

## **VIVIR AL PIE DE LOS VOLCANES O EL INCIERTO ENCANTO DE HABITAR ZONAS PELIGROSAS. UNA APROXIMACIÓN DESDE LA TEORÍA SOCIAL DEL RIESGO**

Zilio María Cristina; D'Amico Gabriela; Palacios Facundo y Aranda Álvarez María del Carmen

Departamento de Geografía - FaHCE – UNLP

*criszilio@yahoo.com.ar gabrieladamico@live.com.ar facupalacios14@gmail.com*

*marylpar@gmail.com*

### RESUMEN

En el 79 d.C., el Vesubio despertó de un largo letargo sepultando a Pompeya y Herculano. La localización de estas ciudades no es casual. En el mundo son prácticamente innumerables la cantidad de poblaciones ubicadas al pie de volcanes, muchas de las cuales desaparecieron de un momento para otro como consecuencia de su furia. Si estas áreas son peligrosas ¿Por qué la gente las elige para vivir? ¿Qué recursos encuentran? ¿A qué distancia desaparece el peligro? En esta contribución, desarrollada por la cátedra Geografía Física 2 (FaHCE, UNLP), con una mirada desde la Teoría Social del Riesgo y La Red de Estudios Sociales de Prevención de Desastres en América Latina, se pretende identificar las razones de esa elección y establecer los riesgos a los que está expuesta la población en función de la peligrosidad, la exposición, la vulnerabilidad y la incertidumbre. Dada la riqueza informativa y los límites de este trabajo, se analizan cinco volcanes, seleccionados por ser ejemplos de distintos tipos de peligros, y se toma como caso especial el estudio del Vesubio. Metodológicamente se ha trabajado con bibliografía específica, llevando adelante un relevamiento cuanti y cualitativo tanto de las características propias de los volcanes como las características geográficas de los espacios afectados. A partir de estos resultados, se ha realizado un estudio comparativo del riesgo asociado a los mismos. Se observa en particular que la extensión y localización de las áreas de peligro están en relación con el tipo de materiales expulsados y/o afectados y que el crecimiento demográfico intensifica el efecto del riesgo.

**PALABRAS CLAVE:** Geografía Física - riesgo – vulcanismo

## 1. INTRODUCCIÓN

En el año 79 d.C., el volcán Vesubio despertó de un largo letargo sepultando las ciudades romanas de Pompeya, Herculano y otros asentamientos menores. Su erupción de tipo pliniana<sup>1</sup> es considerada la más peligrosa, debido a la magnitud de la salida de materiales.

La localización de estas ciudades no es casual. En el mundo son prácticamente innumerables la cantidad de poblaciones ubicadas al pie de volcanes, muchas de las cuales desaparecieron de un momento para otro como consecuencia de su furia. Si estas áreas son peligrosas ¿Por qué la gente las elige para vivir? ¿Qué recursos encuentran? ¿A qué distancia desaparece el peligro? Como afirman en el Instituto Smithsoniano<sup>2</sup>, los volcanes y los humanos tienen una convivencia incómoda. La fertilidad de los suelos y/o a la riqueza minera, así como las aguas termales y el desarrollo turístico son un imán económico y social muy poderoso. Blaikie et al. (1996) explican que, con frecuencia, se dice que la población que vive en zonas de alto riesgo son jugadores por naturaleza, que asumen grandes riesgos para lograr beneficios inciertos.

En esta contribución, desarrollada por la cátedra Geografía Física 2 (FaHCE, UNLP), con una mirada desde la Teoría Social del Riesgo y La Red de Estudios Sociales de Prevención de Desastres en América Latina (en adelante, La Red), se pretende identificar las razones de esa elección y establecer los riesgos a los que está expuesta la población. A través del análisis de cinco volcanes seleccionados como ejemplos de distintos tipos de peligros (Vesubio, Nevado del Ruiz, Laki, Hawaii y Santa Helena), se analiza el riesgo volcánico desde la peligrosidad, la exposición, la vulnerabilidad y la incertidumbre.

Metodológicamente se ha trabajado con bibliografía específica, llevando adelante un relevamiento cuanti y cualitativo tanto de las características propias de los volcanes como las características geográficas de los lugares afectados y de su población. A partir de estos resultados, se ha realizado un estudio comparativo del riesgo asociado a los mismos. Se observa en particular que la extensión y localización de las áreas de peligro están en relación con el tipo de materiales expulsados y/o afectados (lava, cenizas, lahares) y que el crecimiento demográfico intensifica el efecto del riesgo. Dada la

---

<sup>1</sup> Se caracteriza por explosiones que producen columnas eruptivas que se elevan por decenas de kilómetros. Desde la parte superior de la columna, menos densa, y empujadas por los fuertes vientos, las partículas caen en no menos de 500 km<sup>2</sup>. La parte más densa de la columna puede colapsar, generando flujos piroclásticos (Orsi et al., s/f).

<sup>2</sup> Programa Global de Vulcanismo (PGV), 2016.

riqueza informativa y los límites de este trabajo, se toma como caso especial el estudio del Vesubio y se realiza una presentación somera de los otros volcanes seleccionados.

## 2. MARCO TEÓRICO

En esta contribución se trabaja con un doble marco referencial, la Teoría Social del Riesgo y los trabajos de La Red. Desde las últimas décadas del siglo XX, se investiga el Riesgo como una construcción social. Si bien en un principio se lo ha considerado como el producto de la acción interactiva de tres variables -Peligrosidad, Exposición y Vulnerabilidad-, las dos líneas de trabajo mencionadas han propuesto modificaciones.

La forma de abordaje de la Teoría Social del Riesgo propuesta por Natenzon (1995; Ríos y Natenzon, 2015), permite una aproximación didáctica al análisis del Riesgo a partir de la exploración de estas tres dimensiones básicas, pero la enriquece con una cuarta dimensión, la Incertidumbre.

La Red se ocupa de fortalecer el estudio social de la problemática del riesgo y definir, a partir de ello, nuevas formas de intervención y de gestión en el campo de la mitigación del riesgo y prevención. En particular, consideramos los aportes de Blaikie et al. (1996), Romero y Maskrey (1993) y Cardona (1993). Este último propuso eliminar la variable exposición, por considerarla implícita en la de vulnerabilidad.

## 3. LAS CUATRO DIMENSIONES DEL RIESGO

Si consideramos, como dicen Blaikie et al. (1996), que todos los cambios que se producen sobre el relieve, y en particular los desastres naturales, no se deben exclusivamente a eventos físicos ya que son el producto del medio social, político y económico, debemos considerar que tanto el Riesgo como sus cuatro dimensiones - Peligrosidad, Exposición, Vulnerabilidad e Incertidumbre- son constructos sociales.

### 3.1. Peligrosidad

Natenzon (1995) expresa que hay peligrosidad cuando la severidad y frecuencia de un fenómeno físico-natural puede afectar a los seres humanos, a sus estructuras y/o actividades. ¿Son peligrosos los volcanes? El volcán per se es una geoforma. La erupción volcánica es un fenómeno natural. En el PGV (2016) se indica la dificultad de definirlo debido a la variabilidad de sus presentaciones, pero se explica el concepto como la acumulación de materiales explosivos o efusivamente erupcionados que se

originan a partir de respiraderos únicos o múltiples o fisuras en la superficie. El volcán se transforma en un peligro o amenaza natural cuando potencialmente puede afectar un área poblada o con infraestructura que puede ser dañada. Cuando la interacción entre este fenómeno natural y los seres humanos tiene como resultado un daño considerable en la propiedad, heridas o pérdida de vidas, se debe hablar de desastre natural (Keller y Blodgett, 2007).

Un volcán es peligroso cuando hay una población expuesta, pero por sus características físicas no todos los volcanes ofrecen la misma peligrosidad. La actividad volcánica depende básicamente de la viscosidad del magma y de su contenido en gases. Éstos, en profundidad, permanecen disueltos en el magma debido a las altas presiones. Cuando el magma asciende, a determinada profundidad se liberan como fase gaseosa independiente.

Cuando el magma es fluido contiene pocos gases y forma coladas volcánicas (erupción efusiva). Las coladas de lava son las manifestaciones volcánicas menos peligrosas, aunque pueden destruir viviendas, caminos y cultivos e incluso provocar muertes. Es el caso del volcán Nyiragongo, en el Gran Valle del Rift -República Democrática del Congo-, uno de los volcanes más activos del mundo. Posee un gran cráter normalmente lleno de lava líquida. En 1977, su “lago” de lava se vació de repente, escapándose por fisuras. Una extensa área quedó cubierta con coladas basálticas, provocando la muerte de un centenar o más de personas. En 2002 hubo una erupción masiva, compuesta por una inmensa pluma de cenizas y tres coladas lávicas, que destruyó catorce aldeas (Monroe et al., 2008).

Cuando el material magmático es más viscoso no deja salir los gases hasta que una explosión violenta expulsa esta nube de gases junto con fragmentos de magma líquido y trozos de roca (erupción explosiva o piroclástica). Dicha explosividad aumenta cuando el magma entra en contacto con agua superficial o subterránea (erupción freatomagmática).

En extremo peligroso es el flujo piroclástico. Esta nube ardiente está compuesta por piroclastos y gases y se caracteriza por una alta temperatura y velocidad superior a los 100 km/h. Cuando la boca eruptiva está parcialmente obstruida por lava semisolidificada tiene una explosión direccional como en la erupción del Mont Pelée, en 1902. En otras ocasiones, la erupción es vertical y cuando esta columna colapsa, cae al suelo y fluye a gran velocidad por las laderas, lo cual recuerda el anillo de las explosiones nucleares (“surge” piroclástico). Suelen asociarse con erupciones

freatomagmáticas. En Pompeya, después de la abundante caída de ceniza y piedra pómez, llegó material freatomagmático proveniente de un surge piroclástico. La mayoría de las víctimas perdió la vida en ese momento (Barberi, 1995).

El vulcanismo es una de las grandes fuerzas modeladoras tanto de la superficie terrestre como de la vida a lo largo de la historia geológica, pero por muy destructiva que sea, no es la lava la que causa los desastres globales. Gases y cenizas inyectadas en la atmósfera durante grandes erupciones han sido las responsables de cuatro de las cinco grandes extinciones masivas (Pardo et al., 2011). La última de estas extinciones ocurrió hace 65,5 millones de años, marcando el fin del Mesozoico y el inicio del Cenozoico. Para algunos investigadores, la repetición de pulsos volcánicos liberó grandes cantidades de dióxido de carbono en la atmósfera. Esto habría alterado significativamente el clima del período Cretácico y habría jugado un papel crucial en la extinción masiva de los dinosaurios, junto al impacto de un meteorito en Yucatán (Tarbuck y Lutgens, 2005; Pardo et al., 2011).

Otros ejemplos, de menor escala en términos de extinción biológica, muestran el impacto de la actividad volcánica. Se trata de las tres erupciones más devastadoras de los últimos tiempos: el Tambora, el Krakatoa y el Laki (este último se desarrolla al hablar de riesgos).

En la erupción de 1815, el Tambora (Indonesia) perdió unos 1500 metros de altura. Además de los trágicos efectos locales -más de 60.000 víctimas-, las cenizas suspendidas en la estratosfera hicieron descender las temperaturas del verano europeo de 1816. Por su parte, la erupción del volcán de Krakatoa, en 1883, hizo desaparecer dos tercios de la isla y produjo enormes tsunamis en el océano Índico, mientras que las cenizas en la atmósfera alteraron el clima del planeta durante tres años (Pardo et al., , 2011).

### **3.2. Exposición**

Es lo que materialmente está frente a la peligrosidad (Natenzon, 2004), es decir, tanto la presencia humana como su actividad en el territorio (infraestructura y producción económica). Es la cristalización material de las acciones sociales. Los conocimientos necesarios de esta dimensión se refieren a aspectos territoriales y poblacionales: hay que saber el número de personas expuestas, dónde están ubicadas, si están concentradas o no, dónde están la infraestructura y los bienes, cuál es la

localización de los centros para poder atender a la gente en la emergencia, dónde puedo instalar los centros de evacuados, entre otros factores. (Natenzon, 2004).

### 3.3. Vulnerabilidad

Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello. No toda situación en que se halle el ser humano lo convierte en vulnerable. Para Romero y Maskrey (1993), hay situaciones en las que la población sí está realmente expuesta a sufrir daño de ocurrir un evento natural (sismo, huracán, tormenta eléctrica u otros.); otras, en cambio, en que la gente está rodeada de ciertas condiciones de seguridad, por lo cual puede considerarse protegida. Según estos autores, se puede hablar de una vulnerabilidad de origen, con pueblos enteros construidos sin ningún o con muy poco criterio de seguridad, y una vulnerabilidad progresiva, por envejecimiento y debilitamiento de sus componentes.

Las erupciones volcánicas son como algunas epidemias, afirman Blaikie et al. (1996), por cuanto representan un límite al empleo del análisis de la vulnerabilidad. Ponen en peligro

*“a cualquier persona que viva dentro de la zona de alto riesgo, sea rica o pobre, terrateniente o peón sin tierra, hombre o mujer, viejo o joven, miembro de mayorías o minorías étnicas (...) Los niveles de ingresos, la calidad de la construcción de la casa y el tipo de ocupación, todo parece tener poco peso sobre la capacidad diferencial de la población para resistir el arsenal volcánico de emisiones de gas caliente, impacto de la descarga, flujos de lava, proyectiles, avalanchas volcánicas (lahares) de lodo y el depósito de la ceniza”* (Blaikie et al., 1996: 196).

### 3.4. Incertidumbre

Podemos hablar de dos tipos de incertidumbre: 1) la técnica, relacionada con las limitaciones en el estado del conocimiento (tanto científico como de la población), y 2) la social, vinculada a indeterminaciones en cuanto a competencias institucionales y aspectos normativos. Respecto de la primera, existen numerosos ejemplos de volcanes que se creían inactivos por el largo período de reposo desde su última erupción, pero en realidad estaban en estado latente. Testimonio de ello son las erupciones del Arenal de Costa Rica, en 1968, y del Pinatubo de Filipinas, en 1991 (Barberi, 1995).

La predicción de las erupciones es compleja debido a las características únicas de cada edificio volcánico. Su comportamiento no es homogéneo. En algunos volcanes, el

tiempo entre el comienzo de su actividad y el momento culminante es de semanas o meses, como el volcán Santa Helena que dio señales desde dos meses antes de la erupción. Otros no avisan e ingresan en erupción violentamente (Monroe et al., 2008).

Para la vulcanología es un reto reducir la probabilidad de una “falsa alarma”. Un ejemplo de ello, explica Barberi (1995), es la situación de los Campi Flegrei (Campos Flegreos), cerca de Nápoles. Su última erupción fue en 1538, pero se destaca por registrar movimientos verticales positivos y negativos desde hace muchos siglos y por su intensa actividad termal. La ciudad de Pozzuoli se encuentra en el área más peligrosa, en el centro de una caldera formada hace 35.000 años. En caso de reactivación se espera que la erupción sea de energía medio-baja, pero con alta explosividad, por lo que unas 200.000 personas deberían ser evacuadas antes del comienzo de la erupción. Entre 1982 y 1984 la región tuvo una crisis muy seria. El suelo del puerto de Pozzuoli se levantó 185 cm. Hubo fuerte sismicidad superficial, abertura de fracturas, aumento del flujo de vapor, gases en las fumarolas y cambios químicos. Hacia 1983, 40.000 personas fueron evacuadas de la ciudad debido a la vulnerabilidad sísmica de los viejos edificios del centro histórico. A fines de 1984, todos los fenómenos anómalos se fueron calmando gradualmente.

Decidir cuál es el momento preciso para dar la alarma no es simple. Esperando la aparición de todos los síntomas de una erupción, se puede alcanzar un estadio muy cercano a la erupción y ser demasiado tarde, o como en los Campi Flegrei, puede volver a atenuarse. Hacia la década de 1990, escribía Barberi (1995), en caso de una erupción del Vesubio, se necesitaban tres semanas para realizar una evacuación ordenada de sus 600.000 habitantes -ahora el número de habitantes se ha multiplicado por cinco-.

La construcción de un mapa de peligrosidad volcánica es fundamental, donde se indiquen la erupción más fuerte, la frecuencia de las erupciones, el evento máximo esperable, la posible dimensión del área afectada, el tipo de fenómenos eruptivos esperados (coladas de lava, flujos piroclásticos, caída de cenizas, flujos de lodo, etc.). Como dice Barberi (1995: 52), *“se puede estimar con buena aproximación una erupción del Vesubio en los próximos 20 años, pero no podemos establecer con certeza si habrá o no erupción del Vesubio en este período de tiempo”*. Han pasado 24 años desde esa afirmación y no registró mayor actividad de la normal.

Blaikie et al. (1996) consideran que, si bien la población rica tiene más acceso al conocimiento, que incluye una conciencia del riesgo volcánico, también la población pobre que vive cerca de los volcanes activos es cada vez más consciente de los riesgos y



que, una vez que observan señales de actividad volcánica, ellos están tan prontos a seguir las órdenes de evacuación como sus ricos vecinos.

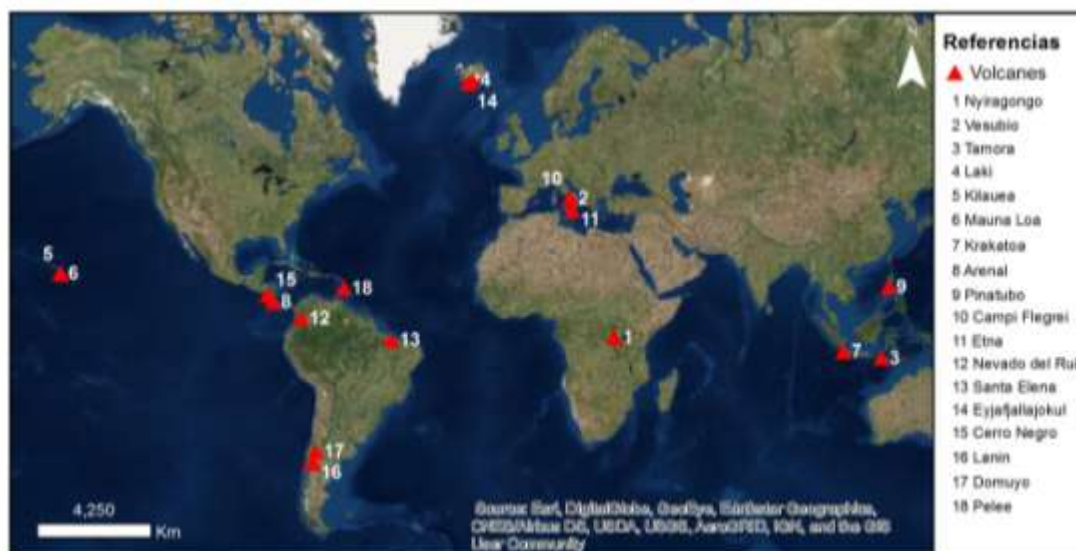
Respecto de la incertidumbre social, se requieren acciones de vigilancia, predicción y prevención. Es imposible evitar las destrucciones provocadas por los flujos piroclásticos, pero la sociedad ha demostrado tener capacidad para controlar las coladas lávicas. Durante la erupción del Etna (Italia), entre 1991 y 1993, el pueblo de Zafferana Etnea fue protegido, primero construyendo barreras de tierra y luego, desviando la lava a un canal artificial. Esto no es fácil y depende de una serie de factores, como la morfología y las condiciones eruptivas (Barberi, 1985), así como las condiciones socioeconómicas del país.

La comunidad científica tiene la tarea principal de definir el peligro del volcán, para llevar a cabo un pronóstico a largo y corto plazo, y una zonificación del territorio según los eventos esperados. El Estado -nacional, provincial y municipal- tiene la tarea de formular las pautas para la preparación e implementación de programas de previsión y prevención en relación con los diversos supuestos de riesgo: elaborar planes nacionales de emergencia, promover actividades de concientización de la población y promover la investigación en los diversos campos disciplinarios.

Tan solo unos pocos volcanes potencialmente peligrosos están monitoreados, afirman Monroe et al. (2008), particularmente en Japón, Italia, Rusia, Nueva Zelandia y Estados Unidos. La vigilancia de los volcanes, explican estos autores, implica registrar y analizar los cambios físicos y químicos que los afectan. Por ejemplo, los geólogos utilizan instrumental para detectar cuando un volcán se hincha, observar las emisiones de gases, los cambios de nivel y temperatura del agua subterránea, los cambios en los campos magnéticos y eléctricos locales. De ser necesario, también registran las acumulaciones de nieve y hielo, con el objetivo de anticipar el posible peligro de inundaciones en el caso de que se produzca una erupción.



Figura 1: Localización de los volcanes mencionados en el presente trabajo.



Elaboración propia. Imagen base: EarthStar Geographics para ArGis.

#### 4. RIESGO VOLCÁNICO

Como ya se ha señalado, el riesgo volcánico es el resultado de múltiples variables. Más allá de los volcanes mencionados, se han seleccionado cinco que ejemplifican diferentes tipos de peligros. Sin embargo, cabe aclarar que rara vez los volcanes encierran un único peligro ya que en una erupción suelen presentarse varios peligros a la vez e incluso sumarse los efectos por la sinergia que se genera entre ellos.

##### 4.1. El Nevado del Ruiz y el lahar que sepultó a Armero

En 1985, una pequeña erupción del Nevado del Ruiz (IEV 3<sup>3</sup>), en Colombia, produjo un flujo de lodo mortal que sepultó a Armero dejando unas 21.000 víctimas y ocasionando millones de dólares en daño a la propiedad. Casi un siglo y medio atrás, en 1845, un evento similar había provocado 1.000 muertes, pero los depósitos dejados por este suceso produjeron un suelo rico que indujo a la gente a trasladarse allí para establecer granjas. La ciudad de Armero se convirtió en el centro agrícola del valle. El

<sup>3</sup> El índice de Explosividad Volcánica (IEV) fue desarrollado para proveer una medida relativa de la explosividad de las erupciones volcánicas. Es un método semicuantitativo y se basa parcialmente en criterios subjetivos. Abarca de 0 (moderada) a 8 (catastrófica) y se basa en varios aspectos de una erupción, como el volumen de material arrojado de manera explosiva y la altura de la pluma de la erupción. Pero, como dicen Monroe et al. (2008), no se tienen en cuenta el volumen de lava, las víctimas mortales ni los daños materiales, como en la erupción del Nevado del Ruiz. Se han asignado valores de IEV a casi 5700 erupciones producidas en los últimos 10.000 años, pero ninguna superó el 7. Más del 60% tuvo un valor de 2.

aumento de la población multiplicó el número de víctimas mortales por más de 20. Irónicamente, expresan Keller y Blodgett (2007), el proceso natural que creó el marco para el desarrollo de la agricultura y el aumento de la población fue el mismo que llevó a su destrucción. Un estudio de riesgos presagiaba un 100% de probabilidad de que una erupción produciría flujos de lodo potencialmente peligrosos, pero fueron ignorados por completo. Estos autores afirman que (1) la erupción y los flujos de lodo de 1985 fueron previstos, el peligro identificado y el riesgo evaluado; (2) el crecimiento de la población desde el último flujo de lodo en 1845 aumentó en gran medida el número de personas en peligro, y (3) la enorme pérdida de vidas podría haberse reducido de manera considerable si se hubiese hecho caso de las advertencias. A principios de 1986 se estableció en Colombia un centro de observación de volcanes permanente para realizar el seguimiento continuo de este y otros volcanes sudamericanos.

#### **4.2. Cenizas de Islandia: Revolución Francesa y crisis aérea**

La erupción del Laki, entre 1783 y 1784, no sólo provocó miles de víctimas en Islandia, sino que alteró el equilibrio climático en toda Europa durante largos meses. La erupción de fisura, de unos 100 km de longitud y con unos 130 volcanes activos, emitió lava y nubes tóxicas de ácido fluorhídrico y dióxido de azufre. Las consecuencias en Islandia fueron devastadoras. Entre el 20% y el 25% de la población murió de envenenamiento por flúor y hambruna. Se perdieron el 80% de las ovejas y el 50% de las vacas y caballos.

La mortandad se extendió por Europa a causa de las enfermedades y la hambruna conforme la nube tóxica se dispersó, la temperatura aumentó y posteriormente disminuyó, produciendo veranos muy fríos en todo el planeta. Para algunos investigadores fue el detonante de la Revolución Francesa (Pardo et al., 2011).

En 2010, el volcán Eyjafjallajökull provocó lo que muchos consideran el mayor caos de la historia de la aviación comercial. Sus cenizas, empujadas por los vientos del oeste hacia Europa, obligaron a cancelar miles de vuelos afectando las comunicaciones aéreas entre dicho continente y el mundo.

#### **4.3. Los ríos de lava del Kilauea**

El Kilauea (1.247 msnm) es un volcán de escudo desarrollado sobre una pendiente del volcán Mauna Loa (Parque Nacional de los Volcanes de Hawaii). La mayor parte de la superficie del volcán consiste en lavas de formación reciente (menores a 1.000 años).

La peligrosidad histórica ha estado dominada por la alternancia entre ciclos de erupción explosiva y efusiva (flujos de lava). Desde el siglo XIII, los alrededores del volcán se han ido poblando y un millar de personas perecieron como consecuencia de un flujo piroclástico, en 1790. Sin embargo, en 1823 entró en una fase efusiva que se mantiene hasta hoy (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Desde 1912, funciona el Observatorio de Volcanes Hawaianos, dependiente del Servicio Geológico de los Estados Unidos (Richter et al., 1970). Su constante vigilancia favoreció la emisión de alertas previas y posteriores a la erupción que comenzó el 3 de mayo de 2018, por lo que se reportaron solo daños materiales durante todo el periodo eruptivo. La incertidumbre se reduce gracias al conocimiento técnico, sumado a la emisión de alertas que disparan un sistema de prevención y atención estatal.

#### **4.4. Santa Helena, la furia de un volcán**

En 1980, en el Estado de Washington (EE. UU.), el volcán Santa Helena tuvo una erupción compleja. La mayor parte de su lado norte explotó, perdiendo 400 m de altura de sus 2.900 msnm. La avalancha de escombros, la descarga horizontal, los flujos piroclásticos y los flujos de lodo devastaron un área de 400 km<sup>2</sup> (Tarbuck y Lutgens, 2005). Docenas de científicos lo venían estudiando por un abultamiento en el flanco norte, sin embargo, los movimientos sísmicos disminuyeron en los dos días anteriores. El desencadenante fue un terremoto de magnitud media.

Al tratarse de un área boscosa, solo fallecieron 59 personas. Los vientos llevaron las cenizas hacia el E. La localidad de Cougar, la más cercana, debió ser evacuada. El Servicio Geológico de los Estados Unidos y el Observatorio Vulcanológico de Cascades, son encargados del monitoreo sísmico y volcánico de la región.

### **5. CASO DE ESTUDIO: VESUBIO**

Diversas razones influyeron en la selección de este volcán como caso principal: (1) la descripción de la erupción del año 79 d.C. es no sólo la más antigua sino la más famosa, llevada incluso al cine; (2) posee el observatorio vulcanológico más antiguo del mundo, motivo por el cual tiene un mejor seguimiento de su comportamiento; (3) concentra una de las mayores densidades demográficas en terrenos volcánicos y (4) en función de los registros de su comportamiento se considera que se encuentra en un período de inactividad temporal pero que de reanudar su actividad eruptiva puede ser explosiva.

### 5.1. Peligrosidad

En el territorio italiano hay al menos diez volcanes activos, es decir, que han dado señales en los últimos 10.000 años: Stromboli, Etna, Vesubio, Colli Albani, Campi Flegrei, Ischia, Lipari, Vulcano, Pantellería, Isla Ferdinandea. Si bien solo los dos primeros tienen erupciones continuas o separadas de períodos cortos de descanso -de meses a algunos años-, todos estos volcanes pueden producir erupciones en un corto o mediano tiempo (INGV, 2018).

El territorio italiano es producto de un complejo comportamiento de las placas tectónicas y esta complejidad se visibiliza en la formación de las cordilleras, los numerosos volcanes y la elevada sismicidad. Al oeste, la placa africana subduce debajo de la euroasiática. Al este y a una mayor velocidad, la pequeña placa del Adriático comprime a las otras dos a lo largo de una línea imaginaria con dirección norte-sur. La subducción de la placa del Adriático por debajo del actual territorio ha sido responsable del surgimiento de los Apeninos, columna vertebral de la península, hace millones de años.

Figura 2: Ubicación del volcán Vesubio y alrededores.



Fuente: Adaptado de Soto Bonilla (2014).

El 24 de agosto del 79 d.C., la dirección del viento fue la responsable de que Oplontis, Pompeya y Estabia, ciudades situadas en las faldas del Vesubio (figura 2), acabaran sepultadas por hasta tres metros de material volcánico. El aire arrastró los gases tóxicos provocando la muerte instantánea de numerosos habitantes. Se calcula que en Pompeya, en menos de 24 horas, más de 2.000 de sus 20.000 habitantes murieron (Tarbuck y Lutgens, 2005), unas asfixiadas por los gases, otras sepultadas por las cenizas incandescentes, otras aplastadas por los derrumbes. Herculano, en cambio,

quedó cubierta por la lava incandescente que corrió volcán abajo en dirección oeste. Nola, Sorrento y Neapolis (Nápoles), quedaron gravemente dañadas por los frecuentes temblores que acompañaron la erupción y que provocaron un pequeño tsunami en la bahía (Castillo, 2017). Éstos eventos fueron descritos por Plinio el Joven, funcionario romano que observó la erupción desde treinta kilómetros de distancia. Por esta descripción, este tipo de erupciones han derivado en llamarse “plinianas”<sup>4</sup>.

La excavación sistemática de Pompeya comenzó en 1748 y los arqueólogos fueron hallando huecos en la ceniza solidificada que habían contenido restos humanos. En 1863 se comenzó a inyectar yeso líquido en esos vacíos, obteniendo así un calco de los cadáveres. En la actualidad se utilizan resinas sintéticas que permiten recoger mayor número de detalles (Castillo, 2017). Las figuras resultantes muestran los últimos momentos de la vida de los pompeyanos. Un estudio multidisciplinar (Mastrolorenzo et al., 2010) ha determinado que las víctimas no sufrieron una larga agonía, sino que perdieron la vida al instante por exposición a temperaturas de 300°C en Pompeya, de y 600°C en Herculano. Teniendo en cuenta la altura de la columna piroclástica, que habría alcanzado 30 km de altura, y la velocidad de la nube provocada por su derrumbe, determinaron que el tiempo transcurrido mientras pasó sobre Pompeya fue de poco más de un minuto. Los moldes de los cuerpos presentan lo que se conoce como “cadaveric spasm”, una postura adoptada únicamente cuando la muerte es instantánea.

Sin embargo, esta no es la única erupción vesubiana. Existe muchísima información sobre el volcán. Mide 1.281 msnm y tiene una forma típica de cono con un cráter de unos 500 m diámetro y alrededor de 300 m de profundidad (Orsi et al., s/f). Es un estratovolcán y, a simple vista, su perfil presenta una doble cima ya que está compuesto por el antiguo volcán Somma, transformado en caldera, y el Vesubio, crecido dentro de esa caldera. El INGV (2018) considera que más apropiado sería llamarlo como Somma-Vesubio.

Las rocas volcánicas más antiguas datarían de unos 300.000 años (Orsi et al, s/f). Se calcula que hace 19.000 años se terminó de formar el Somma. Parte de este antiguo edificio se conserva como una cresta disimétrica y recibe el nombre de Monte Somma (INGV, 2018).

---

4 Según Soto Bonilla (2015), la denominación “pliniana” debería incluir la contribución de su tío, Plinio el Viejo, naturalista y funcionario romano, quien murió en el cumplimiento de su deber como almirante de la flota del Tirreno, tratando de salvar vidas de la catástrofe. Su labor debería ser reconocida como pionera en la defensa civil.

A lo largo de su historia geológica, el comportamiento del Vesubio se ha caracterizado por la alternancia entre períodos de actividad eruptiva, durante los cuales el conducto del volcán es abierto, y períodos de inactividad, en los cuales el conducto está obstruido. Estos últimos se caracterizan por la ausencia de actividad eruptiva y acumulación en una cámara magmática. En general, terminan con una erupción explosiva que es tanto más violenta cuanto más largo es el período de quietud que lo precedió. Estos eventos explosivos son sucedidos por períodos de actividad eruptiva con un conducto abierto, con magma llenando el conducto y alcanzando generalmente el cráter. Estos últimos se caracterizan por la sucesión de intervalos de tiempo cortos de erupciones explosivas efusivas, de baja energía y mixtas (Orsi et al, s/f). Se han registrado siete erupciones plinianas (INGV, 2018), con índices 5 o 6 de explosividad volcánica (IEV).

Después de 1631, la actividad sísmica ha sido intensa y las grandes erupciones fueron precedidas por enjambres de terremotos claramente sentidos por la población. Entre esta fecha y 1944, el Vesubio presentó 18 ciclos estrombolianos<sup>5</sup>, separados por breves períodos de ausencia de actividad, nunca superiores a 7 años y cada uno cerrado por erupciones violentas conocidas como "finales". Dentro de cada ciclo hubo erupciones efusivas, llamadas "intermedias". La erupción de 1906, "final", es la manifestación más violenta de la actividad del Vesubio en el siglo XX. La erupción de 1944, "terminal", de naturaleza explosiva y efusiva (erupción mixta), fue la última en orden de tiempo y marcó el paso del volcán a un estado de actividad de conducto obstruido (INGV, 2018).

Desde 1944 hasta hoy el volcán ha dado solo señales modestas de vida como actividad fumarólica, principalmente dentro del cráter, y terremotos de baja energía con hipocentros de hasta 6 km de profundidad. No hubo deformación del suelo ni registró variaciones de los parámetros físicos y químicos que podrían indicar una reactivación de la dinámica del sistema. Los resultados de las encuestas geofísicas sobre su estructura profunda indican que no hay acumulaciones de volúmenes significativos de magma en los primeros 10 km de corteza. El comportamiento anterior y el estado actual del Vesubio sugieren que el volcán puede reanudar su actividad eruptiva y, que si ocurre

---

<sup>5</sup> Debe su nombre al volcán Stromboli. La erupción se caracteriza por explosiones de baja energía y a intervalos que varían de segundos a horas. El magma, que arroja a unos cientos de metros de altura, cae al suelo, formando un cono de escoria (Orsi et al, s/f).



una erupción puede ser explosiva. Por lo tanto, el Vesubio es un gran volcán peligroso (Orsi et al, s/f).

## 5.2. Exposición

Su cráter se encuentra a unos 15 km desde el centro de la ciudad de Nápoles (Orsi et al., s/f). Según estimaciones no oficiales, sobre las laderas del Vesubio viven unas 700.000 personas y, cerca de Campi Flegrei, alrededor de un millón de personas. Según datos censales de 2011<sup>6</sup>, toda la CMN albergaba 3.054.956 habitantes. La intensa urbanización ha aumentado dramáticamente el riesgo volcánico.

La Ciudad Metropolitana de Nápoles (CMN) es una de las cinco divisiones de la región de Campania. Su territorio coincide con el de la preexistente provincia homónima. Debido al carácter urbano de la CMN, predominan las actividades industriales, los servicios y el comercio. La fertilidad del suelo, poroso y rico en minerales, permite el desarrollo de los viñedos que, sobre las laderas del Vesubio, crecen en terrazas. La combinación de nutrientes esenciales con un clima particular ha convertido a la zona entre las más reconocidas y prósperas para la producción vitivinícola.

## 5.3. Vulnerabilidad

Italia presenta valores altos tanto en el Índice de Desarrollo Humano<sup>7</sup> (IDH) como en el IDH ajustado por desigualdad, siendo de 0,887 y 0,784 respectivamente. Sin embargo, su desarrollo no es homogéneo en todo el territorio. Biscella et al. (2017) comentan que el periódico económico *Il Sole 24 Ore*, ha publicado durante 25 años un dossier sobre la calidad de vida de las ciudades italianas. De un total de 110 lugares, la ciudad de Nápoles ha descendido del lugar 98 en 2006, al 108 en 2017. La elevada densidad, la falta de servicios, la inseguridad, el crimen organizado son algunos de sus mayores problemas. Sin embargo, los datos de 2018<sup>8</sup>, reubican a esta ciudad en el lugar 94, de un total de 107.

---

6 Censimento 2011 Italia. Recuperado de: <https://www.tuttitalia.it/statistiche/censimento-2011/>

<sup>7</sup> El Índice de Desarrollo Humano, construido y publicado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), es uno de los parámetros mayormente utilizados para el análisis comparativo del desarrollo. Se enfoca en la medición de tres dimensiones: una vida larga y saludable, acceso a educación, y un nivel de vida digno. Como aproximación a la incorporación de la dimensión de desigualdad, el PNUD también elabora otros índices alternativos como el IDH ajustado por desigualdad, que calcula la pérdida en desarrollo humano debido a la desigual distribución del mismo entre las tres dimensiones del IDH y dentro de cada una de ellas.

<sup>8</sup> Le città più vivibili d'Italia. Qualità della vita 2018. <http://lab24.ilsole24ore.com/qdv2018/indexT.html>



Otro punto débil tiene que ver con el trazado urbano y con el tránsito. Surgida como Neapolis, la ciudad es muy antigua y con muchas calles angostas. En su expansión, con trazos sinuosos, ha debido adaptarse a los ríos preexistentes, a la línea de costa o a las colinas, así como a la presencia de un foso o una muralla. El tráfico es complejo, con atascos y caos circulatorio. No se respetan las reglas de tránsito.

Hace una década, González (2006) describía a Nápoles como la ciudad más violenta de la Unión Europea, de la mano de la Camorra, su criminalidad organizada. Explicaba que la mafia napolitana se asocia tanto a asesinatos como a comercios legales (construcción, recolección de residuos, entre otros) e ilegales (contrabando y droga). En su libro Gomorra, Saviano (citado por González, 2006) describe el lado invisible de la ciudad: la extraordinaria actividad del puerto, base europea del comercio chino, con un movimiento del que las aduanas registran una porción ínfima; o la ingente red de talleres clandestinos, con creciente participación china, que utilizan el talento artesanal acumulado durante generaciones para fabricar con calidad, a bajo coste y sin impuestos. El trabajo en negro impide que gran parte de los napolitanos puedan obtener hipotecas y tengan que pedir dinero a los usureros de la Camorra. Este suele ser el primer paso para integrarse a "el sistema", como la llaman los propios camorristas:

“La *cultura de la ley* se ve sustituida por la realidad paralela de los clanes, que ofrece a los niños un futuro aparentemente brillante, divertido, heroico: coches de lujo, armas, placeres y un sueldo seguro incluso cuando se está en prisión. Cada año, 9.000 niños abandonan en la región el sistema educativo de forma prematura” (Reportaje a González, 2006).

#### 5.4. Incertidumbre

En Italia, los volcanes son monitoreados por sistemas multiparamétricos integrados y la recopilación de información sobre el estado de la actividad se acompaña con el estudio de los datos provenientes de eventos eruptivos importantes (INGV, 2018). La actividad histórica del Vesubio está bien documentada ya que posee el Osservatorio Vesuviano, la primera estructura en el mundo utilizada para la observación y el estudio del vulcanismo. Comenzó a funcionar en 1848. Hoy depende de la Sezione di Napoli del Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanología (INGV). Sobre el volcán ha instalado herramientas para el monitoreo continuo de sismicidad, deformación del suelo y emisiones de gases del suelo y fumarolas. Su banco de datos incluye, por ejemplo, información actualizada sobre los sismos del área de Campania, así como el estado de

las emisiones gaseosas. Ha reconstruido la evolución morfológica del Vesubio a partir de fuentes históricas e iconográficas sobre la actividad del volcán durante el último ciclo eruptivo (1631-1944). Estima el comportamiento futuro del volcán a partir de su historia eruptiva (INGV, 2018).

A partir de toda la información, se ha definido la erupción máxima esperada en caso de reanudación de la actividad eruptiva en el corto a mediano plazo. Este evento es representado por una erupción subpliniana del tipo que ocurrió en 1631. Sin embargo, este escenario no es necesariamente el más probable: la erupción real podría ser más modesta, pero se ha tomado como base para formular un plan de emergencia, teniendo en cuenta que la única defensa para la población sería su evacuación antes del inicio de la erupción (Orsi et al, s/f). El plan identifica las acciones que se realizarán según el nivel de alerta y tres áreas de intervención: Roja, Amarilla y Azul, según el tipo y alcance de los potenciales peligros. Para el plan de evacuación actual se calcula una duración de entre dos semanas y veinte días tras el pre-aviso de erupción.

### **5.5. Riesgo**

La peligrosidad de la CMN es alta. Además del Vesubio, incluye otros dos volcanes activos y peligrosos -Campi Flegrei e Ischia-. La historia volcánica y deformativa, y el estado actual de estos volcanes, permiten predecir que todavía pueden dar erupciones y que estas podrían ser explosivas (Orsi et al, s/f). La exposición y la vulnerabilidad también son elevadas por concentrar más de tres millones de personas, con una alta densidad de población, un dominio de la mafia, un trazado complejo y un tráfico caótico. Cada uno de estos elementos restringe una rápida evacuación potencial.

Si bien posee el observatorio más antiguo y la gente tiene conciencia del peligro, hay incertidumbre sobre el comportamiento volcánico ya que es imposible predecir antes de la erupción, con el conocimiento actual, su dinámica eruptiva y la cantidad de magma emitida. El análisis de estas cuatro dimensiones nos lleva a considerar al Vesubio y sus alrededores como una de las áreas con mayor riesgo volcánico de mundo.

## **6. EL INCIERTO ENCANTO DE HABITAR ZONAS PELIGROSAS**

Si bien, como ya se ha visto, son innumerables los riesgos volcánicos, no podemos dejar de hablar de los beneficios importantes que conllevan. Al igual que otros fenómenos naturales, la actividad volcánica no es únicamente sinónimo de desastre.

Los productos de los volcanes pueden ser altamente benéficos (Blaikie et al., 1996). No es accidental que la densidad de población sea alta cerca de los volcanes. La Institución Smithsonian explica que, aunque los suelos de cenizas volcánicas subyacen en menos del 1% de la superficie terrestre, albergan al 10% de la población mundial. La meteorización de estas cenizas da origen a nutrientes esenciales del suelo que sustenta cultivos como los arrozales en Indonesia, Filipinas y Japón, la caña de azúcar en Hawái y América Central, y los viñedos en Italia. Estos fértiles suelos volcánicos cubren más de 1.5 millones de km<sup>2</sup> y forman un componente significativo de la superficie en países a lo largo del Cinturón de Fuego del Pacífico (PGV, 2016).

Blaikie et al. (1996) mencionan el ejemplo del volcán Cerro Negro, en Nicaragua. Una espesa efusión de cenizas, en 1992, auguraba una crisis agrícola, pero diez meses más tarde, los agricultores ya estaban disfrutando de buenas cosechas de los fértiles suelos entremezclados con cenizas volcánicas.

Los volcanes también dan origen a productos minerales, tanto durante la erupción, como piedra pómez y escoria, como a partir de fenómenos post volcánicos, como azufre y otros minerales. Pueden ser utilizados en la industria y en la construcción (Blaikie et al, 1996; PGV, 2016). Los reservorios de vapor o agua caliente en campos geotérmicos se han aprovechado para obtener energía eléctrica en muchas regiones volcánicas (PGV, 2016). El uso médico y recreativo de las fuentes termales también se ha reconocido en todo el mundo por miles de años, por ejemplo, las Termas de Copahue, Neuquén.

Los volcanes también son un interesante destino turístico, con gran beneficio económico para las comunidades locales, como el ascenso hasta la cima volcánica -Lanín, Neuquén- o la visita a geysers -Volcán Domuyo, Neuquén-. Se destaca el circuito turístico por la Payunia -Mendoza-, un verdadero laboratorio al aire libre ya que cuenta con más de 800 volcanes de diferentes formas y estilos eruptivos.

## 7. CONCLUSIONES

El análisis de diferentes fenómenos volcánicos nos permite ver que el vulcanismo es una de las grandes fuerzas modeladoras del relieve y de la vida. Su estudio no debe centrarse únicamente en las magnitudes del proceso natural. Debe incluir también aquellas dimensiones relacionadas con la presencia humana y sus características.

- Cuando hablamos de peligrosidad en general, debemos referirnos a un espectro muy amplio. En un extremo podemos encontrar un volcán ubicado en el centro de una

vasta área alejada de toda sociedad humana y de sus actividades. Si una erupción lávica, por más intensa que sea, no afecta a la población, no hay peligrosidad. Se trata solo de un evento natural. En el otro extremo podemos hablar de un volcán en un área superpoblada. Una pequeña actividad volcánica puede afectar trágicamente a estos habitantes.

- La peligrosidad depende del tipo de erupción, del tipo de materiales expulsados, del tipo de magma, del volumen y altura de los materiales, así como de los fenómenos relacionados (sismos, lahares, avalanchas de escombros, tsunamis). Cada volcán es único así como la cadena de eventos particulares que conduce a una erupción.

- Si bien la exposición y vulnerabilidad están íntimamente relacionadas con la distancia, no es una condición sine qua non que a cierta distancia el riesgo desaparezca. Los efectos devastadores de una erupción se pueden extender mucho más allá del volcán, siendo las cenizas las más perjudiciales a gran escala superficial.

- El crecimiento demográfico, sumado a un inapropiado uso de la tierra, intensifica el efecto del riesgo. Esto puede provocar que un desastre se convierta en catástrofe.

- El riesgo puede ser menor si se reduce la incertidumbre, y para lograr esto se debe: a) promover la investigación y monitoreo permanente de los volcanes; b) desarrollar actividades de prevención (capacitación e información de la población) y c) organizar un plan eficiente de evacuación en caso de emergencia, entre otras cosas.

- Si bien los aspectos benéficos del vulcanismo son menos conocidos, no son por ello menos importantes y se transforman en un magnetismo económico y social muy poderoso. Es necesario planificar el uso de la tierra y regular las construcciones.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barberi, F. (1995). Mitigación de riesgos volcánicos. Instituto Tecnológico Geominero de España. *Reducción de riesgos geológicos en España*. (pp. 49-55) Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.

Biscella, M.; Finizio, M.; Gianotti, A. y Guerra, M. (2017). Qualità della vita, la classifica delle città. Dossier. Il Sole 24 Ore. Periódico económico. Recuperado de: [http://www.ilsole24ore.com/speciali/qvita\\_2017\\_dati/home.shtml](http://www.ilsole24ore.com/speciali/qvita_2017_dati/home.shtml)

- Blaikie, P.; Cannon, T.; Davis, I. Y Wisner, B. (1996). Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. Bogotá: La Red, Tercer Mundo Editores.
- Cardona, O. (1993). Gestión ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados. Maskrey, A. (Ed.). *Los desastres no son naturales*. (pp. 45-65). Bogotá: La Red, Tercer Mundo Editores.
- Castillo, E. (2017). Pompeya. Barcelona: Serie Arqueología.
- González, E. (2006). La Camorra se hace con Nápoles. Reportaje. En: El País, 3/11/2006. Recuperado de: [https://elpais.com/diario/2006/11/03/internacional/1162508401\\_850215.html](https://elpais.com/diario/2006/11/03/internacional/1162508401_850215.html)
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanología (2018). Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano. Recuperado de <http://vulcani.ingv.it/it/>
- Keller, E. y Blodgett, R. (2007). Riesgos Naturales. Procesos de la Tierra como riesgos, desastres y catástrofes. Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Mastrolorenzo, G.; Petrone, P. ; Pappalardo, L. y Guarino, F. (2010). Lethal Thermal Impact at Periphery of Pyroclastic Surges: Evidences at Pompeii. *Revista científica Plos One*. 5 (6), 1-12. Recuperado de <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0011127>
- Monroe, J.; Wicander, R. y Pozo Rodriguez, M. (2008). Geología. Dinámica y Evolución de la Tierra. España: Paraninfo.
- Natenzon, C. (1995). Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre. Serie Documentos e Informes de Investigación N° 197, FLACSO. Recuperado de: <http://pirna.com.ar/files/pirna/PUB-Natenzon-Catastrofes-naturales-riesgo-e-incertidumbre.pdf>
- Natenzon, C. (2004). Las grandes inundaciones en el litoral argentino. Riesgo, vulnerabilidad social y catástrofes. *Encrucijadas* 29. UBA.
- Orsi, G., Cuna, L., De Astis, G., de Vita, S., Di Vito, M.A., Isaia, R., Nave, R., Pappalardo, L., Piochi, M., Postiglione, C., Sansivero, F. (2001). I vulcani Napoletani: pericolosità e rischio. Osservatorio Vesuviano. Recuperado de: [http://www.ov.ingv.it/ov/doc/vulcani\\_napoletani\\_HQ.pdf](http://www.ov.ingv.it/ov/doc/vulcani_napoletani_HQ.pdf)
- Pardo, A.; Keller, G. y Adatte, T. (2011). De México a India: en busca de las causas del ocaso de los dinosaurios. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2011 (19.2), 148-160. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/280298299>

- Programa Global de Vulcanismo (2016). Eruptions, Earthquakes & Emissions, v. 1.0 (aplicación de internet). Washington: Smithsonian Institution. Recuperado de <https://volcano.si.edu/E3/>.
- Richter, D., Eaton, J., Murata, K., Ault, W. y Krivoy, H. (1970). The 1959--60 eruption of Kilauea volcano, Hawaii. Geological Survey Professional Paper 597-E. Washington: United States government printing office. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02599351>
- Ríos, D. y Natenzon, C. (2015). Una revisión sobre catástrofes, riesgo y ciencias sociales. Natenzon, C. y Ríos, D. (eds.) *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos*. Buenos Aires: Imago Mundi.
- Romero, G. y Maskrey, A. (1993). Como entender los desastres naturales. Maskrey, A. (comp.). *Los desastres no son naturales*. Bogotá: LA RED-Tercer Mundo Editores.
- Soto Bonilla, G.J. (2014). *Los Plinius, el Vesubio, Pompeya y el Imperio Romano de la segunda mitad del siglo I*. Universidad Latina Campus Heredia. Tesis doctoral. Costa Rica. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/281359457\\_Los\\_Plinios\\_el\\_Vesubio\\_Pompeya\\_y\\_el\\_Imperio\\_Romano\\_de\\_la\\_segunda\\_mitad\\_del\\_siglo\\_I](https://www.researchgate.net/publication/281359457_Los_Plinios_el_Vesubio_Pompeya_y_el_Imperio_Romano_de_la_segunda_mitad_del_siglo_I)
- Soto Bonilla, G. J. (2015). Los Plinius, la Campania romana y las erupciones plinianas. *Revista humanidades*, 5 (2), 1-58. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5191037.pdf>
- Tarbuck, E. J. y Lutgens, F. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una Introducción a la Geología*. 8va edición. Madrid: Pearson Educación.