

## **SAN GENARO: EL ÚLTIMO VOLCÁN DE LA PALMA**

Manuel Regueiro y González-Barros

Presidente del Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

### **1.- Introducción**

En España nadie olvidará el año 2021 -por la pandemia, sobre todo- pero porque ya todos los españoles han visto en directo una erupción de un volcán en el suelo patrio. El nuevo edificio volcánico de La Palma que ha durado más que ningún otro del registro histórico (85 días) -que no del geológico- se ha llevado por delante 2.910 construcciones y ha afectado a casi el 2% del territorio de la isla (1.226 hectáreas) y a miles de sus habitantes.

La cotidianidad de los geólogos en los medios (nunca había habido tanto “vulcanólogo” mediático, sobre todo porque ese título lo tienen de verdad solo un puñado de científicos españoles, algunos, por cierto, no salieron en los medios), ha hecho por la profesión mucho más que los últimos veinte años de bachillerato.

Otra cosa -mas importante- que ha puesto a la geología y a los geólogos en el candelero es que el control y evolución del volcán estuvo en manos de los científicos -¡y menos mal!- que podían medir y entender que pasaba o predecir qué iba a pasar. Se ha hecho CIENCIA con mayúscula, la que le sirve al ciudadano y a los poderes públicos, la que nos demuestra que sin ella la sociedad está huérfana ante los riesgos naturales. Sin discusiones partidistas, sin rencillas, sin intereses, solo científicos haciendo ciencia y protección civil y las fuerzas de seguridad siguiendo sus instrucciones.

Esta erupción, dejando aparte lo espantoso de sus efectos, ha sido un éxito de la ciencia española que estuvo allí desde el principio en el marco del PEVOLCA, con todos los grupos científicos que trabajan en el campo del vulcanismo en España involucrados (IGN, IGME, IEO, CSIC, INVOLCAN, AEMET, ULL, ULPGC) junto con los Ayuntamientos afectados, el Cabildo de La Palma, el Gobierno de Canarias, Protección Civil, la UME y la Cruz Roja.

El PEVOLCA con los datos científicos disponibles entonces anunció la erupción y desalojó a 3000 personas, lo que sin duda contribuyó a evitar males mayores.

Han participado en el control de la erupción 528 personas, 55 del IGN, 31 del IGME, 63 del CSIC, 24 del IEO, 143 del INVOLCAN, 146 de la ULL, 31 de la ULPGC y 35 de la AEMET.

Nosotros, desde el ICOG, también estuvimos allí para dar información contrastada y comprensible a los medios y difundir el poder de la geología, que no es más que el poder de la Tierra frente al que poco pueden hacer los seres humanos.

### **2.- Canarias: un vulcanismo fuera de norma**

Aunque a algunos les haya sorprendido, a los geólogos españoles no: Las islas Canarias son todas ellas de origen volcánico.

Pero es un vulcanismo submarino que rema en contra de la mayor parte del vulcanismo mundial que, como sabemos, se ubica en los bordes de las placas tectónicas, en zonas donde hay colisión o subducción continental. Como no es el patrón habitual, lo que sí es habitual en geología es que haya varias teorías que explican este vulcanismo raro o interplaca idéntico, por cierto, al que se produce en el Archipiélago de Madeira.

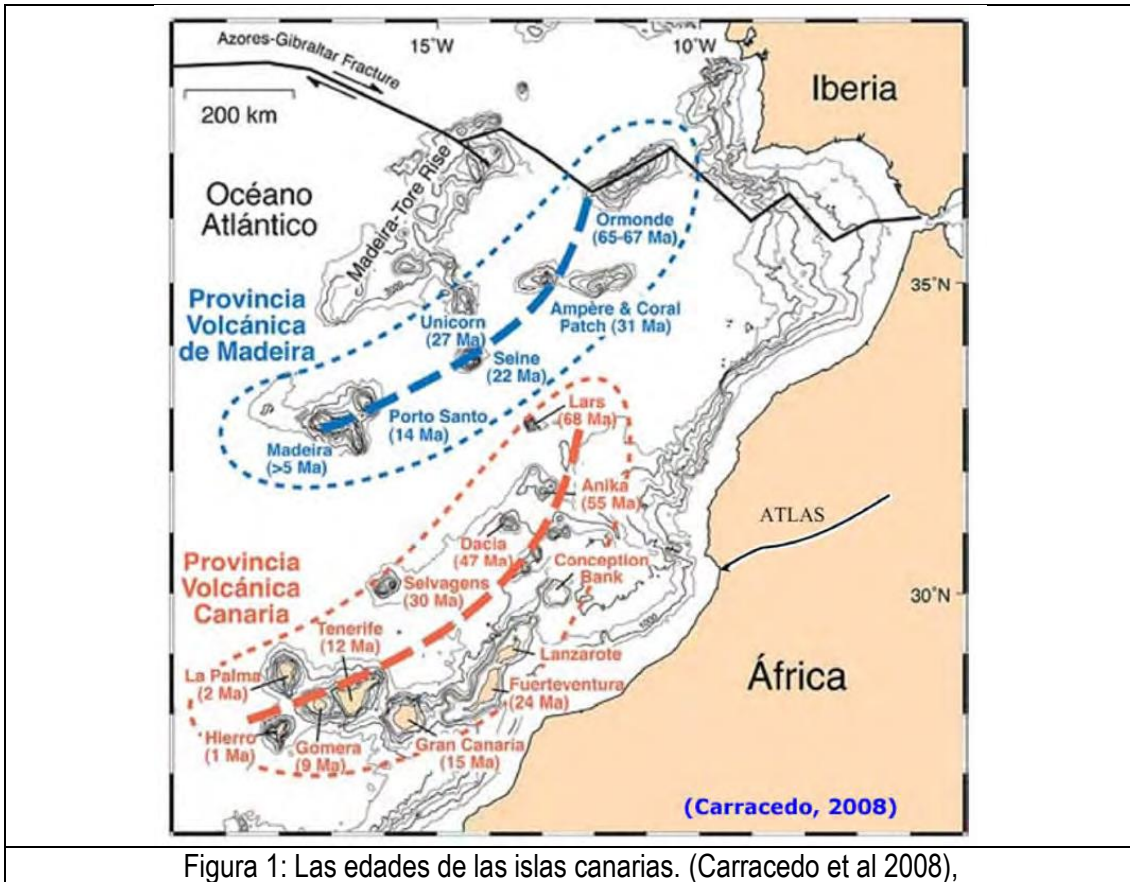


Figura 1: Las edades de las islas canarias. (Carracedo et al 2008),

Como se puede ver en la figura 1 (Carracedo 2008), donde se representan las dos provincias volcánicas intraplaca, la de Madeira y la de Canarias, su evolución temporal es similar, la isla de Madeira más antigua es Ormonde (65-67 Ma) y las islas canarias más antiguas son Lanzarote y Fuerteventura (se crearon hace 24 millones de años), mientras que la más moderna en Madeira es la propia Madeira con 5 Ma y en las canarias es El Hierro, que tiene solo 1 millón de años.

### 2.1.- Teoría de la zona caliente

Esta polaridad temporal la explica bastante bien la **teoría de la zona caliente** (Figura 2), una zona con anomalías térmicas en el manto superior (Astenosfera) que debido al movimiento de la corteza oceánica hacia el este (que se están creando ahora mismo en la dorsal centro-atlántica y empuja hacia el continente africano) hace que la efusión de magmas creadores de islas esté cada vez más al oeste.

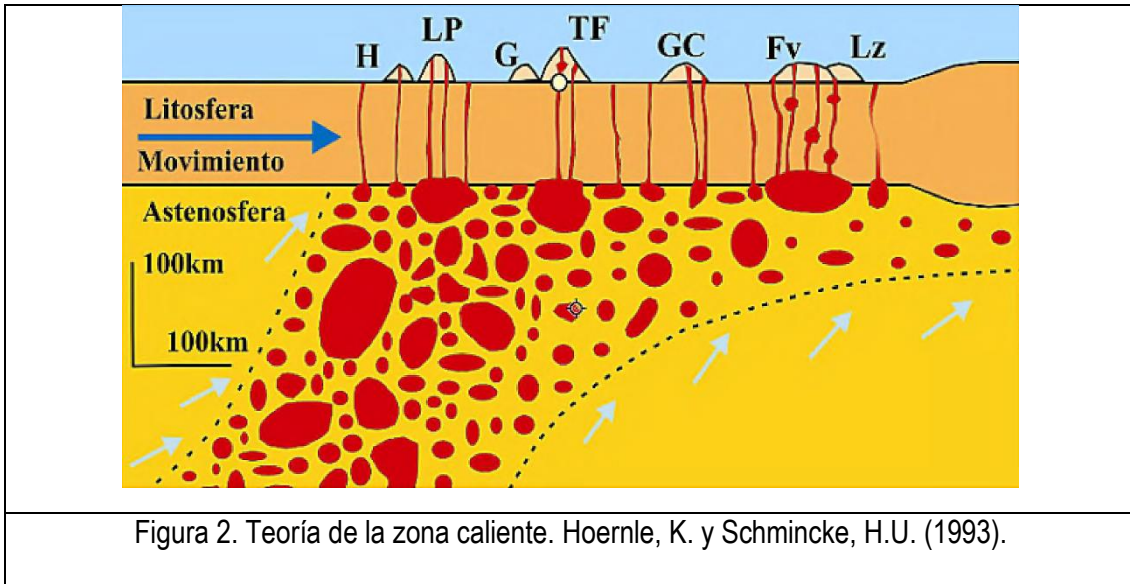


Figura 2. Teoría de la zona caliente. Hoernle, K. y Schmincke, H.U. (1993).

Pero claro esta teoría no aclara muy bien las erupciones históricas en las islas más orientales de Canarias (Figura 3).

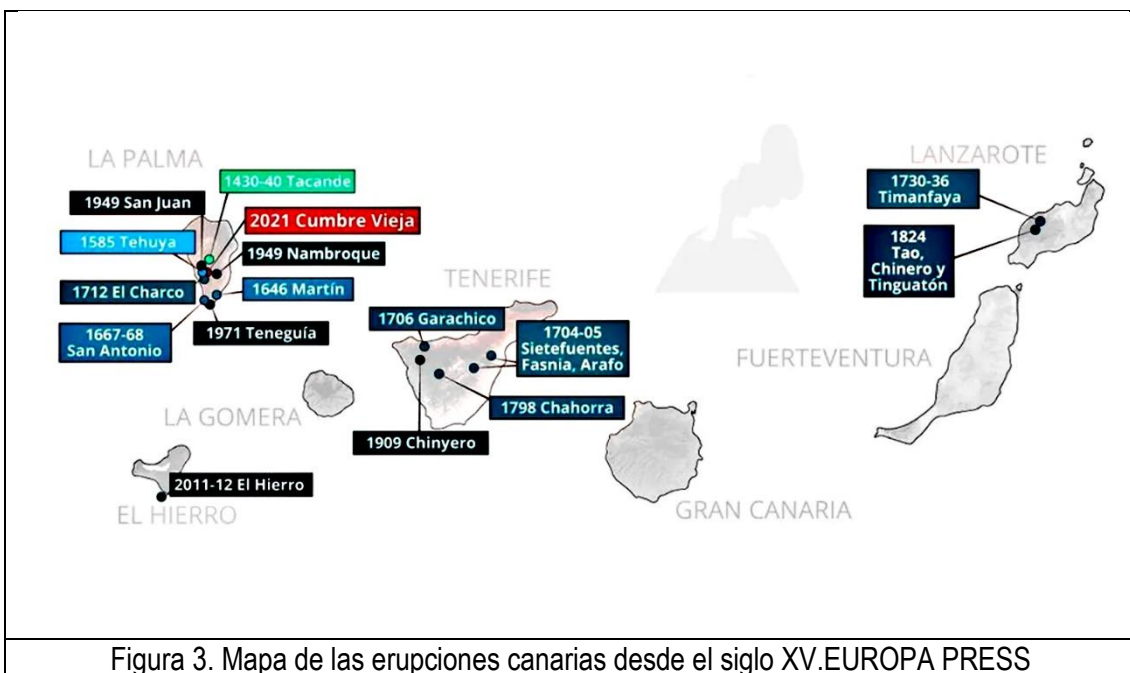


Figura 3. Mapa de las erupciones canarias desde el siglo XV. EUROPA PRESS

De hecho, las erupciones históricas en las islas son bastante irrelevantes desde el punto de vista temporal. La propia Isla de La Palma ha sufrido durante cinco siglos y medio, ocho erupciones históricas, incluyendo esta última (1430-40, 1585, 1646, 1678, 1712, 1949, 1971 y 2021). Pero es evidente que la construcción de la isla implicó miles de erupciones desde su nacimiento hace 4 millones de años en el fondo marino a 4.000 metros de profundidad hasta acumular los 6.500 metros de desnivel que hay desde el fondo del océano hasta el punto más alto de La Palma en la cima del Roque de los Muchachos.

## 2.2.- Teoría sintética o de la pluma mantélica

Anguita, F & Hernán F. (1999) consideran que el vulcanismo canario no tiene que ver con una zona caliente tal y como lo establece la teoría anterior, sino que está en relación con la existencia de una pluma mantélica muy antigua generada durante la creación de parte de la cordillera del Atlas en Marruecos (Figura 4). La mayor parte de la cordillera es consecuencia de la aproximación y colisión entre la placa Euroasiática y a placa Africana. Excepto el denominado Anti-Atlas, que es resultado de una deformación paleozoica y en realidad es tan antigua como el Sistema Central español que está al norte de Madrid, y que es bajo donde se supone que está la antigua pluma mantélica. El resto de la cordillera se ha formado durante el Cenozoico (últimos 65 Ma) mediante la compresión de cuencas extensivas anteriores (mesozoicas) que seguían una distribución espacial similar al actual Atlas y cuya formación tuvo lugar durante la apertura del océano Atlántico (separación de América y África). La teoría supone la existencia de fracturas en la corteza terrestre que se habrían formado por el choque entre la placa europea y la africana. Esto provocó “roturas” en las zonas más débiles y formó en última instancia la cordillera del Atlas en la vecina Marruecos.

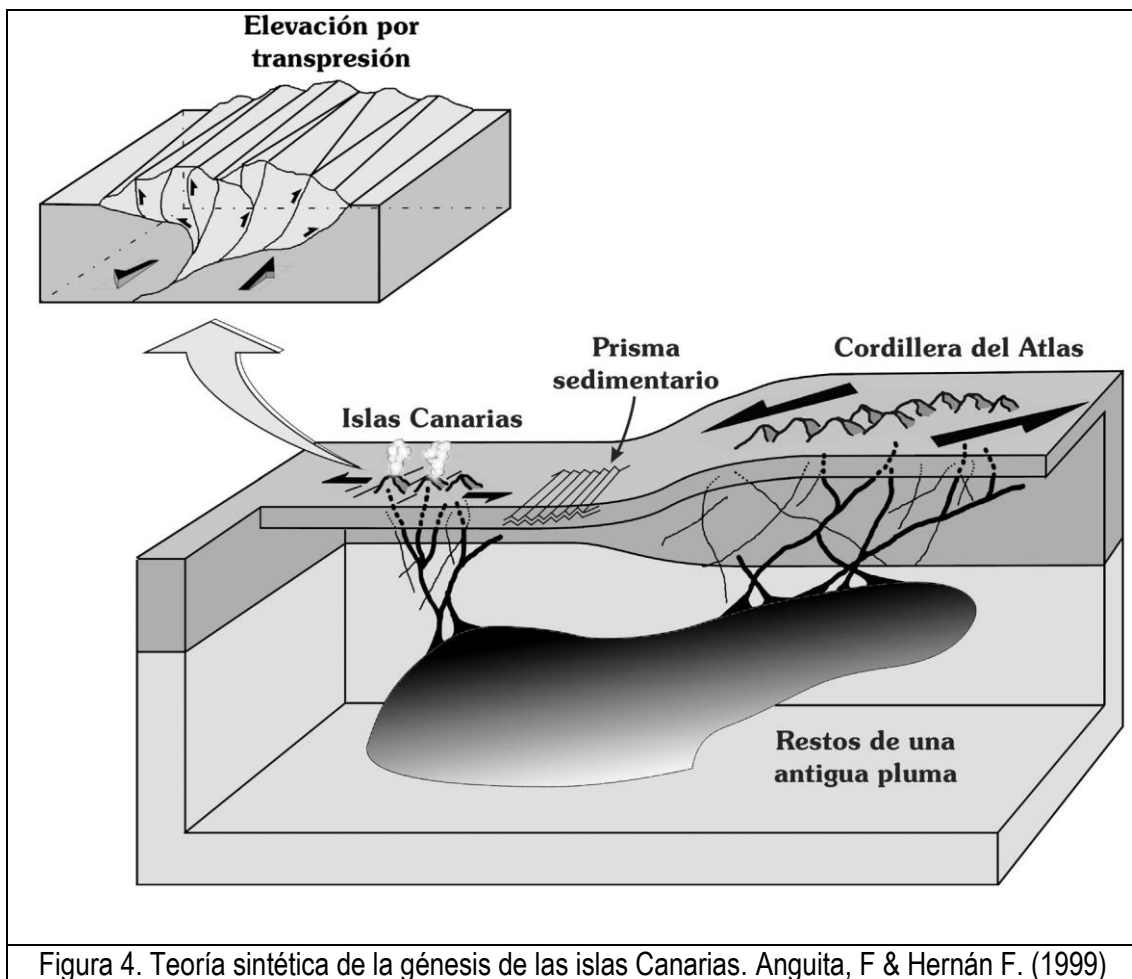


Figura 4. Teoría sintética de la génesis de las islas Canarias. Anguita, F & Hernán F. (1999)

## 3.- La erupción anunciada

Quizás lo más interesante de esta erupción es que fue una erupción anunciada. Entre el 7 de octubre de 2017 y el 25 de junio de 2021 la isla mandó unas señales inequívocas: hubo 8 enjambres sísmicos con cientos de pequeños terremotos que mostraban como iba moviéndose el

magma y como se iba abriendo paso en sucesivas presurizaciones y que en general iba haciendo subir el magma desde niveles profundos a niveles más someros.

En 2019 (Marrero et al 2019) definieron diversos modelos de las posibles erupciones que se podrían producir en La Palma y diseñaron la cartografía de esos riesgos. Aunque con un nivel de incertidumbre notable, los mapas indicaban el espesor de ceniza previsible, la posición de los piroclastos y los de las coladas de lavas. Vista la evolución real del volcán San Genaro, la estimación es extraordinariamente parecida a lo ocurrido en realidad.

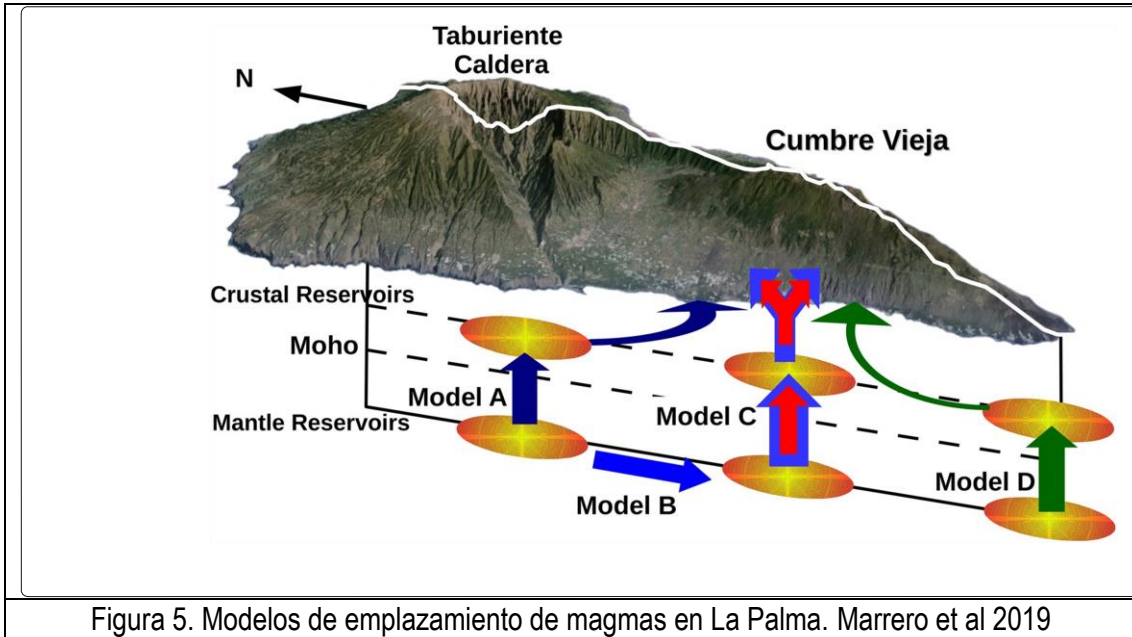


Figura 5. Modelos de emplazamiento de magmas en La Palma. Marrero et al 2019

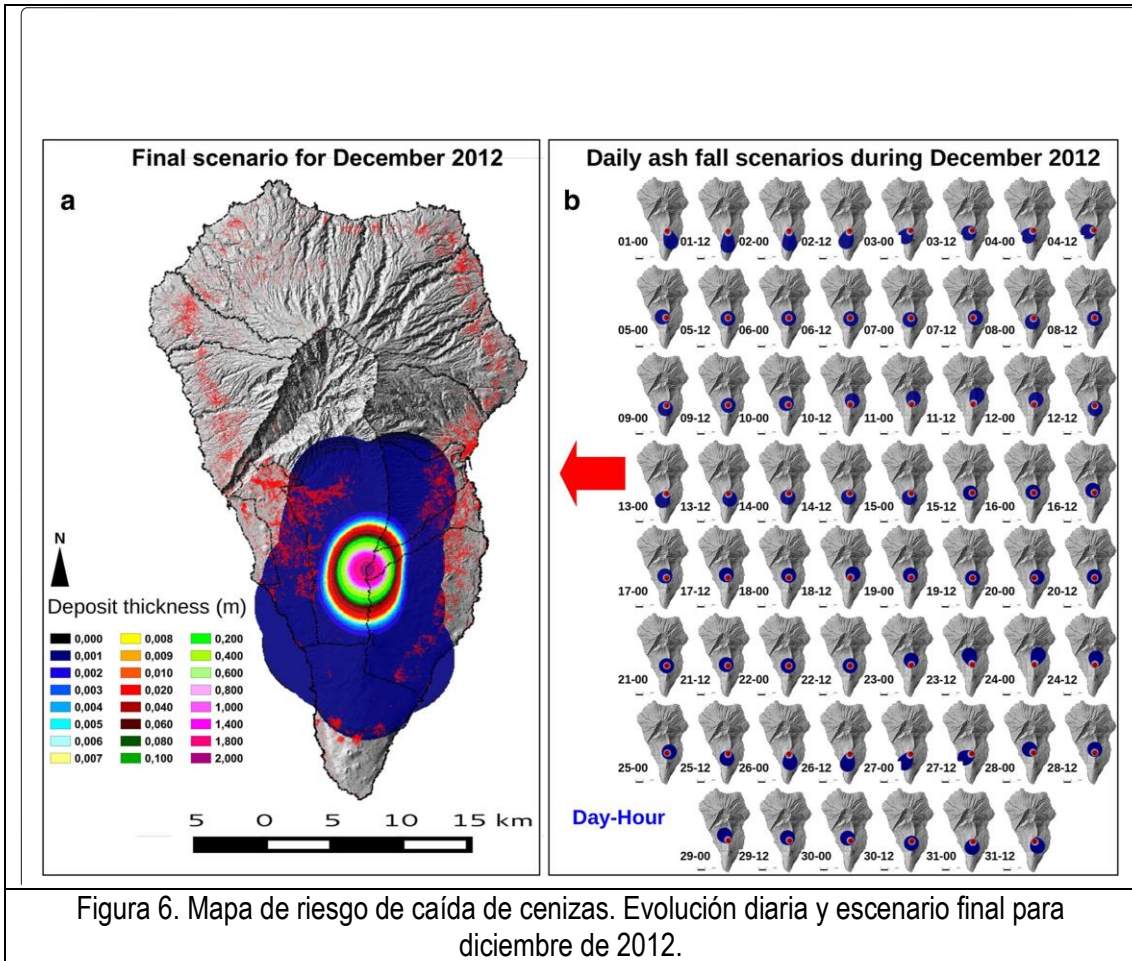
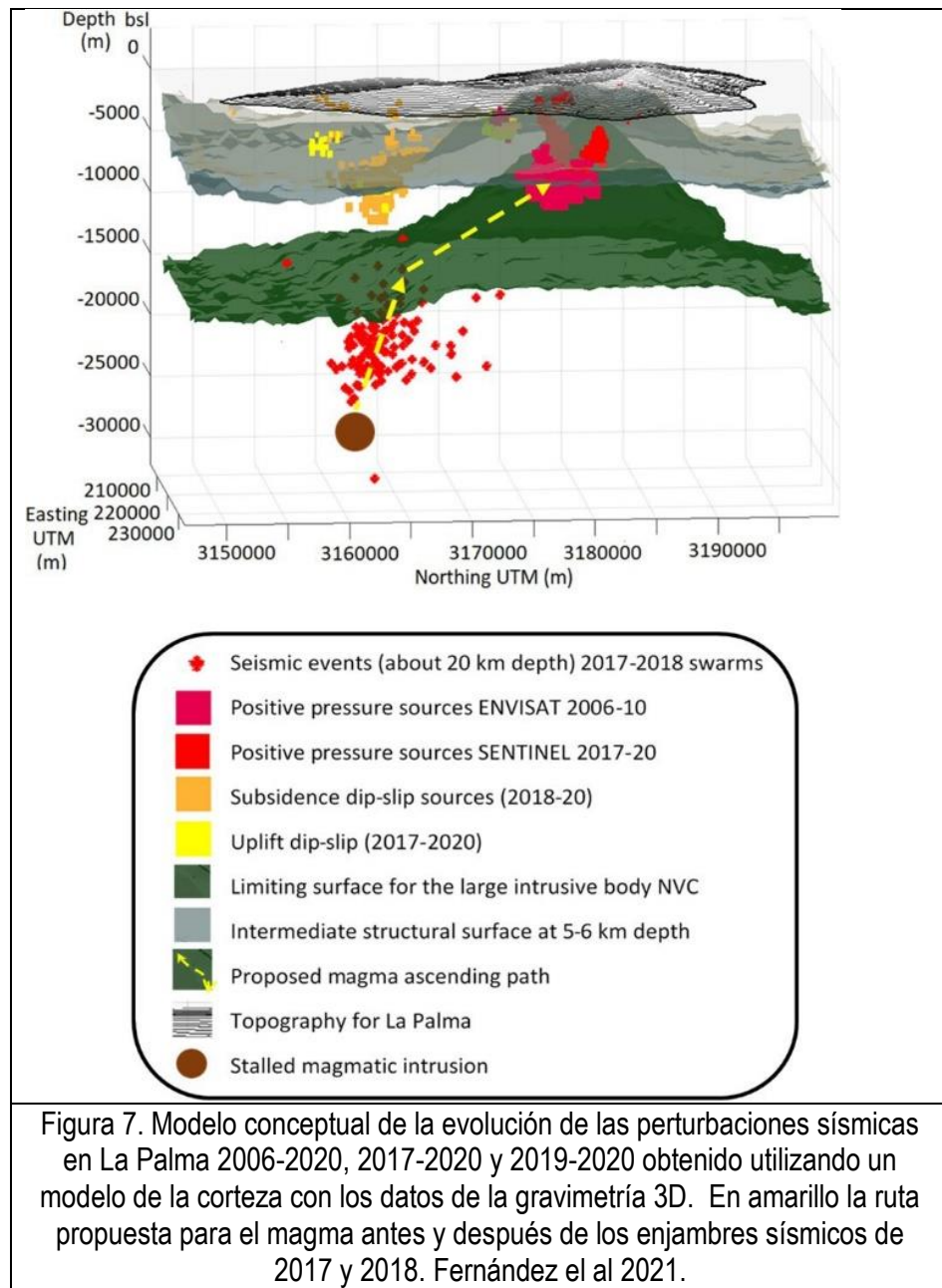


Figura 6. Mapa de riesgo de caída de cenizas. Evolución diaria y escenario final para diciembre de 2012.

En 2021 Fernández et al (y otros trabajos) ya alertaban de una posible erupción en La Palma, indicando también los posibles efectos de dicha erupción (Figura 7).



## La erupción

El 11 de septiembre de madrugada se detecta un enjambre sísmico que ya no se detendrá hasta el día de la erupción. El 13 de septiembre el PEVOLCA decreta la situación de alerta amarilla por riesgo volcánico en la isla de La Palma. El 19 de septiembre se detecta el temblor que indica que el magma se mueve cerca de la superficie, hay un sismo superficial de magnitud 3,8 mbLg y a las 15:10 hora Canaria empieza la erupción con una explosión freatomagmática en el Paraje del Camino que rápidamente se abre y extiende y pasa a una erupción fisural con enormes chorros y fuentes de lava en el centro alineadas en dirección NNW -SSE, así como nuevas explosiones freatomagmáticas a ambos lados de la fisura abierta de unos 700m de longitud. El contenido en SO<sub>2</sub> supera las cifras más altas conocidas en este tipo erupciones con más de 60.000 t/día. Las coladas de lava se mueven rápidamente ladera abajo hacia el mar (Figura 5). Se declara oficialmente el semáforo Rojo y el Gobierno de Canarias ordena la salida urgente de sus domicilios

de más de 5.000 personas. Cinco días después, tendrían que salir de sus casas unas 350 personas de Tajuya, Tacande de Abajo y Tacande de Arriba. Más tarde, el 12 de octubre se evacuaron otros 1.200 vecinos de La Laguna.



Figura 8. Coladas de lava durante la erupción de 2021. Foto M.Regueiro

El volcán nace, por lo tanto, el 19 de septiembre, día de San Genaro. Por eso propongo que se le denomine de esa manera. San Genaro es el patrón de Nápoles y es el único santo por cuya intercesión se detuvo una erupción del Vesubio. Además, San Genaro tiene otra peculiaridad “geológica” su sangre se licua tres veces al año: el sábado anterior al primer domingo de mayo, con motivo de la traslación de los restos del santo a Nápoles; el día de su fiesta litúrgica, el 19 de septiembre; y el 16 de diciembre, aniversario de la intercesión de San Genaro para evitar los efectos de la erupción del volcán Vesubio en 1631.

### **El proceso eruptivo**

El 27 de septiembre de madrugada hubo una pausa del tremor que hace pensar en que la erupción se detiene, pero por la tarde se reinicia. Comienza a incrementarse la sismicidad profunda hasta llegar a sismos de magnitud 5.1.

Entre en 28 y el 29 de septiembre, las coladas de lava llegan al océano Atlántico tras caer por el acantilado en la zona de la playa de los Guirres.

A mediados de noviembre baja la actividad sísmica, así como la deformación y el tremor lo que parece anticipar de nuevo que la erupción va a terminar, pero el 19 de noviembre se vuelve a incrementar la actividad sísmica.



El 13 de diciembre tras alcanzar la columna eruptiva máxima (8500 msm) cesa la señal del temblor a las 21:30 si bien hay aun lava fluyendo por los tubos de lava ocultos o en superficie hasta el 19 de diciembre. El 24 de diciembre el PEVOLCA declara que la erupción ha terminado.

Se ha tratado de una erupción fisural estromboliana con pulsos freatomagmáticos, con una explosividad baja (VEI 3) con lavas y piroclastos que inicialmente eran petrológicamente tefritas y desde finales de septiembre fueron basanitas y que alcanzaron una temperatura máxima de 1140°C. La mayor parte de las coladas han sido AA que han generado extensos malpaíses, si bien en alguna ocasión ha habido lavas muy fluidas que han dado lugar a lavas cordadas. El cono creado ha alcanzado 1121 m sobre el nivel del mar (200 m sobre la topografía pre erupción) y tiene un volumen de 34 Mm<sup>3</sup>. La alineación de 6 cráteres diferentes tiene 557 metros de longitud con una dirección de la grieta N130°E. Se estima que el volcán ha emitido unos 200 Mm<sup>3</sup> de material cubriendo una superficie de 1200 Ha con un espesor medio de las coladas de 70 m (máximo) y 12 m (medio). Los deltas lávicos han cubierto un total de 59 ha (48 en superficie y 21 submarinas). La energía sísmica liberado a través de 9090 sismos fue de 175 millones de MWh y la máxima deformación vertical medida fue de 33 cm. El volcán ha emitido aproximadamente 2 Mt de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) lo que hace que sea uno de los volcanes que más SO<sub>2</sub> ha emitido en la historia del planeta. Los volcanes emiten colectivamente de 20 a 25 Mt de (SO<sub>2</sub>) en la atmósfera cada año. Este volcán liberó a la atmósfera en dos meses de actividad tanta cantidad de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) como el que emitió la actividad humana en los 28 países de la Unión Europea durante todo 2019. El total de evacuados alcanzó las 7000 personas.

### **La labor de los geólogos en una erupción**

El trabajo de los geólogos ha sido fundamental en esta erupción, fundamentalmente en la prevención de la misma con el control de la sismicidad profunda, la emisión de gases (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, etc.), la altura de la columna de gases, el temblor volcánico, el material expulsado, la superficie ocupada y los espesores de cenizas, piroclastos o lavas. También es importante en esta ocasión en uso de vuelos con drones con imágenes espectaculares que han salido en todos los medios y en especial el empleo de imágenes térmicas para controlar las temperaturas de las coladas. Quizás lo más importante esté por venir, cuando las investigaciones realizadas sobre el terreno acaben en publicaciones científicas en revistas de impacto.

### **El “peligro” de deslizamientos en las islas Canarias**

Mucho se ha hablado de uno de los posibles riesgos latentes en las islas Canarias: los grandes deslizamientos que podrían provocar maremotos. Lo cierto es que en todas las islas Canarias hay evidencias de grandes deslizamientos, si bien todos son anteriores al ser humano probablemente durante la formación de las diferentes islas. Lo que si es cierto es que son eventos catastróficos e instantáneos.

Según Carracedo et al (2009) en Canarias se han documentado al menos una docena de estos megadeslizamientos. El último en El Hierro ocurrido entre 20.000 y 130.000 años. Los valles de La Orotava y Güímar y la Caldera de Las Cañadas en Tenerife, la de Taburiente en La Palma, y los valles de El Golfo y el Julan en El Hierro se han generado por megadeslizamiento

La evidencia de esos deslizamientos se encuentra en la batimetría del entorno de las islas (Figura 9).

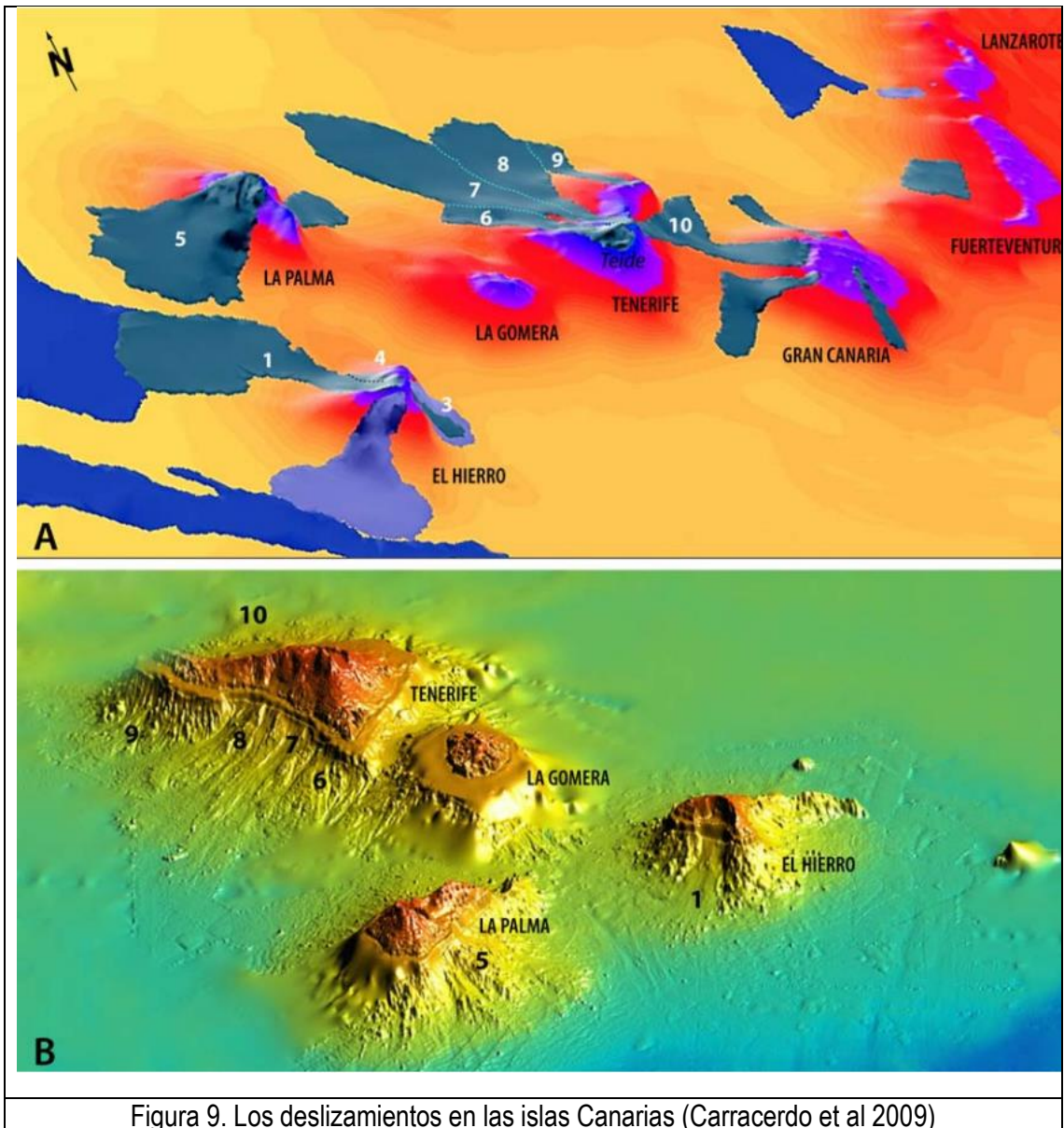


Figura 9. Los deslizamientos en las islas Canarias (Carracero et al 2009)

Carracero et al (2009) concluyen que el anunciado inminente deslizamiento del flanco occidental del rift de Cumbre Vieja, en La Palma (incluso con un video muy divulgado) es una conjetura basada en la formación de unas fracturas durante la erupción de 1949, posiblemente asociadas al propio proceso eruptivo y que no existe indicio alguno de desplazamiento del terreno o sismicidad en Cumbre Vieja, esperable si existiera un bloque de grandes dimensiones desgajado y en movimiento que no existía ni ante de la reciente erupción, ni ahora.

### Alternativas para la reconstrucción

Hay muchas cosas que se pueden hacer tras el final de la erupción, aunque evidentemente los primeros trabajos serán los de liberar los accesos norte-sur de la isla y restablecer los servicios que se hayan destruido (eléctricos, saneamiento, agua, etc.). La reutilización de cenizas y piroclastos para cementos puzolánicos es una posibilidad que interesa al sector cementero y que ya se está ensayando con éxito. Una vez abiertos los accesos será el momento de pensar en aprovechar la erupción y sus productos para un turismo geológico especializado. Esta Semana Santa ha servido para empezar esa línea de trabajo con éxito. Desde el colectivo geológico propugnamos un urbanismo futuro responsable con los imprescindibles y obligatorios mapas de

riesgos previos determinando zonas con menor riesgo para el desarrollo de las futuras urbanizaciones de la isla de La Palma. Otro asunto interesante a desarrollar es el posible empleo de la geotermia de alta entalpía (+150°C) como solución energética para La Palma. Existen ya bastantes antecedentes y estudios que prueban que esta tecnología podría permitir a la isla ser independiente energéticamente (García de la Noceda 2021). En Lanzarote la Universidad de Navarra esta experimentando con notable éxito la generación de energía eléctrica con células termoeléctricas. Las anomalías geotérmicas superficiales de la zona de Timanfaya en la isla de Lanzarote son las más importantes del mundo, hasta el punto de registrarse 200 °C en superficie y 600 °C a 10 m de profundidad en la zona de Islote Hilario.

## Conclusiones

El volcán San Genaro ha sido un excelente ejemplo de cómo científicos y protección civil pueden trabajar juntos en una emergencia extraordinaria y singular. Esta erupción ha demostrado también la extraordinaria utilidad que la geología y los geólogos tiene para la población salvado muchas vidas y dirigiendo la emergencia desde la ciencia. Desgraciadamente no hay demasiados geólogos en España (circa 6000) aunque es posible que la asombrosa presencia de geólogos en los medios marque un antes y un después en las vocaciones. Lamentablemente la geología en la nueva ley de educación sigue relegada (como la filosofía...) quizás nuestros extremos se tocan. La erupción también ha demostrado que hace falta más inversión en la geología nacional para seguir siendo punteros a nivel mundial. Por otra parte, el volcán ha puesto en evidencia la fragilidad de los hombres frente a la Naturaleza por lo que es necesario recordar siempre donde se vive y exigir los mapas de riesgos naturales antes de urbanizar.

## Bibliografía

Anguita, F y Hernán F. (1999). *El origen de las islas Canarias: un modelo de síntesis*. Enseñanza de las ciencias de la tierra, 7 (3). pp. 254-261. ISSN 1132-9157

Carracedo, J. C.; Pérez Torrado, F. J. ; Paris R. y Rodríguez Badiola, E. (2009). *Megadeslizamientos en las islas Canarias*. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, 2009. (17.1) 44-56 I.S.S.N.: 1132-9157

Carracedo, J.C., Pérez Torrado, F.J. y Rodríguez Badiola, E. (2008) *Canarias: islas volcánicas intraplaca*. *Geo-Guías 4, 5 y 6*. Editores Francisco José Pérez Torrado, María del Carmen Cabrera, *Sociedad Geológica de España*, 978-84-930160-5-0, p. 11-26

Day, S.J.; Carracedo J.C.; Guillou, H. ; Gravestock P. (1999) *Recent structural evolution of the Cumbre Vieja volcano, La Palma, Canary Islands: volcanic rift zone reconfiguration as a precursor to volcano flank instability?* *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 94 1999 135–167

EuropaPress (2021). Mapa de las erupciones canarias desde el siglo XV.  
[https://www.niusdiario.es/sociedad/tacande-teneguia-erupciones-historicas-sacudido-la-palma-canarias\\_18\\_3206449470.html](https://www.niusdiario.es/sociedad/tacande-teneguia-erupciones-historicas-sacudido-la-palma-canarias_18_3206449470.html)

Fernández, J.; Escayo J.; Hu Z.; Camacho A.G.; Samsonov S.V.; Prieto J.F.; Tiampo K.F.; Palano M.; Mallorquí J.J.; & Ancochea, E. (2021) *Detection of volcanic unrest onset in La Palma, Canary Islands, evolution and implications*. *Scientific Reports*

García de la Noceda Márquez, C. (2021) *¿Es posible generar energía eléctrica con geotermia en España?* Conferencia en GENERA en la Jornada Geotermia Solución Energética para La Palma organizadas por el ICOG 18 de noviembre de 2021.

Hoernle, K. y Schmincke, H.U. (1993). The role of partial melting in the 15-Ma geochemical evolution of Gran Canaria: A blob model for the Canary hotspot. *J. Petrol.* 34, 599-626.

Marrero, J.M. ;García, A.; Berrocoso, M.; Llinares, Á.; Rodríguez-Losada, A.(2019). *Strategies for the development of volcanic hazard maps in monogenetic volcanic fields: the example of La Palma (Canary Islands)*. *Journal of Applied Volcanology*.