbulo la actual ley del Sistema de Protección Civil español. Dentro de este marco, este trabajo presenta una propuesta para desarrollar las acciones asociadas a la divulgación y comunicación de un plan de emergencias como es el caso del PAIVPAL (Plan de Actuación Insular Volcánico de La Palma) a través del empleo de una aplicación basada en mapas que cuentan historias, cuyo nombre comercial es StoryMaps de ESRI. Los resultados han permitido evidenciar que el uso de este tipo de recursos posibilita desarrollar de forma efectiva las acciones de informar y formar a la ciudadanía, así como a los agentes vinculados con la gestión de cualquier tipo de plan de emergencias.

Palabras claves: protección civil, comunicación, StoryMaps, Islas Canarias.

The use of the stories with maps applied to the divulgation and communication in the context of the implementation of emergency plans

Abstract

In that, we use to call the Information Era based on the global internet, where wisdom has clearly surpassed the printed cartography and book frontiers. On the Disaster Risk Reduction field and specifically on the emergencies territorial planning implementation, a set of tools is demanded to keep informed the citizens, on the remarkable collective risks which affect them. In this way, it is written on the preamble of the current Spanish Law for the Civil Protection System. In this framework, this work shows a proposal to develop actions linked to the dissemination and communication of an emergency plan, as the PAIVPAL (La Palma Island Action Plan for Volcanic Emergencies), employing an application based on maps telling stories, which is commercially named StoryMaps from ESRI. The results have shown that the use of this kind of resources facilitates an effective

development of actions to inform and capacitate the citizens, as well as the operative agents linked to the emergency plan.

Keywords: civil protection, communication, StoryMaps, Canary Islands.

1. INTRODUCCIÓN

El concepto “mapas que cuentan historias” nos puede retrotraer a la amplia y magnífica historia de la cartografía. Científicos, cartógrafos, exploradores, viajeros y hasta grandes artistas como Leonardo da Vinci o Alberto Durero pusieron su grano de arena en la elaboración de mapas que incluso llegaron a construir o apoyar la construcción de la historia universal. No obstante, en la actualidad, este concepto puede tener otro significado, dentro del actual quinto orden tecnológico que se basa principalmente en la gran red unificada (internet) de agencias, compañías, instituciones, sociedad civil y academia que de algún modo cooperan en la generación de conocimiento en todas las esferas (Selivanova y Tagunova, 2006). Primero, porque siendo la herramienta más global, los mapas que cuentan historias, así como lo hacen las redes sociales virtuales, pueden compartir y situar en el espacio representado los aspectos más locales y específicos de un problema concreto; y segundo, porque la capacidad de su difusión, inmediatez, atractivo visual y complementariedad informativa, bien dirigidos pueden llegar a muchas personas y a muchos rincones en un tiempo récord.

Los mapas que cuentan historias son para los desarrolladores de la legendaria empresa del software ArcGIS, ESRI (Environment and System Research Institute), una aplicación web capaz de integrar mapas interactivos cuyo nombre comercial responde a Storymaps. Este se trata de un nuevo concepto en la comunicación de información a través de mapas, que combina la potencialidad de los contenidos web dinámicos con la integración de información espacial, también de carácter dinámico y accesible a consultas. La idea, desde el punto de vista de la información espacial, ha revolucionado la forma en que mostramos esta información cartográfica a través de internet. De manera tradicional siempre se ha considerado que los mapas hablan, pero posiblemente y gracias a la tecnología web y las bases de datos geográficas este concepto se esté enriqueciendo, haciendo que lo local se convierta en global y convirtiéndose en una herramienta de comunicación de primer orden (Bertrán, 2013).

Dentro del campo de la reducción del riesgo de desastres y en el marco de las acciones dirigidas a la planificación de medios y recursos para respuesta a un evento de desastre, tienen una enorme importancia los planes de emergencia territorial y/o los planes destinados a gestionar un riesgo específico y/o actuar de manera conjunta para responder y recuperarse de una emergencia o de un desastre vinculado al mencionado riesgo. Todos estos planes, además de conocer a través de una evaluación los riesgos o el riesgo específico que puede afectar al espacio territorial donde se desarrolla, también integran y proyectan la organización de los medios, la jerarquía y estructura de las actuaciones organizadas, además de, entre otros aspectos, un capítulo dedicado a la implantación del plan. Gran parte de las tareas de implantación tienen que ver con la difusión del plan, su contenido y estructura, pero también con la comunicación y la educación de la población con respecto al riesgo o a los riesgos que se hayan identificado. El plan contiene la proyección de futuras actuaciones, por ejemplo, la evacuación, el confinamiento u otras medidas de protección, que la población, en general debe conocer y ser partícipe de ellas. De hecho, el mismo preámbulo de la Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil, indica que todos los ciudadanos tienen derecho a estar informados sobre los riesgos colectivos importantes que les afecten, lo que obliga a los poderes públicos a divulgar las medidas dispuestas para contrarrestarlos, a recomendar conductas para prevenirlos y a dar la máxima participación ciudadana al planificar e implantar actuaciones ante las emergencias, que se configura también como un derecho.

En definitiva, existe la necesidad de divulgar medidas para la reducción del riesgo de desastres y hacer partícipe a la ciudadanía que requiere cada vez más de fórmulas cercanas, simples y, en cierto modo, atractivas, o adaptadas a la mencionada era tecnológica en la que nos encontramos. En este sentido, los mapas que cuentan historias pueden servir de soporte para realizar estas acciones. De hecho, el objetivo principal de este trabajo es el de desarrollar o construir una aplicación web cartográfica basada en StoryMaps de ESRI, orientada a la divulgación, la educación y la comunicación en el contexto de la implantación de planes de emergencia. Todo ello, concretamente, aprovechando el trabajo de planificación sobre la actuación insular frente al riesgo volcánico en la isla de La Palma (PAIVPAL), donde participa la Cátedra científica y tecnológica Reducción del Riesgo de Desastres y Ciudades Resilientes de la Universidad de La Laguna.

Si bien la aplicación se ha construido con el objetivo de presentar el presente trabajo, en realidad simula el contenido y el comportamiento que podría tener este StoryMap si su misión fuera la de comunicar y facilitar la participación, tanto de los medios operativos como de la ciudadanía general, la cual requiere tener información acerca del riesgo, de la preparación, la respuesta o la recuperación, en este caso orientado a la amenaza volcánica.

Los resultados muestran la posibilidad del uso de esta aplicación como herramienta comunicativa, pero sobre todo permite demostrar sus posibilidades dentro de un plan de emergencias, en este caso con ejemplos sobre un plan de actuación insular frente al riesgo volcánico. Además de realizar la demostración, que puede ser visualizada en este enlace <https://arcg.is/bD94j>, la autora realiza una autoevaluación de la aplicación en el apartado de discusión de este trabajo.

2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente trabajo es el desarrollo de una aplicación web cartográfica (StoryMaps de Esri) orientada a la divulgación, educación y comunicación en el contexto de la implantación de planes de emergencia. Por ello y como forma de satisfacer el objetivo anteriormente descrito, se han llevado a cabo una serie de objetivos específicos:

1. El desarrollo de un marco teórico que permita comprender los principales elementos que vertebran el presente trabajo. Esto ha dado lugar a que se traten temas vinculados con el riesgo volcánico en Canarias, los fundamentos del sistema de protección civil y, en último lugar, la cartografía como herramienta de comunicación para la reducción del riesgo de desastres.
2. Construir una aplicación web cartográfica a través de un StoryMaps en la que se ha representado a modo de ejemplo la presente investigación con la finalidad de poder reconocer sus principales características y potencialidades.
3. Valorar la utilidad de la herramienta web cartográfica como un elemento significativo para afrontar las fases de la divulgación y comunicación de un plan de emergencias durante su fase de implantación.

3. MARCO TEÓRICO

Los cambios socio-territoriales que ha experimentado en las últimas décadas una isla como La Palma han dado lugar a un aumento de la vulnerabilidad y exposición ante determinados riesgos de origen natural. Esto es especialmente significativo para el caso del riesgo volcánico, un hecho que ha propiciado que a nivel autonómico e insular se hayan desarrollado una serie de acciones vinculadas con el manejo de este riesgo con el fin de llevar a cabo una gestión eficaz ante futuras crisis volcánicas. Asimismo, dentro de las actuaciones que conforman el ciclo de la gestión del riesgo uno de los elementos de mayor significancia son las labores que están vinculadas con la implantación de las diferentes normativas en materia de protección civil. Estas normas a su vez destacan la importancia de establecer medidas de información, difusión y divulgación asociadas a los contenidos que desarrollan estos planes que permitan tanto a los órganos de coordinación y ejecución, así como a la población asegurar una mejor respuesta ante cualquier peligro de origen volcánico. Por todo lo expresado con anterioridad se han definido un total de tres ejes principales sobre los cuales se estructura la presente investigación: 1) El riesgo volcánico en las Islas Canarias; 2) Protección civil; 3) La cartografía como herramientas de información y comunicación para la Reducción del Riesgo de Desastres (RRD).

3.1. El riesgo volcánico en las Islas Canarias

La distribución de la amenaza volcánica en el globo varía en función de la cercanía a los bordes de las placas, el tipo de mecanismo eruptivo y el volumen de materiales que se emiten a la superficie (Lario y Bardají, 2016). En primer lugar, la cercanía a los bordes de placas, sobre todo a las zonas de subducción, suelen ser las que generan mayor actividad volcánica. En segundo lugar, si se habla de los tipos de mecanismos eruptivos, se pueden dividir en dos grandes tipos. Uno de ellos sería las erupciones efusivas que expulsan material fundido y el otro tipo serían las erupciones explosivas que expulsan material volátil. Por último, también hay que tener en cuenta la cantidad de materiales que se emiten a la superficie, ya sean materiales fundidos o columnas eruptivas.

En el caso de las Islas Canarias, el dinamismo eruptivo ha mantenido unos rasgos muy similares en los últimos 20.000 años (Anguita et al. 2002). La mayoría del volcanismo histórico de las islas se comporta como la erupción del Volcán de Teneguía (1971) en la isla de La Palma. Predominando las erupciones basálticas de tipo fisural con mecanismos eruptivos de tipo estromboliano. Esto se traduce en erupciones con una escasa

peligrosidad debido a que suelen presentar una baja explosividad y columnas eruptivas de escaso desarrollo vertical. Sin embargo, este tipo de erupciones pueden incrementar su peligrosidad si existe una interacción agua-magma, derivando en episodios freatomagmáticos los cuales si presentan mayores índices de explosividad. Asimismo y aunque presentan una menor probabilidad y frecuencia, es posible que se den erupciones de tipo fonolítico y con dinamismos de tipo pliniano como es el caso de Montaña Blanca en el flanco suroeste del Teide. No obstante, si obviamos estos últimos casos, el periodo de recurrencia de las erupciones de tipo basáltico en Canarias se estima entre los 26 y los 41 años con un intervalo de confianza del 95%, un valor que ha sido calculado a partir de las erupciones volcánicas históricas en Canarias (Figura 1).

Figura 1. Erupciones volcánicas históricas en Canarias

AÑO	ISLA	DENOMINACIÓN	LOCALIZACIÓN	FECHA
1430/1440	La Palma	Tacande o Mtna Quemada	Cumbre Vieja	?
1492	Tenerife	Erupción de Colón	??	24 y 25 Agosto
S. XVI	Tenerife	Boca Cangrejo	Dorsal de Abeque	?
1585	La Palma	Tehuya	Cumbre Vieja	19 Mayo/10 Agosto
1646	La Palma	Volcán Martín o de Tigalate	Cumbre Vieja	2 Oct/21 Dic
1667/1678	La Palma	Volcán de San Antonio	Cumbre Vieja	17 Nov/21 Ene
1704	Tenerife	V. de Sietefuentes	Dorso Cañadas	31 Dic/4 ó 5 Ene
1704/1705	Tenerife	V. de Fasnia	Ladera Sur	5 Ene/16 Ene
1705	Tenerife	V. de Arafo	Dorsal de Pedro Gil	5 Ene/16 Ene
1706	Tenerife	E. de Garachico	Dorsal de Abeque	5 May/13 Jun
1712	Tenerife	E. del Charco	Cumbre Vieja	9 Oct/3 Dic
1730/1736	Lanzarote	E. de Timanfaya	Sector centrooccidental	1/Sept/1730-16/Abr/1736
1798	Tenerife	E. Narices del Teide	Laderas Pico Viejo	9 Jun/14-15 Sep
1824	Lanzarote	V. de Tao o del Clérigo Duarte	Sector centrooccidental	31 Jul/31 Julio
1824	Lanzarote	V. Nuevo del Fuego	Sector centrooccidental	29 Sep/5 Oct
1824	Lanzarote	V. de Tinguatón	Sector centrooccidental	10 Oct/24 Oct
1909	Tenerife	V. del Chinyero	Dorsal de Abeque	18 Nov/27 Nov
1949	La Palma	Erupción de San Juan	Cumbre Vieja	26 Oct/18 Nov
1971	La Palma	V. del Teneguía	Cumbre Vieja	26 Oct/18 Nov
2011/2012	El Hierro	Mar de Las Calmas	Costa El Hierro	Oct 2011/ Mar 2012

Fuente: Extraído a partir de C. Romero (1990). Elaboración Propia.

Sin embargo, el riesgo en canarias no está aumentado porque se haya incrementado la peligrosidad volcánica, sino que este incremento del riesgo se justifica por causas socioterritoriales como el importante incremento poblacional y el rápido desarrollo socioeconómico experimentado. Las Islas Canarias son una de las regiones con mayor población expuesta a amenazas volcánicas a nivel mundial, tanto que su porcentaje es casi del 80% (GAR, 2015) . Además, a este factor se le añade la existencia de una baja percepción del riesgo volcánico por parte de la población que es debida a la baja frecuencia de erupciones volcánicas (UNESCO, 1987).

Cada isla que forma el archipiélago tiene un nivel de riesgo volcánico diferente y podemos decir que existe una correlación en la que, a mayor antigüedad de la isla, menor probabilidad de que se dé una reactivación del vulcanismo (Carracedo, 2004), siendo las islas más activas volcánicamente La Palma y Tenerife y El Hierro. Además, en los últimos años, las islas han experimentado un crecimiento exponencial de población y visitantes extranjeros, y con ello, el desarrollo de una mayor cantidad de infraestructuras. Esto ha provocado una mayor vulnerabilidad de la población ante cualquier evento de origen volcánico y, por ello, estos espacios han de contar con instrumentos que les permitan dar respuesta y mitigar los efectos de una posible erupción volcánica como es el caso de los Planes de Actuación Insular ante un Riesgo Volcánico (PAIV).

En este sentido, el PAIV cuyas directrices están determinadas por el Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por Riesgo Volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias (PEVOLCA, 2018), es el instrumento que se utiliza para cualquier tipo de emergencia volcánica a nivel insular. En él se recogen las distintas actuaciones y coordinación que debe de existir entre los diferentes órganos que forman parte del plan para tener una actuación rápida y eficaz ante una emergencia. Con todo ello, lo que se intenta es minimizar los daños que pueda provocar una emergencia volcánica y un rápido restablecimiento de los daños ocasionados por dicha emergencia.

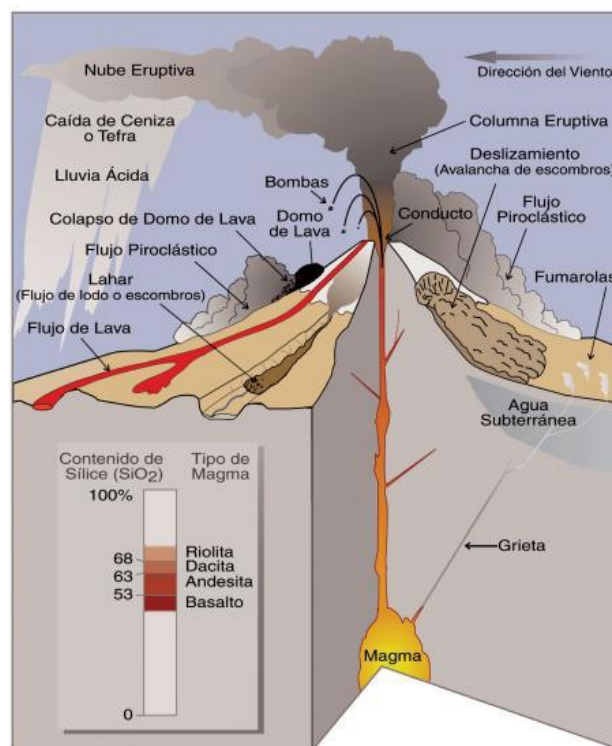
Dado el ámbito espacial del presente trabajo, es importante destacar como la isla de La Palma ha sido la primera en impulsar el desarrollo de su PAIV. Este documento cuenta con una serie de recursos como las fichas de zonificación donde se plasma los riesgos volcánicos que pueden afectar, los núcleos de población, población (sobre todo el grupo de personas vulnerables), los diferentes alojamientos turísticos, etc. Asimismo, esta ficha

contiene un mapa en el que se pueden ver las vías de comunicación, infraestructuras, equipamientos, dotaciones, etc.

3.1.1. Peligros volcánicos

Uno de los elementos más singulares dentro del riesgo volcánico y que lo diferencia de otros riesgos de origen natural, son los numerosos peligros que están asociados cuando acontece una erupción volcánica (Figura 2). Es por ello, que una erupción volcánica es un claro ejemplo de amenazas concatenadas (Martí, 2017) debido a que puede en un mismo ámbito espacial se pueden dar procesos como flujos volcánicos, coladas, lahares, expulsión de piroclastos y cenizas o peligros extrínsecos como la sismicidad, incendios, tsunamis, etc. A continuación, llevaremos a cabo un análisis de los peligros volcánicos que podrían generarse en La Palma.

Figura 2. Esquema de los distintos peligros volcánicos



Fuente: Servicio Geológico Americano (USGS)

El primero de ellos son los flujos lávicos, que se suelen dar en erupciones de tipo estromboliano (características en Canarias). Su baja velocidad de avance del flujo lávico provoca un nulo daño a la vida de las personas. En cambio, puede generar una gran pérdida de inmuebles por enterramiento, trituración o incendio. Casi todas las erupciones

de flujos lávicos han llegado y superado esta línea de costa. Otro peligro asociado a los flujos lávicos es la formación de bolas de acreción. Éstas son fragmentos lávicos superficiales que tienden a construirse de forma más o menos esférica (Wentworth y McDonald, 1953). En La Palma se pueden observar en coladas que pertenecen a las erupciones de Coladas Negras, El Tesoro, Timanfaya, El Charco, Teneguía, etc. Estas bolas de acreción pueden afectar seriamente a vegetación y cultivos por impacto. También tienen la capacidad de rodar pendiente abajo y sobrepasar la zona dominada por el flujo lávico, ocasionando un peligro a considerar (Romero y Beltrán, 2015). Además, su impacto directo puede generar daños a elementos no móviles del territorio o generar incendios cuando tras su impacto, se rompen, mostrando su núcleo caliente.

También existen peligros cuando las lavas se adentran en el mar. Uno de ellos es el colapso que se puede generar en los deltas y plataformas lávicas y en acantilados. Como bien sabemos, cuando las lavas se adentran en el mar, dan lugar a un aumento de la superficie en forma de deltas (Romero y Beltrán, 2015). La lava que acaba en contacto con el mar se fragmenta por enfriamiento y forman un nivel basal sobre el que se asentarán las lavas que formarán el delta. Lo que puede ocurrir es que cuando el nivel basal se encuentra en una pendiente pronunciada, las lavas del delta pueden llegar a provocar colapsos, deslizamientos, explosiones violentas o caída del frente de lavas a cientos de metros de profundidad. La estabilización de estos deltas puede llevar meses (Poland y Orr, 2014 y Di Traglia et al, 2018), por ello, es un riesgo más que probable y que hay que tener muy en cuenta. En el caso de la isla de La Palma, sus flancos se prolongan bajo el mar sin grandes modificaciones de pendiente, lo que ayuda a la inestabilidad de los depósitos que han sido enfriados y con ello, el desarrollo de colapsos reiterados.

Otro gran peligro asociado a la creación de estos deltas es la creación de volcanes litorales debido al contacto súbito lava-agua que da lugar a la explosión de rocas calientes y lavas. Estas erupciones secundarias son muy difíciles de predecir y pueden suponer un gran peligro para los visitantes que acuden para presenciar la erupción principal. Un ejemplo claro es la erupción de Kilauea de Julio de 2018, que causó 23 heridos por el impacto de rocas expulsadas por dicho cráter (Loockwood y Hazlett, 2013). La mayoría de la actividad volcánica de La Palma se emplaza en la dorsal de Cumbre Vieja. Sus dorsales se caracterizan por tener una elevada pendiente, lo que ha causado que 6 de las 7 últimas erupciones hayan llegado al océano. Gracias a este fenómeno de aumento de la superficie

insular, hoy en día son espacios utilizados para el cultivo y para el asentamiento de parte de la actividad turística de La Palma.

Del mismo modo otro de los peligros más importantes que pueden generar los deltas es el colapso de ellos, con la consecuente generación de tsunamis (Di Traglia et al, 2018). Este fenómeno puede ocurrir por dos motivos: o por el colapso de una parte de la estructura del delta o por el deslizamiento de la parte sumergida (Bonaccorso et al., 2003; Chiocci et al., 2008).

Los piroclastos de caída, como su propio nombre indica, son expulsados por una erupción en forma de roca. Estos fragmentos expulsados pueden ser de diferente granulometría y suelen seguir trayectorias parabólicas (Wilson, 1972; Fagents y Wilson, 1993, Bower y Woods 1996). Un estudio de Fitzgerald et al. (2017) indica que los piroclastos pueden ser potencialmente dañinos para las personas siendo la causa más frecuente de fallecidos en cuanto a erupciones volcánicas se refiere. De la misma forma los piroclastos también provocan importantes daños en infraestructuras y equipamientos, así como también pueden afectar a la agricultura, contaminación de las aguas, problemas en la red de alcantarillado, etc. (Siebe et al., 2004). En el caso concreto de Canarias, existe un estudio que aborda indirectamente el posible impacto de este peligro en las islas (Galindo et al, 2013), en este trabajo se estima que los fragmentos proyectados de un cono perteneciente a Timanfaya pudieron acarrear distancias de daño probable de 200-400 metros para los fragmentos más grandes y más de 1 km para fragmentos más pequeños.

Los piroclastos de dispersión es el peligro que tiene una afección en el territorio más amplio (Wilson et al, 2012). Las partículas más peligrosas son las cenizas finas (<1 mm) y cenizas muy finas (<63mm) ya que estas pueden permanecer suspendidas en la atmósfera y con ello, desplazarse a mayores distancias (Rose y Durant, 2009). Estas partículas, una vez asentadas en la superficie, pueden ser removilizadas durante meses, lo que incrementa su peligrosidad (Wilson et al., 2012; Thorsteinsson et al., 2012; Arnalds et al., 2013; Liu et al, 2014). La acumulación de cenizas en las diferentes infraestructuras, cultivos o vegetación puede causar daños y si a esto se le suma el agua, la carga total podrá aumentar considerablemente, y con ello, el riesgo (Macedonio y Costa, 2012). Estos piroclastos de dispersión se diseminan en función de los vientos dominantes y pueden asentarse a miles de kilómetros, todo depende de la fuerza del viento, tamaño de

la ceniza, altura de la columna eruptiva, etc. (Luhr y Simkin, 1983). Las cenizas volcánicas no suelen generar problemas graves de salud, solo en erupciones muy explosivas que den lugar a cenizas de granulometría muy pequeña ($4 \mu\text{m}$) (Rose et al., 2001) y que, como consecuencia, son fácilmente respirables. Existen muchos efectos a infraestructuras por las cenizas que pueden ser consultados en (Wilson et al., 2012). Los principales son la caída de cenizas, efectos en el abastecimiento de agua (contaminación o bloqueo del suministro), riesgo de derrumbamiento de techos, efectos sobre la calles (pérdida de visibilidad, dificultad para la circulación, etc.), efectos de bloqueo en redes de alcantarillado, efectos sobre las redes eléctricas (causado por cenizas húmedas), efectos en los aeropuertos, formación de avalanchas de la acumulación de cenizas ante lluvias torrenciales, afección a las cosechas agrícolas y vegetación natural.

En el caso concreto de Canarias, existen ejemplos de erupciones cuyos efectos han sido más alejados (Romero, 1991). Como norma general, la distribución de las cenizas puede llegar a afectar a una o varias islas, pero su potencia acumulada no suele ser importante. La expansión de las cenizas suele estar vinculada al contacto agua- magma, que genera una mayor explosividad (Solana, 2010). En el caso de la isla de La Palma, la erupción de San Juan en 1949 fue muy explosiva debido al contacto del magma con aguas freáticas y, como consecuencia, las cenizas afectaron no solo a La Palma, sino también al Hierro.

A continuación, hablaremos de los Lahares. Éstos están compuestos por fragmentos de roca (depósitos de flujo y piroclastos de caída) movilizados por agua que discurren por la pendiente formada por los flancos de los volcanes. Además, este fenómeno puede darse durante una erupción o meses después de la finalización de ésta (Vallance et al, 2015). En Canarias, no existen evidencias del desarrollo de este tipo de procesos a excepción de la erupción del San Juan en 1949, en La Palma. Se produjo 3 meses después de dicha erupción y afectaron a infraestructuras y, desgraciadamente, la muerte de algunos operarios que trabajan en un viario que había sido afectado por otro lahar días previos (Romero Ortiz y Bonelli Rubio, 1951; Martel San Gil, 1960).

Es bastante común que, en erupciones volcánicas, sucedan tormentas eléctricas, llamadas comúnmente como “tormenta sucia” o “relámpago volcánico”. Se han propuesto diferentes mecanismos del porqué de su generación como por ejemplo la carga generada por la colisión de las partículas que forman las cenizas (James et al; 2000), o por su

fracturación (Gilbert et al, 1994), o por el aumento de la presión repentina de la columna eruptiva debido a los diferentes pulsos explosivos (Cimarelli et al, 2014). McNutt y colaboradores (2010) creen que el agua es un elemento esencial para que se dé este fenómeno. Sus daños al territorio son escasos o poco probables, pero ocasionalmente se han descrito muertes como por ejemplo en el volcán mexicano del Parícutín en 1949 (Luhr et al, 1993). Además, algunos centros de emisión se encuentran rodeados por vegetación y los rayos pueden causar incendios (Romero y Bonelli, 1951) . En el caso de La Palma, hay menciones sobre la formación de rayos en la erupción del San Juan de 1949, seguramente debida al contacto agua-magma.

En cuanto a los colapsos estructurales y deslizamientos gravitacionales son un peligro a tener en cuenta, ya que pueden iniciarse en cualquier momento, tanto en movimientos sísmicos como meses después de ellos. Las causas pueden ser la intrusión de magma, actividad sísmica, alteración hidrotermal y la estructura preexistente (Voight et al., 1983; Thompsom et al, 2010). Las consecuencias de dicho fenómeno son el enterramiento de todo lo que se encuentre a su paso, causando una descompresión litosférica cuyo resultado puede dar lugar a explosiones. También se puede dar un fenómeno de deslizamiento de materiales en el fondo submarino que puede provocar tsunamis (Moore y Moore, 1984).

Un fenómeno que está directamente relacionado con el vulcanismo es la sismicidad. Éste es el que mayor daño genera, ya que acompaña a la erupción antes, durante y después del periodo eruptivo. Los eventos sísmicos se pueden clasificar en sismos volcano tectónicos, relacionados con la acumulación de esfuerzos en una determinada zona que llega a un punto que desencadena el fallo del material y como consecuencia, la liberación de esta (Quintero, 2005). Estos sismos pueden ser de dos tipos. El tipo A se da antes y durante el episodio eruptivo y en profundidades de 1 a 20 kilómetros y el tipo B se encuentran en un área de un kilómetro alrededor de los cráteres activos pero sus magnitudes son menores. También existen ondas superficiales que tienen una duración mayor que los sismos de la misma amplitud y que se mantienen constantes en el tiempo llamadas tremor volcánico (Quintero, 2005).

El gran peligro que pueden generar los movimientos sísmicos son las inestabilidades de las laderas (Delgado et al, 2013). En el caso de La Palma, existen numerosos ejemplos de

dicho fenómeno, como la erupción del San Juan en 1949, donde la sismicidad provoca desprendimientos locales, afectando a las carreteras insulares de la isla.

Las erupciones volcánicas emiten mayoritariamente vapor de agua (H_2O) (Williams y McBirney, 1979) pero en menor proporción existen otros gases como el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), nitrógeno (N), etc. que son tóxicos en las cercanías de los centros de emisión (Scott, 1989). Por ello, es importante estudiar de forma continuada las concentraciones de gas en zonas de riesgo para evacuar a la población si fuera necesario. En el caso de La Palma, el lugar donde se ha medido mayor cantidad de CO_2 ha sido en la parte sur de la dorsal de Cumbre Vieja (Padrón et al., 2007)

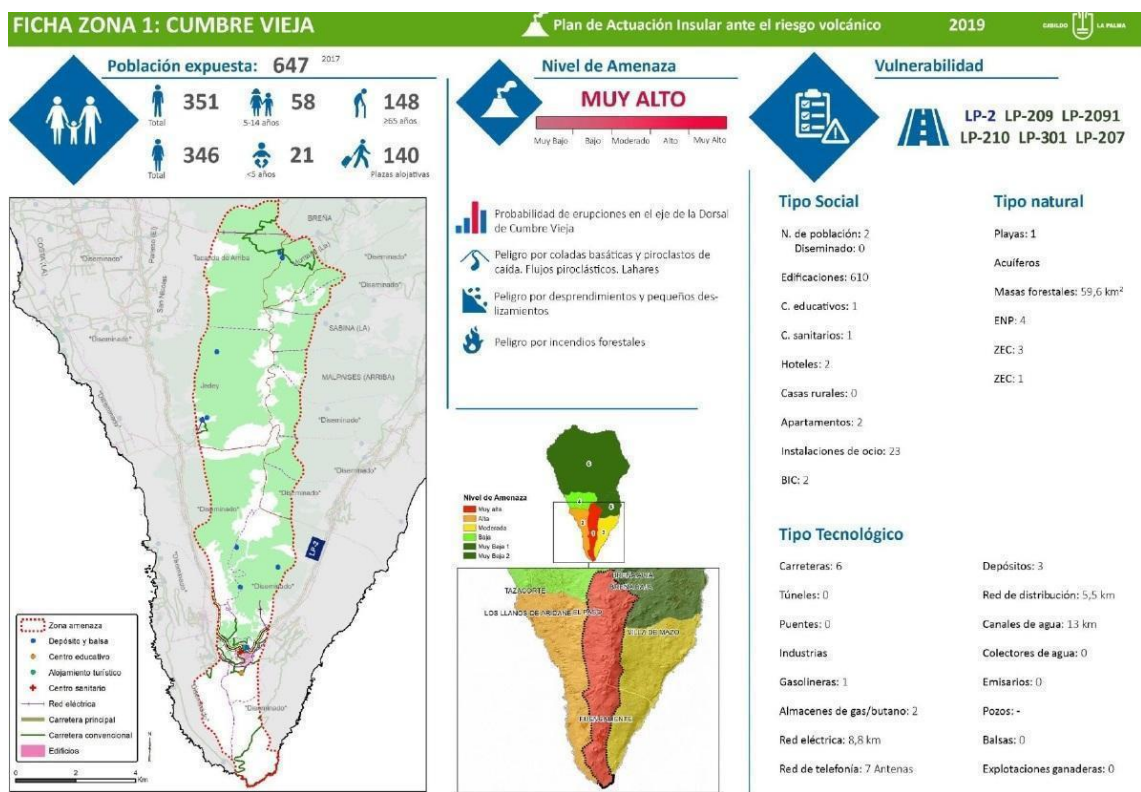
A continuación, se analizarán los peligros extrínsecos. Estos son los que su peligro está derivado de la amenaza volcánica, es decir, que no son causados directamente por el volcanismo (PEVOLCA, 2018). Uno de ellos son los tsunamis, que son trenes de olas de largo periodo generadas por el desplazamiento de fallas geológicas o inducidas por el volcanismo. Esta última causa es poco probable pero que puede llegar a causar un gran daño en zonas lejanas al foco eruptivo (Nishimura, 2008). Los fenómenos volcánicos que pueden dar lugar a tsunamis son los sismos volcánicos, explosiones volcánicas submarinas, deslizamientos, o flujos piroclásticos que entran en contacto con el agua, etc (Press y Harkrider, 1966). En cuanto a los métodos de prevención, existe un sistema de alarma ubicado en el océano a centenares y miles de kilómetros de la zona de afección, sin embargo, las personas que se encuentren en la línea de costa tienen un tiempo escaso para evacuar la zona. La Palma es un lugar tsunamigénico debido al deslizamiento de Cumbre Vieja.

Otro peligro extrínseco son los incendios forestales, concretamente los vinculados a corrientes de densidad piroclásticas, caída de cenizas, lahares, flujos lávicos, etc. Estos fenómenos pueden generar incendios en la vegetación que se encuentre cerca del punto de emisión. Un ejemplo claro es la erupción de 1949 en La Palma, donde el día que comenzó la erupción, ya se evidencian daños a los pinares que se encuentran cerca de los puntos de emisión (Romero Ortiz y Bonelli Rubio, 1951) y el segundo día se comenzaron a producir incendios.

3.1.2. Zonificación del riesgo volcánico en La Palma

Después de explicar todos los riesgos volcánicos existentes, se hablará de la zonificación del riesgo de La Palma llevada a cabo por el PAIV. Como se ha mencionado anteriormente, la dorsal “Cumbre Vieja” es donde se ha desarrollado todo el volcanismo histórico (7 erupciones) convirtiéndose en el lugar más propenso a sufrir erupciones volcánicas en un futuro. La zonificación de peligrosidad volcánica de la isla de La Palma (Figura 3) está basada en mapas de riesgo volcánico elaborados por Carracedo (Carracedo, 2001) (Figura 4) y tiene en cuenta la actividad volcánica de las últimas decenas de miles de años, su caracterización y delimitación de sus efectos, la identificación de sus materiales emitidos, el estudio de la naturaleza de sus magmas. Con todo ello, se ha clasificado La Palma en 5 niveles de peligrosidad.

Figura 3: Ficha de zonificación del riesgo volcánico en Cumbre Vieja



Fuente: Plan de Actuación Insular frente al Riesgo Volcánico de la isla de La Palma (PAIVPAL).

Figura 4: Distribución de los conos eruptivos que forman plataformas y los flujos de lava en el volcán Cumbre Vieja.



Fuente: Carracedo, J. C., Rodriguez-Badiola, E., Guillou, H., Nuez Pestana, J. D. L., & Pérez Torrado, F. J. (2001). Geology and volcanology of La Palma and El Hierro, Western Canaries. Estudios Geológicos.

3.2. El sistema de protección civil

El estudio de los riesgos de origen natural ha tenido un rápido desarrollo durante la última década, tanto a escala internacional (Natenzon, 1995; Vilches et al., 2011), nacional (Olcina, 2009; Huguet, 2019) como autonómica en el caso de las Islas Canarias (López-Díez, 2016; Dorta, 2007). Este incremento en el número de trabajos y por tanto en el interés de esta temática ha estado motivado por tres factores. En primer lugar, el impacto año tras año de desastres de origen natural hasta tal punto que según la Comisión Europea (2015) cada año más de 300 millones de personas resultan afectadas (fallecidas, heridas, desplazadas, etc) causando importantes pérdidas que para el periodo comprendido entre 2000 y 2019 se estimaron en unos 2,97 trillones de dólares (CRED, 2020). En segundo lugar, estudiar de forma pormenorizada cada uno de los componentes que integran el riesgo (amenaza, exposición y vulnerabilidad) se ha convertido en un elemento esencial para comprender las causas tanto naturales, pero fundamentalmente socio territoriales que generan estos desastres. Además, tal y como se desprende de múltiples trabajos científicos (Cardona, 1993; Rivero et al., 2017; Díaz, 2018; Criado, 2019) la exposición y la

vulnerabilidad se conforman como los elementos centrales para reducir y mitigar los impactos de estos fenómenos. Finalmente, en tercer lugar, a nivel territorial se ha hecho imprescindible consolidar los mecanismos de preparación y respuesta ante cualquier evento de desastres, con el objetivo de que éstos les permitan organizar sus propios recursos humanos y materiales para dar respuesta ante determinados tipos de riesgos. En este sentido, el mecanismo de respuesta más ampliamente desarrollado ante situaciones de desastres y/o emergencias es lo que se conoce como el sistema de protección civil.

La protección civil, tradicionalmente ha estado muy asociada al manejo o la gestión del desastre, es decir, lo que se conoce como las acciones de respuesta (Macías, 1999; Estes, 2013), unas acciones que tienen como principal finalidad afrontar *in situ* las situaciones originadas por determinados riesgos. Este modelo clásico de actuación de protección civil predominó hasta finales del siglo XX (Huguet, 2019), un hecho que se deriva de una concepción basada en la conocida “defensa civil”, conformada después de la Segunda Guerra Mundial y que se articuló bajo el precepto de garantizar la seguridad nacional en caso de conflicto bélico (López, 1986). No obstante, este predominio de la respuesta se ha modificado en las últimas décadas. Con el desarrollo de los marcos internacionales, así como de leyes y normativas nacionales se ha dado lugar a que se integren nuevas concepciones que abordan todas las dimensiones del riesgo tanto en lo que se refiere al antes, durante y después de un desastre. De este modo, se puede afirmar que por ejemplo de cara a un riesgo como las inundaciones sería igual de importante las acciones de planificación y ordenación del territorio como aquellas enfocadas al manejo de la situación como, por ejemplo, el uso de bombas de extracción o de achique.

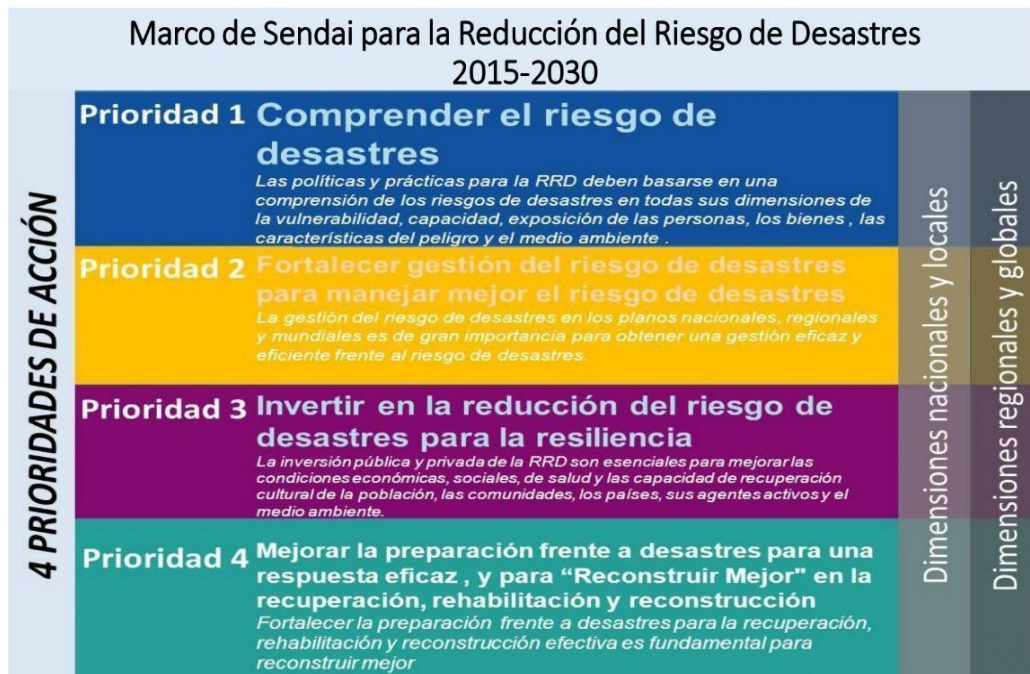
Como se afirmó con anterioridad este cambio de paradigma se fundamenta en el actual marco legal asociado a las acciones de Protección Civil existentes tanto a nivel internacional, nacional como autonómico.

3.2.1 Nivel internacional

A nivel internacional, el principal instrumento es el conocido como el Marco de Sendai que sustituyó al Marco de Hyogo. El Marco de Sendai fue aprobado en el año 2015 en Sendai durante la Conferencia Mundial sobre la Reducción de Riesgo de Desastres y que estará en vigor hasta 2030. Este marco global persigue a través de 7 objetivos evitar que se produzcan nuevos riesgos, así como la reducción del riesgo existente y reforzar la resiliencia de aquellos ámbitos expuestos a sufrir importantes desastres.

Por todo ello, el Marco de Sendai es el actual documento internacional de consenso que funciona como “guía” a los países para elaborar sus propias normativas en materia de protección civil a través de implementar las prioridades que define el propio documento (Figura 5).

Figura 5: Las 4 prioridades del Marco de Sendai



Fuente: Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030

3.2.2. Nivel Nacional

A nivel nacional, se dispone de la Ley de Protección Civil Española que tiene la función de llevar a cabo actividades para la prevención de riesgos y poner a disposición del servicio de defensa lo necesario para minimizar el impacto de las catástrofes. El sistema nacional de Protección Civil lo ampara la Constitución Española y los Estatutos de Autonomía. Se encuentra configurado por la Ley 17/2015, de 9 de julio. Anteriormente se encontraba amparado por la Ley 2/1985 del 21 de enero. Esta última fue la norma que construyó el primer marco de actuación en materia de protección civil y en el cual se adapta a la estructura del país y regía el mecanismo de cooperación entre las diferentes administraciones (Estado, CCAA y Entidades locales). Esta normativa nacional fue actualizada en 2015 con la Ley 17/2015 debido en primer lugar a la aparición de entidades como la Unidad Militar de Emergencias (UME) y, en segundo lugar, para integrar los nuevos enfoques dentro de la gestión del riesgo con el fin de seguir mejorando la

cooperación entre administraciones en caso de una emergencia o desastre.. Asimismo, con la Ley 17/2015 se busca llevar a cabo un modelo que ayude una dirección y coordinación eficaz ante una emergencia. Las principales novedades de esta ley es que la protección civil se fortalece como servicio público, plantea las actuaciones que puede llevar a cabo el Sistema Nacional de Protección Civil y en último lugar contempla la importancia de fortalecer tanto la fase previa como posterior de una emergencia o desastre, lo que significa, como se ha planteado con anterioridad que se integra en los planteamientos determinados por los marcos globales de Reducción del Riesgo de Desastres tanto en anterior Marco de Hyogo como el ya citado Sendai.

3.2.3. Nivel Autonómico y local

A nivel autonómico, cada administración (ya sea local, insular o autonómica) tiene como instrumento base el Real Decreto 407/1992, de 24 de abril, por el que se aprueba la Norma Básica de Protección Civil, para llevar a cabo los Planes Territoriales y los Planes Especiales. Unos documentos que son los encargados de determinar los riesgos potenciales que hay que regular en cada ámbito territorial así como los servicios que actuarían en caso de una emergencia u otros criterios sobre la coordinación y movilización de los recursos.

Los planes territoriales son un instrumento utilizado para emergencias generales que puedan surgir y se activan dependiendo del ámbito geográfico al que pertenezcan. En Canarias existe un plan rector que es el Plan Territorial de Protección Civil de la Comunidad Autónoma de Canarias (PLATECA). Este fue aprobado por primera vez en 1997 y actualizado en 2005 y, posteriormente, en 2015. El PLATECA es el documento que contiene la estructura jerárquica y coordinación de los recursos de los diferentes organismos que tienen que intervenir con el único objetivo de lograr una adecuada respuesta ante una emergencia.

A nivel insular, cada cabildo elabora su plan insular. En Tenerife, dicho plan es llamado Plan Territorial Insular de Emergencias de Tenerife (PEIN). Este instrumento comenzó a ser utilizado por el Cabildo de Tenerife en 2004. Recientemente (16 de marzo de 2020), el PEIN ha sido homologado. Tiene la misma función que el PLATECA, con la diferencia de que su rango de actuación y de recursos tiene una escala insular.

Por último, a nivel municipal se dispone de los Planes de Emergencias Municipales (PEMU) que deben ser elaborados por cada ayuntamiento. Asimismo, y en base a lo recogido en el el PLATECA, todos los municipios canarios deberían elaborar su Plan de Emergencias Municipal.

Los planes especiales, al contrario de los planes territoriales, se encargan de ordenar riesgos concretos, independientemente del ámbito geográfico en el que se encuentren. Estos riesgos pueden ser de origen natural, antrópico o aquellos asociados a concentraciones humanas. Estos planes se pueden dividir en planes básicos (para conflictos bélicos o emergencia nuclear y son de competencia exclusiva del Estado) o en Planes Especiales (hacen referencia a riesgos volcánicos (PEVOLCA), incendios forestales (INFOCA), seísmos (PESICAN), etc. Se elabora a partir de las Directrices Básicas que son las que rigen los fundamentos y estructura básicos que deben tener dichos planes). De este modo, uno de los planes que mayor interés tiene dada la temática de este trabajo es el conocido como PEVOLCA o Plan Emergencias Volcánica de Canarias, que a su vez determina en gran medida el desarrollo de los Planes de Actuación Volcánica a nivel insular y municipal (PAIV).

En cuanto a los planes específicos cabe destacar que en Canarias existen dos. Uno es el Plan Específico de Protección Civil y Atención de Emergencias de la Comunidad Autónoma de Canarias por riesgos de fenómenos meteorológicos adversos (PEFMA) y el otro es el Plan específico de contingencias por contaminación marina accidental de Canarias (PECMAR).

3.3. Cartografía para el apoyo a las acciones de reducción del riesgo de desastres.

Desde el punto de vista de los desastres y de la gestión del riesgo, como ya se ha comentado en el apartado anterior se distinguen 3 fases temporales: antes, durante y después del desastre. Las condiciones que se suceden antes de un desastre dan lugar a que se haga necesario explicar el concepto “Riesgo de desastres” definido como la probabilidad de sufrir daños o pérdidas futuras relacionadas con un evento de tipo físico que puede impactar a la sociedad (Narváez, 2009). Es por ello que a la hora de intervenir para reducir el impacto de un desastre, se debe mejorar la capacidad de respuesta durante la fase previa por ejemplo, a través de la mejora de los sistemas de alerta temprana o

medidas no estructurales como la ordenación del territorio o la educación.. Del mismo modo durante una emergencia o desastres resulta imprescindible desarrollar mecanismos que garanticen una óptima respuesta ante cualquier evento mediante la optimización de las acciones destinadas a la intervención. Finalmente, después del fenómeno resulta imprescindible aquellas acciones enfocadas en la vuelta a la normalidad a través de la rehabilitación y reconstrucción de los medios de vida dañados en aquellos territorios afectados. En la gestión de cada una de las fases descritas, hay un elemento que ha cobrado gran relevancia durante los últimos años, la cartografía (Olcina y Díez-Herrero, 2017).

Siguiendo las mencionadas fases temporales con las que se caracteriza un desastre, en la etapa ex-ante, generalmente se emplea la cartografía, entre otras cosas, para elaborar los denominados “Mapas de Riesgo”, que permiten identificar sujetos expuestos a un riesgo, calcular la probabilidad de ocurrencia y medir el daño potencial de dicha ocurrencia (Rodríguez, 2013) . En cambio, durante el desastre, la cartografía se transforma en un elemento fundamental de apoyo para la respuesta, la toma de decisiones, así como para la gestión de los diferentes equipos operativos. De esta misma forma, sirve también para localizar medios y recursos. En la etapa después del desastre, la cartografía se muestra extremadamente útil durante las tareas de rehabilitación y vuelta a la normalidad.

Por todo ello, es importante citar a continuación algunas de las utilidades de la cartografía dentro de la RRD entre las que se han seleccionado por su importancia:

- Cartografía del riesgo
- Cartografía de la amenaza y de la vulnerabilidad
- Educación, divulgación y comunicación a la población

3.3.1. Cartografía del riesgo

El mapa de Riesgos muestra la amenaza con relación con los impactos potenciales que pueden generar esta amenaza sobre las personas, bienes y actividades. Es decir, se elaboran a partir de cartografía que localiza el fenómeno físico que le afecta (huracanes, volcanes, olas de calor, epidemias, etc.) y a partir de cartografía que localiza a los elementos expuestos (población, infraestructuras, bienes y servicios, etc.) (Masgrau, 2004).

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y sus productos cartográficos permiten un análisis espacial e identificación de patrones. Por ello, son una herramienta útil para llevar a cabo un análisis, diagnóstico y evaluación del riesgo para así, poder reducirlo. (Milla, 2005). En cada una de las fases temporales comentadas anteriormente, la cartografía juega un papel importante, pero, sobre todo, en el análisis del riesgo. El análisis del riesgo conlleva a su vez el análisis de otros dos elementos. Uno de ellos es la amenaza, que hace referencia a la posibilidad de que ocurra un suceso que cause algún daño a la sociedad. Otro factor es la vulnerabilidad, referida al daño que puede sufrir una persona, infraestructura u objeto debido al impacto de un desastre (Lavell, 2001). A su vez el análisis del riesgo, que generalmente tiene reflejo en la cartografía, se integra dentro de la evaluación del riesgo.

El análisis del riesgo está conformado por varios procesos que son los siguientes: la identificación de la amenaza, la evaluación de la amenaza, los elementos en riesgo y la evaluación de la vulnerabilidad. Con todo ello, se puede formular una estimación del riesgo y una posterior valoración de este para poder llevar a cabo la evaluación del riesgo (Van Westen, 2019). Con ayuda de los SIG, podemos tener una estimación del riesgo que puede estar plasmada en algún tipo de representación continua o en entidades discretas (Isidro, 2009).

El análisis del riesgo, en definitiva, nos descubre geográficamente y a distintas escalas de análisis a qué zonas o áreas espaciales deben prestarle más atención desde el punto de vista de la gestión del riesgo. Hoy en día existen muy pocos planes o evaluaciones de riesgo que no contengan algún tipo de cartografía del riesgo (Martínez, 2013; Hernández-Uribe, 2017; Herrero, 2008; Ortiz, 2001)

3.3.2. Cartografía de la amenaza y de la vulnerabilidad

La cartografía referente a la amenaza o amenazas existentes en un territorio sirve para zonificar las áreas expuestas a diferentes amenazas o peligros (como movimientos sísmicos, erupciones volcánicas, inundaciones, etc.) Al igual que los mapas de riesgo, estos son esenciales para elaborar planes de prevención, mitigación y preparación ante un desastre. Además, la identificación y localización de la probabilidad de impacto de una amenaza en el territorio es un ejercicio indispensable dentro del análisis del riesgo, tal y

como indican multitud de enfoques académicos, evaluaciones o instrumentos de planificación (Demoraes, 2001; Robayo, 2014; Del Cid, 2017; Bueno, 2014)

La cartografía que hace referencia a la vulnerabilidad consiste en la identificación de los elementos vulnerables o en riesgo (infraestructuras, población, dotaciones y equipamientos, etc.) Esta cartografía está muy ligada a la cartografía de la amenaza, ya que, con ella, se puede saber el área de extensión que se tendrá que analizar en la vulnerabilidad. Gracias a los SIG, la identificación de los elementos vulnerables ya no supone un trabajo difícil. Cada elemento expuesto a una amenaza se debe clasificar en función de las características de vulnerabilidad frente a la amenaza en cuestión. Estas características pueden ser de tipo físico, económico, social, ambiental y político. Por ello, al clasificar los elementos expuestos en función de las características de vulnerabilidad descritas anteriormente, se les puede dar un valor para llevar a cabo un “ranking” en el que los elementos con mayor puntuación son los que presentan una mayor vulnerabilidad. (López, 2020)

3.3.3. Mapas para la educación y la comunicación en el contexto de la RRD

En puntos anteriores se han presentado los diferentes tipos de mapas que existen para gestionar la reducción del riesgo de desastres. Definiendo y clasificando el riesgo, la vulnerabilidad y la amenaza se han podido elaborar dichos mapas, siendo muy útiles a la hora de enfrentar una emergencia. Sin embargo, todo este trabajo anteriormente comentado, no adquiriría ningún protagonismo si no se realizan acciones de divulgación. Por ello, es importante que los servicios de emergencia y la población general tengan como mínimo unas nociones básicas de qué hacer ante un riesgo para reducir su impacto en personas y materiales. De este modo, la parte asociada con la comunicación y divulgación de los diferentes mapas debe considerarse como uno de los objetivos bajo los que se desarrolla la cartografía asociada a emergencias.

Para la educación y comunicación de los mapas existen diferentes soportes en los que plasmar dicha información. En los Planes de Emergencias Municipales, existe un Capítulo dedicado a la implantación de dicho plan en el que se aseguran de su difusión mediante un programa de información para que tengan conocimiento del Plan todas las personas que intervienen en él y sea accesible para la ciudadanía. Además, en la actualidad se pueden observar mapas de riesgo con cierta asiduidad, incorporados en

revistas, periódicos, noticias como por ejemplo cuando se habla de los diferentes avisos y alertas meteorológicas (Martínez, 2015; AEMET, 2021). También tanto en Planes de Emergencia como en noticias o revistas especializadas, es posible identificar los conocidos como mapas de evacuación en los que se delimita las Zonas de Planificación de la Emergencia (EPZ) (Sorensen et al., 1987) para la correcta actuación de los servicios de emergencia y evacuación de la población en el caso de que se desarrolle cualquier tipo de amenaza (Church et al., 2000).

En definitiva, los mapas constituyen una herramienta muy potente para la comunicación en el contexto de la RRD, sin embargo, no todos los mapas tienen el mismo nivel de utilidad o capacidad informativa. Su atractivo, desde el punto de vista del receptor, puede derivar entre otras cosas, del tipo de formato (digital, web, papel, etc.), su facilidad de acceso, capacidad de síntesis, etc. En este sentido, y teniendo en cuenta que actualmente la mayoría de las personas cuentan con acceso a internet, en este contexto, las denominadas historias con mapas construidas en lenguaje web, están demostrando un enorme potencial. Herramientas como el StoryTelling de la plataforma Carto (carto.com), (Carto, 2014; Carto, 2021) o el Story Maps de Esri (esri.com), (Frączek, 2021; Frączek, 2020) suman cada vez más usuarios y sus proyectos se multiplican.

Las historias con mapas podrían tener cierta similitud con los mapas conceptuales utilizados en la educación, en los que se prioriza la información más importante y se desecha la menos relevante para visualizarla de manera clara y concisa (Vidal, 2007). Además, estas historias incluyen ilustraciones y mapas, con lo que siempre se resalta el carácter geográfico del problema, fenómeno o cuestión que se pretende comunicar. Hasta hace unos años, las historias y los mapas siempre se habían creado de manera paralela pero las historias con mapas fusionan estas dos tareas, permitiendo contar una narrativa y a su vez, situarla en un espacio geográfico (The ArcGis Book, 2021). Además, tanto el mapa como las historias pueden actualizarse. Incluso, en el caso del mapa u otra información proveniente de bases de datos, de manera automática.

Con todo lo anteriormente descrito, y asociado a la evolución de la tecnología y del conocimiento. A día de hoy se dispone de múltiples herramientas que permiten divulgar y educar a los organismos competentes y a la población sobre los diferentes riesgos que

se pueden dar en su territorio y el cómo actuar de manera rápida y eficaz ante ellos para completar la tarea de la reducción del riesgo de desastres.

4. METODOLOGÍA

Este trabajo se ha desarrollado siguiendo una secuencia metodológica que se encuentra directamente relacionada con los objetivos específicos planteados. De este modo, pueden definirse claramente una serie de etapas o fases dentro de esta secuencia, las cuales también obedecen a cierta lógica desde el punto de vista cronológico. Las etapas descritas son las siguientes:

- Etapa 1. Elección del tema del trabajo.
- Etapa 2. Desarrollo del marco teórico.
- Etapa 3: Desarrollo de una aplicación de historia con mapas.
- Etapa 4: Valoración del proceso de construcción, diseño y resultado visual de la aplicación.

Etapa 1: Elección el tema del trabajo

Esta fase consiste en la búsqueda de un tema sobre el que desarrollar el trabajo. El tema elegido ha sido el desarrollo de una aplicación web cartográfica orientada a la divulgación, educación y capacitación en el contexto de la implantación de planes de actuación frente al riesgo volcánico (PAIV). Los motivos de esta elección han perseguido desarrollar una aplicación web muy útil en el campo de los sistemas de información geográfica con la finalidad de usarla para divulgar de manera clara a la población aplicándola a un contexto concreto como es el PAIV de la isla de La Palma. Esto da lugar a que la temática propuesta sea novedosa e innovadora debido a que ésta puede servir también para divulgar cualquier otro tipo de planes de emergencias así como otro tipo de planes de actuación ante una emergencia (planes de inundaciones, planes de incendios forestales, etc.).

Etapa 2. Desarrollo del marco teórico

Después de definir el tema a tratar. Se ha elaborado el marco teórico en el que se sustentará la parte conceptual y contextual del trabajo. Teniendo en cuenta el objetivo de

la memoria, se trazaron tres ejes principales: en el primer eje se realiza una pequeña descripción genérica del riesgo volcánico en Canarias en el contexto de la planificación de emergencias, en el segundo se trata de exponer el sistema de protección civil, destacando la importancia de la información y de la participación dentro de sus fundamentos en el contexto español y canario; y el último eje se muestra la importancia de la cartografía como herramienta de apoyo a las acciones de reducción del riesgo de desastres.

Para describir el riesgo volcánico en Canarias, se ha consultado diferente bibliografía de carácter académico y otra de carácter más aplicado a la planificación, sobre todo, el Plan de Actuación Insular frente al Riesgo Volcánico de la isla de La Palma (PAIVPAL). Además de describir de manera superficial el riesgo volcánico en Canarias, y específicamente en la isla de La Palma, se han explicado los diferentes peligros, intrínsecos y extrínsecos, asociados al volcanismo, haciendo hincapié en los que se dan en La Palma. Finalmente, en el último apartado se muestra la zonificación del riesgo volcánico de La Palma elaborada por el PAIVPAL.

En el eje del sistema de protección civil se explica la definición y antecedentes de este sistema. Además, se desarrollan las acciones de protección civil existentes a escala internacional, nacional y local. Las fuentes consultadas en esta parte han sido el Marco de Sendai, el sistema nacional de protección civil y los planes de emergencia que se encuentran en la web del Gobierno de Canarias.

Por último y más importante, dentro del marco teórico se explica la importancia de la cartografía como apoyo a las acciones de reducción de riesgo de desastres, sobre todo en lo que se refiere a las labores de implantación de los planes de emergencia y la información a la sociedad civil. Las fuentes consultadas han sido diferentes ejemplos de cartografía del riesgo contenidos en diferentes libros, planes de actuación, etc.

Etapa 3. Desarrollo de una aplicación de historias con mapas

Después de desarrollar aquellos conocimientos vinculados con el riesgo volcánico, los planes de emergencia y de la cartografía aplicada a la RRD, se desarrolló la aplicación web de ESRI llamada StoryMaps. Para ello, se ha creado una cuenta gratuita de *ArcGIS*

Online que me permite tener guardado en la nube el StoryMaps que posteriormente se ha elaborado. El modelo de StoryMaps que se ha elegido ha sido el *Cascade Builer*. El motivo de esta elección ha sido la funcionalidad y prestaciones que ofrece. Esta aplicación web combina narrativa con mapas, imágenes, otro contenido web, ect. con una estructura libre en la que el lector puede navegar entre ellas fácilmente.

Al crear un nuevo *StoryMaps Cascade*, se puede ver en la parte derecha de la pantalla, una portada predeterminada. A la izquierda de la pantalla se encuentra un panel de control en el que se irá mostrando, a medida que se va construyendo una especie de esquema de nuestro relato geográfico. A la hora de avanzar en la historia, la aplicación permite incorporar narrativa, título e inmersiva. La inmersiva es la opción que más se ha utilizado, ya que con ella se puede mostrar mapas, contenido multimedia y de manera simultánea, un cuadro de texto.

El contenido multimedia más novedoso que puede ser incorporado dentro de un StoryMaps son los mapas de ArcGis. Con ello, se puede interactuar dentro de la aplicación con dicho mapa haciendo clic en las diferentes partes de este, acercar o alejar el mapa, etc. Es una de las prestaciones más útiles que presenta la aplicación.

Otra herramienta muy útil para el lector son los marcadores, estos son vínculos a partes de la historia que se encuentran en el encabezado. Cada marcador incorporado a esta historia corresponde a los ejes que se han tenido que desarrollar en el trabajo. Dichos ejes son: introducción, objetivos, marco teórico, metodología, resultado, discusión y conclusión.

Esta aplicación ha sido construida para presentar los contenidos del presente trabajo. Sin embargo, su utilidad principal es demostrar su aplicabilidad para comunicar planes de emergencia, rutas de evacuación, etc.

Etapa 4. Valoración del proceso de construcción, diseño y resultado visual de la aplicación

Durante el proceso de construcción de la aplicación se han detectado algunas deficiencias como, por ejemplo, el guardado del proyecto. Sólo se guardan los cambios realizados si

se pulsa el botón de guardado, es decir, la aplicación no cuenta con un “autoguardado” de los cambios que se van sucediendo. Otra deficiencia identificada está asociada con la mejora del uso compartido para editar el StoryMaps. La cuenta gratuita no permite que el trabajo sea compartido o para que pueda ser editado por otra persona. Obviando estas pequeñas deficiencias, se ha considerado que la aplicación permite crear contenido muy atractivo para el lector y, para la persona que lo crea, siendo una herramienta relativamente fácil de usar. Asimismo, se trata de aplicación muy eficaz para plasmar información acompañada del emplazamiento espacial de la misma para que el lector pueda hacerse una idea y tener un esquema mental más claro de la información que se intenta transmitir. Para finalizar, en esta fase se presentan las conclusiones del trabajo que dan respuesta al objetivo general y los específicos. Dando lugar a que el StoryMaps aunque demanda cierta inversión de tiempo tanto en lo que se refiere a la familiarización del entorno y a la creación del contenido a la vez que es aconsejable poseer algunos conocimientos previos en SIG para poder usar todas sus prestaciones, se puede determinar que, en líneas generales, es una herramienta muy ilustrativa y fácil para el receptor de la información.

5. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en este trabajo están reflejados en la siguiente aplicación web de [StoryMaps de Esri](#). Los resultados han sido estructurados siguiente el siguiente orden, en primer lugar, se explicarán los conceptos básicos de la utilización de dicha aplicación y los elementos que la conforman; en segundo lugar, el funcionamiento de los mapas dinámicos; y por último, su aplicabilidad para la difusión y comunicación de un plan de emergencias.

5.1. Conceptos y elementos básicos

En cuanto a los conceptos básicos de la aplicación, se puede afirmar que funciona de forma muy similar a una página web en la que la información se desplaza de manera dinámica a medida que se utiliza el *scroll* del ratón. Esta información puede representarse en diferentes formatos (multimedia, narrativa, etc.) y se puede clasificar y gestionar con diferentes herramientas como las que se describirán a continuación.

Una herramienta muy utilizada por páginas web que se encuentra en la barra superior derecha de la pantalla es el marcador (Figura 6), muy útil para el lector ya que este puede

acceder de manera más directa al contenido que se desea visualizar. Los marcadores que se han utilizado para la demostración se corresponden con los apartados en los que se divide el presente trabajo (Introducción, objetivos, marco teórico, metodología, resultado, discusión y conclusión), pero realmente se está simulando el uso del StoryMaps para divulgar un plan de emergencias y su contenido a la población. Cada marcador podría, por ejemplo, corresponder a un capítulo de dicho documento.

Figura 6: Elementos principales de un StoryMaps



Fuente: Elaboración propia. PAIV de La Palma.

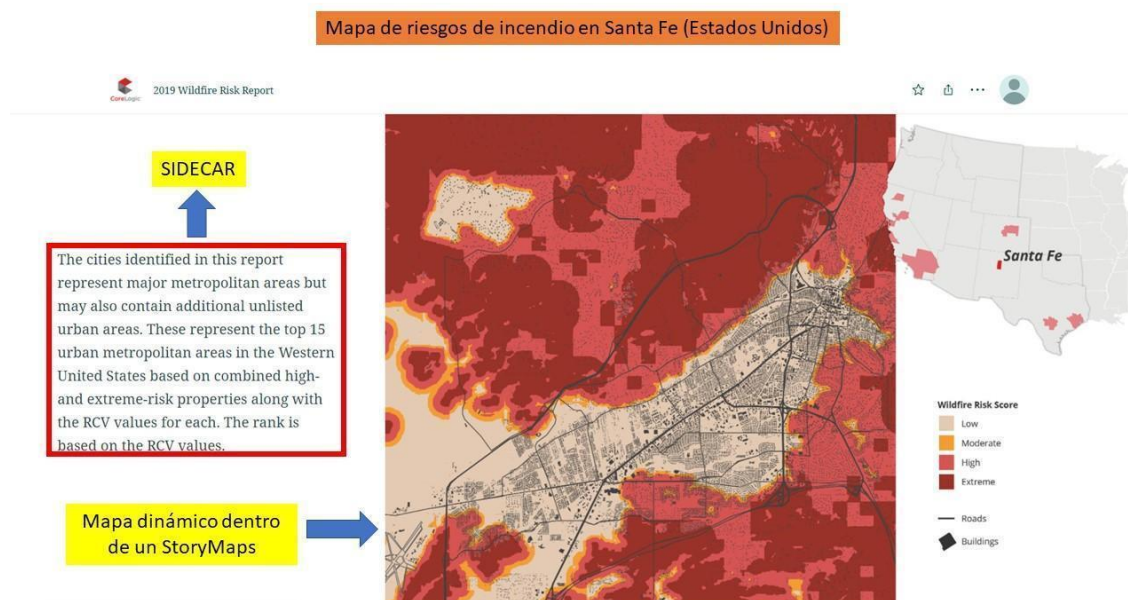
Otro elemento importante dentro del StoryMaps son los *Sidecars* (Figura 6). Éstos son cuadros de texto dinámicos que sirven para plasmar la información que se considere oportuna. Suelen servir como apoyo al contenido multimedia que se encuentre en el fondo de la pantalla. Este contenido multimedia pueden ser imágenes, vínculos a contenido (gráficos dinámicos o videos de YouTube) o mapas.

5.2. Mapas dinámicos

Lo más novedoso de la aplicación es la implantación de mapas dinámicos e interactivos. Esto quiere decir que están conectados con una base de datos geográfica que puede ser actualizada en cualquier momento y que, cuando el usuario lo visualiza, puede hacer clic con el ratón y acceder a la información de los elementos representados.

Los mapas pueden ser de numerosos tipos como, por ejemplo, mapas de riesgo (Figura 7), mapas de vulnerabilidad, mapas de rutas de evacuación, mapas de albergues, etc. Todo ello, permite divulgar los principales elementos y objetivos de un plan de emergencias y, además, se puede interactuar con el mapa haciendo clic en los diferentes iconos que se encuentren en él.

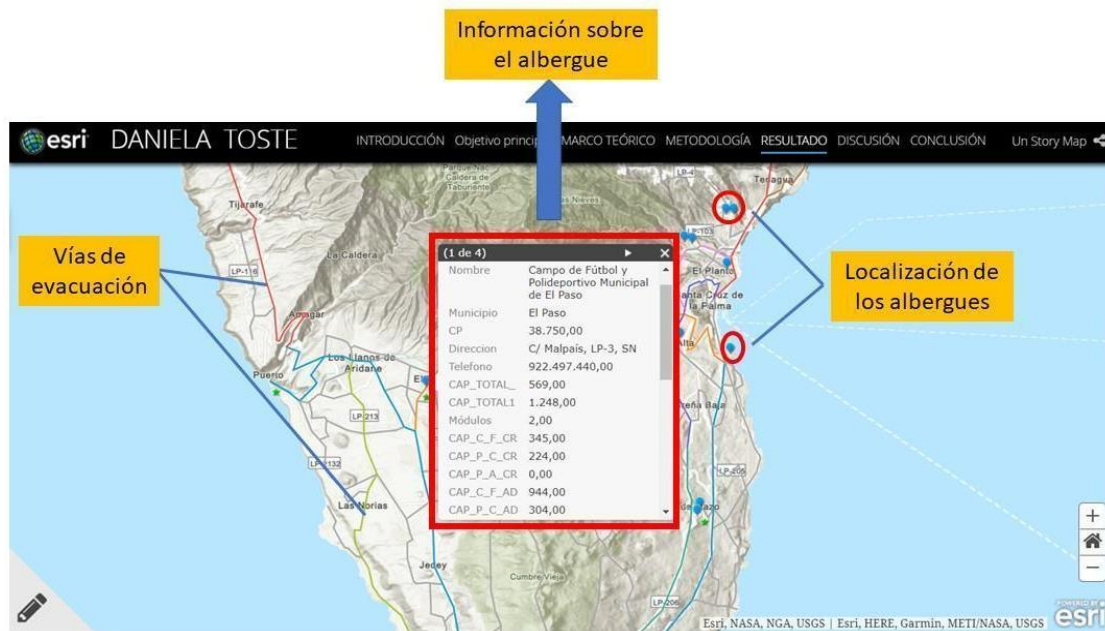
Figura 7: Mapa de riesgos de incendio en Santa Fe (Estados Unidos)



Fuente: Dr. Tom Jeffery, Shelly Yerkes, Denise Moore, Frances Calgiano, Rhea Turakhia; 2019. Recuperado de: <https://storymaps.arcgis.com/stories/cb987be2818a4013a66977b6b3900444>

A modo de demostración, en la aplicación desarrollada para este trabajo se ha incorporado el mapa de las diferentes rutas de evacuación y lugares de albergue en caso de una emergencia en la isla de La Palma (Figura 8). Se puede interactuar con él pulsando con el ratón los diferentes punzones. Con ese simple clic, se abre un desplegable con toda la información acerca de dicho albergue (nombre, dirección, número de teléfono, aforo, capacidad de aparcamiento, literas, camas, etc.). Además, se pueden ver representadas con líneas de diferentes colores, las principales vías de evacuación y de acceso a los diferentes centros de albergues. Con un simple clic podemos ver la información sobre dicha vía como por el ejemplo, el código de identificación de esta.

Figura 8: Rutas de evacuación del PAIV



Fuente: PAIV .Elaboración propia.

5.3. Aplicabilidad para la difusión y comunicación de un plan de emergencias

La aplicación web que se ha diseñado presenta una gran aplicabilidad y funcionalidad a la hora de difundir planes de emergencia. En el caso concreto de los PAIV, existe un programa de implantación en el que se describen los diferentes programas de formación y capacitación sobre las amenazas y la gestión de los riesgos volcánicos y la realización de campañas de información a la población. Todo esto, por tanto, podría estar contenido en esta aplicación.

En cuanto a los programas de formación y capacitación, dentro el PAIV, existe el llamado Plan General de Capacitación cuya función es asegurar un nivel básico de conocimiento a toda persona o institución que intervenga cuando se active el plan de actuación. Para ello, se tendrán que dar sesiones y talleres informativos a estos integrantes y los StoryMaps se podrían constituir como una herramienta para cubrir este objetivo. Del mismo modo, mediante narrativa y mapas, se podría explicar en un formato atractivo y claro los peligros volcánicos (mediante vídeos, imágenes, etc.), cómo actuar ante cada riesgo (mediante esquemas, narrativa, etc.), las diferentes medidas para reducir el riesgo volcánico, las zonas de mayor probabilidad de amenaza (mediante mapas dinámicos sobre la amenaza, gráficos, etc.).

En cuanto a las campañas de información a la población, estas deben estar en relación con el contenido del Plan de Comunicación e Información a la Población del PAIV y podrían articularse en la aplicación propuesta. Algunas de las acciones que se contemplan en dicho plan son jornadas de sensibilización a la población sobre la alta probabilidad de que se vean afectados por una erupción volcánica. Para ello, se crearán charlas informativas en colegios, se distribuirá material informativo (Figura 9), se realizarán simulacros, etc. Toda esta campaña informativa tiene como objetivo informar sobre las características de las amenazas, elementos vulnerables y riesgos que pueden afectar al lugar, advertir de la existencia del PAIV y su consecuente zonificación de las áreas con mayor probabilidad de amenaza volcánica, la organización de los diferentes medios para atender una emergencia y, por último, los sistemas de autoprotección que pueden llevar a cabo los ciudadanos.

Figura 9: Póster informativo para centros educativos del PAIV de la isla de La Palma

PLAN DE ACTUACIÓN INSULAR FRENTE AL RIESGO VOLCÁNICO

1. ¿Cómo se origina un volcán?

Los volcanes se aberturan por las que se libera magma como consecuencia de la interacción de las placas tectónicas. Pueden formarse tanto en el mar como en la tierra.

PRINCIPALES FORMAS Y ESTRUCTURAS

- Macizo antiguo:** Se forman por interacción de placas tectónicas. Son grandes y antiguos. Ejemplos: Montañas de la Sierra Nevada.
- Cráter:** Se forman por la explosión de magma. Ejemplos: Parícuti, Parícuti.
- Caldera:** Se forman por la explosión de magma. Ejemplos: Parícuti, Parícuti.
- Jamones:** Se forman por la explosión de magma. Ejemplos: Parícuti, Parícuti.
- Cono de cenizas:** Se forman por la explosión de cenizas. Ejemplos: Parícuti, Parícuti.
- Cono escudo:** Se forman por la explosión de cenizas. Ejemplos: Parícuti, Parícuti.
- Cenizas compuestas:** Se forman por la explosión de cenizas. Ejemplos: Parícuti, Parícuti.
- Domo volcánico:** Se forman por la explosión de cenizas. Ejemplos: Parícuti, Parícuti.

2. ¿Conozcas los eventos volcánicos sucedidos en La Palma?

En La Palma, Cumbre Vieja es la zona donde todavía hoy existe actividad volcánica. Es un gran volcán en escudo que se ha formado por muchas erupciones a lo largo del tiempo. Dentro de él también podemos encontrar conos de cenizas y domos volcánicos.

3. Si hubiera un volcán en La Palma ¿cuáles son los principales peligros?

Las erupciones volcánicas son eventos especiales entre los riesgos naturales porque en su caso con precisión cuando va a erupción, en qué lugar, a qué personas afectará, el número de días. Las erupciones volcánicas tienen consigo otros peligros derivados.

El riesgo volcánico en La Palma se encuentra concentrado en la dorsal volcánica de Cumbre Vieja ya que es la zona parte de la isla que se considera volcánicamente activa. Los peligros que nos podemos encontrar son:

- ERUPCIÓN DE LAZAR:** Erupción de lava que puede ser muy peligrosa.
- FLUJO DE LAVA:** Erupción de lava que puede ser muy peligrosa.
- PROYECTIL DE CENIZA:** Erupción de cenizas que puede ser muy peligrosa.
- ERUPCIÓN DE CENIZAS:** Erupción de cenizas que puede ser muy peligrosa.
- ERUPCIÓN DE GASES:** Erupción de gases que puede ser muy peligrosa.
- ERUPCIÓN DE LAVA:** Erupción de lava que puede ser muy peligrosa.
- ERUPCIÓN DE CENIZAS:** Erupción de cenizas que puede ser muy peligrosa.
- ERUPCIÓN DE GASES:** Erupción de gases que puede ser muy peligrosa.

4. ¿Qué podemos si nos prevé una crisis volcánica?

Normalmente, los volcanes dan señales de alerta antes de entrar en erupción: como emisión de gases o sacudimiento de los terrenos. También el terreno puede hincharse o hundirse localmente.

Procedimiento de comunicación:

Cuando se prevé una erupción volcánica se activará el sistema de alerta temprana y se informará a la población. Para saber cómo evoluciona se tendrá en cuenta el sistema volcánico, y se irá actualizando la situación de alerta por teléfono en cada momento (localidad, alerta, alerta máxima y emergencia).

SITUACIÓN DE PREALERTA: Erupción de cenizas que puede ser muy peligrosa.

SITUACIÓN DE ALERTA MÁXIMA: Erupción de cenizas que puede ser muy peligrosa.

SITUACIÓN DE ALERTA: Erupción de cenizas que puede ser muy peligrosa.

SITUACIÓN DE EMERGENCIA: Erupción de cenizas que puede ser muy peligrosa.

Educación y sensibilización:

Los pueblos o ciudades que se ven afectados podrán ser evacuados o confinados, dependiendo de los peligros que se esperen y dónde se sitúan.

Siempre se publicará el seguimiento de los procesos volcánicos en canales de televisión o internet. Si esto no fuera posible se harán la posibilidad de obtener los datos por teléfono.

Planes de reacción:

Se establecerán puntos de reunión donde se contactará con la población y evacuar para saber cuáles son, qué necesidades tienen y dirigirlos a un albergue.

Después de la crisis volcánica:

Cuando la erupción esté plenamente controlada y no existan condiciones de riesgo para las personas, se dedicará el fin de la emergencia, volviendo al normal funcionamiento. Las personas serán realojadas en sus viviendas de nuevo.

Fuente: PAIV. Cabildo de La Palma.

Las técnicas que se pueden llevar a cabo para informar o comunicar son múltiples y pueden ser tanto orales como escritas y, lo más importante, deben ser accesibles para toda la ciudadanía. Cabe destacar que se deben utilizar técnicas como el aprendizaje basado en problemas para una mayor asimilación de los conceptos básicos de prevención ante una amenaza. Otra técnica fundamental es que la información se pueda visualizar en aplicaciones y páginas web para su mayor difusión.

Todo lo anteriormente nombrado tiene su espacio en la aplicación web de StoryMaps ya que permite la incorporación de mapas interactivos y dinámicos sobre rutas de evacuación, lugares de albergue, zonificación del riesgo, etc. Del mismo modo, también se pueden incorporar esquemas de la jerarquía de los organismos que participan en un plan de emergencias (Figura 10), diferentes gráficos o tablas sobre los tipos de amenazas existentes, su periodo de retorno, etc. Además, cada figura puede estar acompañada por un sidecar con información extra para una mayor comprensión de la información.

Figura 10: Esquema del plan de actuación insular ante el riesgo volcánico en la palma dentro de un StoryMaps



Fuente: PAIV.Elaboración propia.

En último lugar, los planes de emergencia son muy importantes a la hora de gestionar un desastre y éstos carecerían de sentido si no se divulgaran a la población, agentes y

organismos competentes. Sin difusión del plan, éste quedaría totalmente obsoleto y sin funcionalidad. Por tanto, la aplicación web StoryMaps es un gran recurso a la hora de comunicar y difundir cualquier plan de emergencia ya que se adapta a los requisitos divulgativos, aspectos comprensivos y tiene un gran atractivo visual para el receptor de la información.

6. DISCUSIÓN

En este trabajo se ha orientado la discusión a cubrir uno de los objetivos específicos, concretamente el referido a la valoración de la utilidad de la aplicación web cartográfica StoryMaps.

Como se ha visto en este trabajo, el StoryMaps nos ofrece múltiples prestaciones y, además, se puede usar en numerosos ámbitos (académicos, lúdicos, laborales, etc.), aunque en este caso, la valoración se realiza en cuanto a su uso como herramienta de comunicación dentro del ámbito de la reducción del riesgo volcánico. Además, aunque en esta ocasión se ha utilizado la aplicación para realizar la presentación de este mismo estudio, en realidad, lo que se pretende es simular su uso para la implantación de un plan de actuación insular frente al riesgo volcánico. Después de este proceso de elaboración y finalización de la aplicación basada en historias con mapas, se ha adquirido la experiencia y cierta capacidad que nos capacita para autoevaluar la aplicación. De hecho, se han dedicado numerosas horas de trabajo a optimizar la herramienta. No obstante, una de las primeras cuestiones que se han valorado es lo intuitivo que resulta su uso, por lo que cualquier persona que tenga conocimientos informáticos básicos puede sacarle partido para las funciones que en este trabajo se han desarrollado.

Para llevar a cabo una valoración más exhaustiva y completa de la aplicación, se ha tomado como referencia un artículo sobre la evaluación de aplicaciones multimedia (Belloch, 2004) en el que se tiene muy en cuenta los aspectos técnicos y estéticos de la aplicación en cuestión. Al aplicar esta valoración al StoryMaps, se puede decir que, en lo referente a los aspectos técnicos, ésta puede utilizar cualquier tipo de software para su visualización. Aunque bien es cierto que para cargar y visualizar los mapas dinámicos que se han incorporado al StoryMaps de manera rápida, es conveniente que el ordenador que se utilice tenga una tarjeta gráfica con unos requisitos mínimos de funcionalidad. Por otro lado, la calidad de las imágenes y demás componentes multimedia son bastante

óptimas, aunque bien es cierto que las imágenes deben entrar en unas dimensiones concretas ya que, si no es el caso, la imagen puede verse algo pixelada.

En cuanto a los aspectos estéticos del StoryMaps, se pueden destacar diferentes características. En cuanto a su simplicidad, presenta un diseño sencillo e intuitivo ya que cuenta con una serie de marcadores que ayuda al lector a acceder a la información que le interesa. Por otra parte, el StoryMaps tiene coherencia, es decir, los títulos de los diferentes apartados, los marcadores, etc. Hacen que la historia que se quiere contar tenga un hilo argumental y esté lógicamente conectada. También el diseño tiene claridad, ya que permite cambiar la fuente y color de las letras y fondos para lograr un resultado claro. Por último y más importante, es muy valioso que la aplicación tenga adaptabilidad, es decir, que sea accesible para todos. El StoryMaps cumple con amplitud este punto ya que puede ser utilizado por cualquier tipo de usuario, fácil de entender, se adapta a las capacidades sensoriales de los usuarios, etc. Básicamente, es un diseño que respeta todo tipo de diversidad, ya sea físico, sensorial, social, etc.

En cuanto a los aspectos positivos de la aplicación, se puede aplicar cualquier contenido multimedia, ya sean vídeos, imágenes, mapas, etc. Lo más novedoso y útil es la incorporación de mapas desde ArcGis. Con ello, se ilustra de forma visualmente atractiva para el lector la información que se intenta transmitir. Un ejemplo claro es la posibilidad de incorporar un mapa de rutas o vías de evacuación con el que se puede interactuar haciendo clic en los diferentes elementos que lo conforman.

En cuanto a aspectos a mejorar, se puede destacar los problemas a la hora de compartir un StoryMaps para su edición. A la hora de crear una cuenta en ArcGis para poder elaborar y guardar un StoryMaps, no existe la opción de compartirlo para que otra persona pueda editarlo. Esta opción solo puede conseguirse si se tiene una cuenta de ArcGis Premium o de pago. Es decir, se pueden tener más prestaciones y ventajas teniendo que pagar por su uso.

En definitiva, los StoryMaps son una herramienta muy útil y que puede ser utilizada por un amplio espectro de personas, además de que para los lectores es muy fácil de comprender. Las prestaciones que ofrece son excelentes y debería ser una aplicación

referente en el mundo de los Sistemas de Información Geográficos y de las Tecnologías de la Información y la Comunicación.

7. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha desarrollado una aplicación web cartográfica basada en historias con mapas, cuyo nombre comercial responde a StoryMaps. El objetivo principal, ha consistido en demostrar su utilidad como herramienta de divulgación y comunicación de planes de actuación frente a un riesgo volcánico. Concretamente, se ha utilizado el Plan de Actuación Insular frente al Riesgo Volcánico de la isla de La Palma (PAIVPAL) como referencia. El resultado ha sido muy positivo ya que se ha podido mostrar en la aplicación todo el trabajo y, además, se han incorporado mapas interactivos como ejemplo, sea el caso de las vías de evacuación y albergues que existen están contenidas en el citado plan. Todo ello presentado en un formato muy atractivo e interactivo orientado a la comunicación durante el proceso de implantación del plan.

La construcción de la aplicación ha demostrado poseer gran utilidad para integrar la cartografía como herramienta de divulgación y comunicación ante la reducción del riesgo de desastres. Aunque, si bien es cierto que en este trabajo la narrativa presentada no se corresponde exactamente con la información de un plan de emergencia, esta se ha simulado con la presentación de este mismo estudio, lo que ha permitido, a través de la incorporación de mapas de evacuación y diversa información del PAIV de La Palma, analizar la capacidad de la herramienta para difundir todo lo contenido en dicho plan, tal y como se planteaba en el objetivo principal de este trabajo.

Tras la construcción de la aplicación nos ha permitido adquirir un conocimiento y manejo bastante eficiente, lo cual ha posibilitado la autoevaluación de ésta. Los resultados han sido, en líneas generales, muy positivos. Tiene un aspecto sencillo e intuitivo que permite al usuario su fácil manejo y comprensión de la información. Además, utiliza primordialmente contenido multimedia, lo que ha permitido incorporar esquemas, imágenes ilustrativas, mapas de vías o rutas de evacuación, etc.

En definitiva, el StoryMaps podría ser comprendido por la mayoría de la población y éste a su vez ha evidenciando que se trata de una herramienta que debería ser referente a la

hora de divulgar cualquier tipo de plan de emergencias durante su fase de implantación por todas por las prestaciones se han presentado durante este Trabajo Fin de Grado.

8. BIBLIOGRAFÍA

- AEMET. (2021). Mapa de niveles de riesgo de incendio previstos. Península y Baleares. Recuperado de: <http://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/incendios>
- Anguita, F., Márquez, A., Castiñeiras, P., Hernán, F. (2002). *Los volcanes en Canarias: Guía geológica e itinerarios*. Madrid: Rueda.
- Araña, V., & Ortiz, R. (1989). Riesgo volcánico en el Archipiélago Canario. In ESF Meeting on Canarian Volcanism. CSIC. Madrid (pp. 247-253).
- Arnalds, O., Thorarinsdottir, E. F., Thorsson, J., Waldhauserova, P. D., & Agustsdottir, A. M. (2013). An extreme wind erosion event of the fresh Eyjafjallajökull 2010 volcanic ash. *Scientific reports*, 3, 1257.
- Beck, I. L., & McKeown, M. G. (1981). Developing questions that promote comprehension: The story map. *Language Arts*, 58(8), 913-918.
- Belloch Ortí, C. (2004). *Evaluación de las aplicaciones multimedia: criterios de calidad*. Unidad de Tecnología Educativa. Universidad de Valencia.
- Beltrán, G. (2013). Los mapas hablan: una herramienta de comunicación. Recuperado de: <https://gersonbeltran.com/2013/08/09/los-mapas-hablan/>
- Bonaccorso, A., et al. (2003). Dynamics of the December 2002 flank failure and tsunami at Stromboli volcano inferred by volcanological and geophysical observations. *Geophysical Research Letters* 30.18
- Bower, S. M., & Woods, A. W. (1996). On the dispersal of clasts from volcanic craters during small explosive eruptions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 73(1-2), 19-32.
- Bueno Navarro, I. (2014). Aplicación del SIG en la cartografía de riesgo por remoción en masa e inundación. Caso estudio cuenca Hanabanilla (Doctoral dissertation, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas).
- Carapezza M. L., Inguaggiato, S., Brusca, L., and Longo, M., 2004. Geochemical precursors of the activity of an open-conduit volcano: The Stromboli 2002–2003 eruptive events. *Geophysical Research Letters*, 31, L07620

- Cardona, O. D. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. *Los desastres no son naturales*, 51-74.
- Carracedo, J. C., Guillou, H., Paterne, M., Scaillet, S., Rodríguez Badiola, E., Paris, R., ... & Hansen Machín, Á. (2004). Análisis del riesgo volcánico asociado al flujo de lavas en Tenerife (Islas Canarias): escenarios previsibles para una futura erupción en la isla.
- Carracedo, J. C., Rodríguez-Badiola, E., Guillou, H., Nuez Pestana, J. D. L., & Pérez Torrado, F. J. (2001). Geology and volcanology of La Palma and El Hierro, Western Canaries. *Estudios Geológicos*.
- Carracedo, J.C., Pulido, T., Alvarez, A., Ortega, J., Araña, V., Hernández, M.S.... Rivero, J.L. (1980). Canarias. Madrid: Anaya
- Carto. (2014). More map storytelling using Odyssey.js. Recuperado de: <https://carto.com/blog/more-odyssey-examples/>
- Carto. (2021). Authoritative Environmental Remediation Mapping in NYC. Recuperado de: <https://carto.com/blog/authoritative-environmental-remediation-mapping-nyc/>
- Church, R. L., & Cova, T. J. (2000). Mapping evacuation risk on transportation networks using a spatial optimization model. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 8(1-6), 321-336.
- Criado, M., Martínez-Graña, A. M., & Santos-Francés, F. (2019). Determinación del riesgo de inundación en la ciudad de Salamanca (España) mediante análisis de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad. *Cuaternario y Geomorfología*, 33(1-2), 87-102.
- del Cid Gómez, J. A., & Cáceres, J. D. (2017). Variación de la línea de costa en la aldea de Cedeño, y cartografía de amenaza ante marejadas y ascenso del nivel del mar. *Portal de la Ciencia*, 87-102.
- Delgado, J., Marques, F. S. F., Vaz, T. G., & Sanz Pérez, E. (2013). Movimientos de ladera inducidos por terremotos en la Península Ibérica
- Demoraes, F., & d'Ercole, R. (2001). Cartografía de las amenazas de origen natural por cantón en Ecuador.
- Di Traglia, F., Nolesini, T., Solari, L., Ciampalini, A., Frodella, W., Steri, D., ... & Galardi, E. (2018). Lava delta deformation as a proxy for submarine slope instability. *Earth and Planetary Science Letters*, 488, 46-58.

- Díaz Caravantes, R. E. (2018). Vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto del cambio climático en la salud. *Región y sociedad*, 30(73).
- Dionis, S., Melián, G., Padrón, E., Bandomo, Z., Fernandes, P., Silva, S., ... & Calvo, D. (2013). Diffuse CO₂ and H₂S degassing from the summit crater of Pico do Fogo. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 15)
- Dorta, P. (2007). Catálogo de riesgos climáticos en Canarias: amenazas y vulnerabilidad. *Geographicalia*, (51), 133-160.
- Estesó, F. T. (2013). El sistema nacional de protección civil. *Cuadernos de estrategia*, (165), 19-68.
- Fagents S, Wilson L (1993) Explosive volcanic eruptions—VII. The ranges of pyroclasts ejected in transient volcanic explosions. *Geophys J Int* 113:359–370
- Fitzgerald R.H., Kennedy B.M., Wilson T.M., Leonard G.S., Tsunematsu K., Keys H. (2017) The Communication and Risk Management of Volcanic Ballistic Hazards. In: Fearnley C.J., Bird D.K., Haynes K., McGuire W.J., Jolly G. (eds) *Observing the Volcano World. Advances in Volcanology (An Official Book Series of the International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior – IAVCEI, Barcelona, Spain)*. Springer, Cham
- Frączek, W. (2020). Motion of Tectonic Plates. Recuperado de: <https://apl.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=df5f94c0050b4075adfbba54fb13eaeab>
- Frączek, W. (2021). The World's Troubled Lands and Political Curiosities. Recuperado de: <https://apl.maps.arcgis.com/apps/MapJournal/index.html?appid=14d7f584a3a246bf8c71246fc12fe7b4>
- Galindo, I., Romero, M. C., Sánchez, N., Dóniz, J., Yepes, J., Morales, J. M., & Becerril, L. (2013). Morphology and distribution of volcanic bombs in Caldera Quemada de Arriba (Lanzarote, Canary Islands): Implications for volcanic hazard analysis. In J.C Santamarta-Cerezal y L.E. Hernández Gutiérrez (Ed). *Environmental security, geological hazards and management*. Universidad de La Laguna. Tenerife, 207-213.
- GAR15. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015. UNISDR. Disponible en: <https://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2015/en/home/index.html>

- Gilbert, J. S., & Lane, S. J. (1994). Electrical phenomena in volcanic plumes. In Proc. 1st International Symposium on Volcanic Ash and Aviation Safety (pp. 31-38).
- Hernández, P. A., Pérez, N. M., Salazar, J. M., Nakai, S. I., Notsu, K., & Wakita, H. (1998). Diffuse emission of carbon dioxide, methane, and helium-3 from Teide Volcano, Tenerife, Canary Islands. *Geophysical Research Letters*, 25(17), 3311-3314
- Hernández-Urbe, R. E., Barrios-Piña, H., & Ramírez, A. I. (2017). *Análisis de riesgo por inundación: metodología y aplicación a la cuenca Atemajac. Tecnología y ciencias del agua*, 8(3), 5-25.
- Herrero, A. D., Revilla, J. G., Calvo, R. B., Huerta, L. L., Mancebo, M. J. M., & Cerdán, F. P. (2008). Análisis del riesgo de inundación para planes autonómicos de protección cívica: RICAM. In *El estudio y la gestión de los riesgos geológicos* (pp. 53-72). Instituto Geológico y Minero de España.
- Huguet, J. P., de la Heras, Á. P., & Starkie, E. G. (2019). Gestión del riesgo de desastres y protección civil en España: Aportes para el desarrollo de una cultura preventiva. *REDER*, 3(2), 44-57.
- Isidro, M. L., Herrero, A. D., & Huerta, L. L. (2009). Aplicaciones de los SIG al análisis y gestión del riesgo de inundaciones: avances recientes. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (29), 29-37.
- James, M. R., Lane, S. J., & Gilbert, J. S. (2000). Volcanic plume electrification: Experimental investigation of a fracture-charging mechanism. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B7), 16641-16649
- Jenkins, S., Komorowski, J. C., Baxter, P. J., Spence, R., Picquout, A., & Lavigne, F. (2013). The Merapi 2010 eruption: An interdisciplinary impact assessment methodology for studying pyroclastic density current dynamics. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 261, 316-329.
- Lario, J. y Bardají, T. (2016). *Introducción a los riesgos geológicos*. Madrid: UNED Editorial.
- Lavell, A. (2001). Sobre la gestión del riesgo: apuntes hacia una definición. *Biblioteca Virtual en Salud de Desastres-OPS*, 4, 1-22.

- Learn.arcgis.com. 2021. 03: Cuente su historia a través de un mapa | The ArcGIS Book. [online] Recuperado de: <<https://learn.arcgis.com/es/arcgis-book/chapter3/>> [Acceso 25 May 2021].
- Ley 17/2015, de 9 de julio, del Sistema Nacional de Protección Civil. Boletín Oficial del Estado. núm. 164, del 10 de julio del 2015. Recuperado de: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-7730&p=20150710&tn=1>
- Liu, E. J., Cashman, K. V., Beckett, F. M., Witham, C. S., Leadbetter, S. J., Hort, M. C., & Guðmundsson, S. (2014). Ash mists and brown snow: Remobilization of volcanic ash from recent Icelandic eruptions. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 119(15), 9463-9480.
- Lockwood, J. P., & Hazlett, R. W. (2013). *Volcanoes: global perspectives*. John Wiley & Sons
- López Díez, A., Díaz Pacheco, J., Yanes Luque, A., Dorta Antequera, P. J., & Máyer Suárez, P. (2020). Propuesta metodológica para estimar la vulnerabilidad local por inundación en áreas turísticas costeras de clima árido: aplicación al litoral de Arona y Adeje (SO de Tenerife).
- López Díez, A., Dorta, P., Febles, M., & Díaz Pacheco, J. (2016). Los procesos de adaptación al cambio climático en espacios insulares: el caso de Canarias.
- Luhr, J. F., Simkin, T., & Cuasay, M. (1993). *Parícutin: the volcano born in a Mexican cornfield*. US Geoscience Press
- Macedonio, G.; Costa, A. Brief communication. Rain effect on the load of tephra deposits. *Natural Hazards and Earth System Science*, 2012, vol. 12, no 4, p. 1229-1233.
- Macías, J. M. (1999). *Desastres y protección civil: problemas sociales, políticos y organizacionales*. Ciesas.
- Martel San Gil, M. (1960). "El volcán de San Juan, La Palma (Canarias)". Madrid, 234 pp.
- Martí Molist, J. (2017, September 06). *Assessing Volcanic Hazard: A Review*. Oxford Handbooks Online. Ed. Retrieved 26 Oct. 2018, from
- Martínez Escribano, A. (2013). *Análisis del riesgo de inundación en Motilla del Palancar* (Cuenca, España).

- Martínez Núñez, L., Moreno, J. V., Chazarra, A., Gallego Abaroa, T., Avello, E., & Botey, M. R. (2015). Mapas de riesgo: Heladas y horas de frío en la España peninsular (periodo 2002-2012).
- Masgrau, L. R. (2004). Los mapas de riesgo de inundaciones: representación de la vulnerabilidad y aportación de las innovaciones tecnológicas. *Documents d'Anàlisi Geogràfica*, (43), 153-171.
- McNutt, S. R., & Williams, E. R. (2010). Volcanic lightning: global observations and constraints on source mechanisms. *Bulletin of Volcanology*, 72(10), 1153-1167.
- Milla, Lorenzo, Brown (2005) GIS, GPS, and Remote Sensing Technologies in Extension Services: Where to Start, what to Know.
- Moore, J. G., & Moore, G. W. (1984). Deposit from a giant wave on the island of Lanai, Hawaii. *Science*, 226(4680), 1312-1315.
- Narváez, L., Lavell, A., & Pérez, G. (2009). *La gestión del riesgo de desastres*. Secretaría General de la Comunidad Andina.
- Natenzon, C. (1995). Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre. *Serie de Documentos e informes de investigación*, 197, 1-21.
- Nishimura, Y. (2008). Volcanism-induced tsunamis and tsunamiites. In *Tsunamiites* (pp. 163- 184).
- Notsu K., Wakita H., Igarashi G., and Sato T., Hydrogeological and geochemical changes related to the 1989 seismic and volcanic activities of the east coast of the Izu peninsula. *d. Phys. Earth.*, 39, 245-254, 1991
- Olcina, J. (2009). Cambio climático y riesgos climáticos en España.
- Ortiz, M., Fernández-Arce, M., & Rojas, W. (2001). Análisis de riesgo de inundación por tsunamis en Puntarenas, Costa Rica. *Geos*, 21(2), 108-113.
- Ossaka J., Ozawa T., Nomura T., Ossaka T., Hirabayashi J., Takeasu A., and Hiyashi T., Variation of chemical compositions in volcanic gases and waters at Kusatsu-Shirane volcano and its activity in 1976. *Bull. Icanol.*, 43,207-216, 1980.
- Padrón, E., Triguero, M., Cristo Hernández, M., Dionis, S. M., Nolasco, D., Hernández, P. A., & Pérez, N. M (2007). Dinámica de la emisión difusa de CO2 en el volcán Cumbre Vieja, La Palma, Islas Canarias Dynamics of CO2 degassing from Cumbre Vieja volcano, La Palma, Canary Islands.

- Pérez, N.M., Hernández, P.A., Padrón, E., Cartagena, R., Olmos, R., Barahona, F., Melián, G., Salazar, P. and López, D.L., 2006. Anomalous Diffuse CO₂ Emission prior to the January 2002 Short-term Unrest at San Miguel Volcano, El Salvador, Central America. *Pure and Applied Geophysics*, 163, No 4, 883-896.
- Plan Especial de Protección Civil y Atención de Emergencias por riesgo volcánico en la Comunidad Autónoma de Canarias. (PEVOLCA). 2018. Gobierno de Canarias.
- Poland, M.P. & Orr, T.R. (2014). Identifying hazards associated with lava deltas. *Bull Volcanol* 76: 880.
- Press, F. and Harkrider, D. 1966: Air-sea waves from the explosion of Krakatoa. *Science* 154, 1325–27
- Quintero, A. Evaluación bayesiana de escenarios eruptivos a través del procesamiento de datos sísmicos (Doctoral dissertation, Tesi di Laurea, Grado en Ingeniería Geofísica, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, Caracas, Venezuela (Dec. 2005).
- Reutzel, D. R. (1985). Story maps improve comprehension. *The Reading Teacher*, 38(4), 400-404.
- Rivero, A. C. R., Pacheco, A. D. J. M., Garcia, P. G. C., & Vera, M. N. Z. (2017). Amenaza, vulnerabilidad y riesgo ante eventos naturales. Factores socialmente construidos. *Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación*. ISSN 2528-8083, 2(6), 22-28.
- Robayo Mejía, L. A. (2014). Análisis de amenaza por inundación para la localidad de Tunjuelito, desarrollado a través de sistemas de información geográfica (Bachelor's thesis).
- Rodríguez López, M., Piñeiro Sánchez, C., & de Llano Monelos, P. (2013). Mapa de riesgos: Identificación y gestión de riesgos. *Atlantic Review of Economics*, 2.
- Romero Ortiz, J y Bonelli Rubio, J.M. (1951). La erupción del Nambroque. Madrid. Talleres del Instituto Geográfico y Catastral, 105, pp
- Romero Ruiz, C. (1991) Las manifestaciones volcánicas históricas del Archipiélago Canario. Gobierno de Canarias, Consejería de Política Territorial.
- Romero Ruiz, C., & Beltrán Yanes, E. (2015). El impacto de las coladas de 1706 en la ciudad de Garachico (Tenerife, Islas Canarias, España). *Investigaciones Geográficas*, 63: 99-115. doi:10.14198/INGEO2015.63.07

- Romero Ruiz, C., & Beltrán Yanes, E. (2015). *El impacto de las coladas de 1706 en la ciudad de Garachico.*(Tenerife, Islas Canarias, España).
- Romero Ruiz, M. D. C. (1990). Las manifestaciones volcánicas históricas del Archipiélago Canario.
- Rose, W. I., Bluth, G. J., Schneider, D. J., Ernst, G. G., Riley, C. M., Henderson, L. J., & McGimsey, R. G. (2001). Observations of volcanic clouds in their first few days of atmospheric residence: the 1992 eruptions of Crater Peak, Mount Spurr Volcano, Alaska. *The Journal of Geology*, 109(6), 677-694
- Rose, W.I. Durant A.J., 2009, Fine ash content of explosive eruptions: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v.186, p.32–39, doi:10.1016/j.jvolgeores.2009.01.010
- Scott, W. E. (1989). Volcanic and related hazards. *Volcanic Hazards*, 1, 9.
- Selivanova, N. L., & Tagunova, I. A. (2016). Education in the internet age. In SHS Web of Conferences (Vol. 29, p. 01062). EDP Sciences.
- Siebe C, Macías JL (2004) Volcanic hazard in the Mexico City metropolitan area from eruptions at Popocatepetl, Nevado de Toluca, and Jocotitlán stratovolcanoes and monogenetic scoria cones in the Sierra de Chichinautzin volcanic field. Fieldtrip Guide, Penrose Conference, Neogene-Quaternary Continental Margin Volcanism. Geol Soc Am Boulder Colorado. doi: 10.1130/2004
- Simkin, T. and Fiske, R. 1983: Krakatau 1883. The volcanic eruption and its effects. Washington, DC: Smithsonian Institution Press.
- Solana, C. 2010. Peligros asociados a las erupciones de Tenerife, su impacto y reducción en caso de una erupción futura. *Volcanes: mensajeros del fuego, creadores de vida, forjadores del paisaje. Actas V Semana Científica Telesforo Bravo. Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias.*
- Sorensen, J. H., Vogt, B. M., & Mileti, D. S. (1987). Evacuation: an assessment of planning and research. In *Evacuation: An assessment of planning and research* (pp. 225-225).
- Thompson, N., Bennett, M. R., & Petford, N. (2010). Development of characteristic volcanic debris avalanche deposit structures: new insight from distinct element simulations. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 192(3-4), 191-200

- Thorsteinsson, T., Jóhannsson, T., Stohl, A., & Kristiansen, N. I. (2012). High levels of particulate matter in Iceland due to direct ash emissions by the Eyjafjallajökull eruption and resuspension of deposited ash. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117(B9).
- UNESCO, 1987: Manejo de emergencias volcánicas.- 82 págs, UNDRO UNESCO, New York.
- Vallance, J. W., & Iverson, R. M. (2015). Lahars and their deposits. In *The Encyclopedia of Volcanoes (Second Edition)* (pp. 649-664).
- Van Westen, C. J. (2013). Remote sensing and GIS for natural hazards assessment and disaster risk management. *Treatise on geomorphology*, 3, 259-298.
- Vidal Ledo, M., Febles Rodríguez, P., & Estrada Sentí, V. (2007). Mapas conceptuales. *Educación Médica Superior*, 21(3), 0-0.
- Vilches, O. R., & Reyes, C. M. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, 20, 83-116.
- Voight, B., Janda, R. J., Glicken, H., & Douglass, P. M. (1983). Nature and mechanics of the Mount St. Helens rockslide-avalanche of 18 May 1980. *Geotechnique*, 33(3), 243-273.
- Wentworth, C. K., & Macdonald, G. A. (1953): Structures and forms of basaltic rocks in Hawaii (No. 994). US Govt. Print. Off.
- Williams, H., & McBirney, A. R. (1979). *Volcanology*, 397 pp. Edit: Freeman, Cooper & Co
- Wilson L (1972) Explosive volcanic eruptions II. The atmospheric trajectories of pyroclasts. *Geophys J Roy Astron Soc* 30(1):381–392
- Wilson, T. M., Stewart, C., Sword-Daniels, V., Leonard, G. S., Johnston, D. M., Cole, J. W., ... & Barnard, S. T. (2012). Volcanic ash impacts on critical infrastructure. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 45, 5-23.