

8 LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LA MITIGACIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO

V. Araña

En la mitigación de los desastres naturales, los científicos juegan un papel importante, pero subordinado, ya que esta tarea es responsabilidad exclusiva de las autoridades de Protección Civil¹. Por otra parte, en la evaluación del riesgo intervienen parámetros que no corresponde cuantificar a los científicos, al menos a los volcanólogos. En realidad, es impropio hablar del riesgo de un determinado volcán, ya que su afección hay que referirla a bienes productivos amenazados, como son los núcleos de población, determinadas actividades, infraestructuras o equipamientos, áreas de las que se extrae algún beneficio económico o cultural, etc. En cada uno de estos casos, hay parámetros económicos y sociales del riesgo que deben evaluar técnicos especializados en estos temas para que las autoridades de Protección Civil puedan planificar la reducción del riesgo volcánico, estableciendo las prioridades y requiriendo los medios oportunos en cada caso.

En lo que si tienen responsabilidad plena los científicos es en conocer y transmitir a las autoridades de Protección Civil, la peligrosidad asociada a las distintas fases de una posible crisis eruptiva en un determinado volcán. Para asumir con rigor y eficacia esta responsabilidad, debe existir un *equipo de volcanólogos* con capacidad y prestigio, así como una *investigación volcanológica* seria, que tenga como usuario final de sus resultados a las autoridades de Protección Civil.

La tranquilidad relativa y duradera en determinadas zonas volcánicas, favorece el que los científicos puedan planificar y realizar sus tareas sin la presión que supone la frecuencia e intensidad eruptiva de otras áreas volcánicas activas. Este hecho, sin embargo, no disminuye la responsabilidad del equipo científico, ya que del rigor de sus actuaciones, y de como lo transmitan a la Sociedad, dependerá en gran medida la eficacia de los planes que se elaboren para la prevención de erupciones en zonas volcánicas aparentemente "dormidas".

Es evidente que, en la secuencia de una catástrofe natural (*peligro-riesgo-amenaza-impacto-consecuencias*), el desencadenante es la peligrosidad del evento. Solo cuando el riesgo es tangible hay una clara amenaza de desastre, pero la existencia previa de un peligro es lo que realmente origina la situación pre-desastre.

En el caso del proceso eruptivo, su peligrosidad es la que -junto con su duración (semanas, meses, años)- le distingue esencialmente de otros fenómenos naturales catastróficos. En

¹Parte de este artículo ha sido publicado en la Rev. Protección Civil (ver Araña, 1995b)

efecto, la peligrosidad volcánica, aparte de ser específica para cada erupción -y por lo tanto no generalizable- es múltiple, variada y compleja como se deduce de la simple enumeración reflejada en las Tablas del segundo capítulo de este volumen. Estos factores de peligro tienen a su vez una gradación que dependerá de parámetros muy variables o imprecisos como son los mecanismos eruptivos, la magnitud de la erupción, el tipo y volumen de magma, las características y geometría de conductos y reservorios magmáticos someros, la topografía e hidrogeología de la zona etc. Además de otros factores estándar como la climatología, nocturnidad, estacionalidad (agrícola, turística, escolar), etc.

8.1. EQUIPO DE VOLCANÓLOGOS - INVESTIGACIÓN VOLCANOLÓGICA

Particularmente importante en la gestión del riesgo volcánico es la definición del equipo de volcanólogos que participa como elemento asesor de la autoridad de Protección Civil. La importancia radica nuevamente en la singularidad del proceso eruptivo, que requiere un análisis multidisciplinar con aplicación de técnicas muy diferentes, lo que no ocurre con otras catástrofes naturales, en las que el grupo científico es más uniforme y casi monodisciplinar (sismólogos, meteorólogos, ingenieros de montes ... en terremotos, inundaciones, incendios de bosques...).

La variada peligrosidad ya citada, así como la diversa entidad de los fenómenos físicos precursores y acompañantes de la erupción (variaciones de temperatura y composición de fluidos, temblores, sismos, deformación del terreno, variaciones en los campos gravimétrico, geoelectrico y geomagnético, etc.) obligan a que en su análisis participen geólogos y geógrafos (petrología, geoquímica, tectónica, geomorfología), químicos (análisis de fluidos), geofísicos (sismología, geoelectricidad, geomagnetismo, geotermia) y geodestas (deformación del terreno, anomalías gravimétricas) además de los matemáticos expertos en modelización de estos procesos. Todos estos especialistas constituyen un equipo numeroso que debe actuar *coordinadamente* sobre el terreno en caso de crisis, para seguir y analizar en tiempo real la evolución del proceso. Para ello, el mismo equipo debe tener una experiencia en el comportamiento del volcán, lo que solo se consigue si se está familiarizado con su historia eruptiva a través de la investigación en sus períodos de reposo o actividad anterior. Lógicamente, el equipo de investigación volcanológica debe atenerse a un "*Protocolo de Actuación en caso de Crisis*" previamente establecido y frecuentemente actualizado y probado. El siguiente esquema (Araña et al., 1989) puede ser un ejemplo de organigrama de estos protocolos:

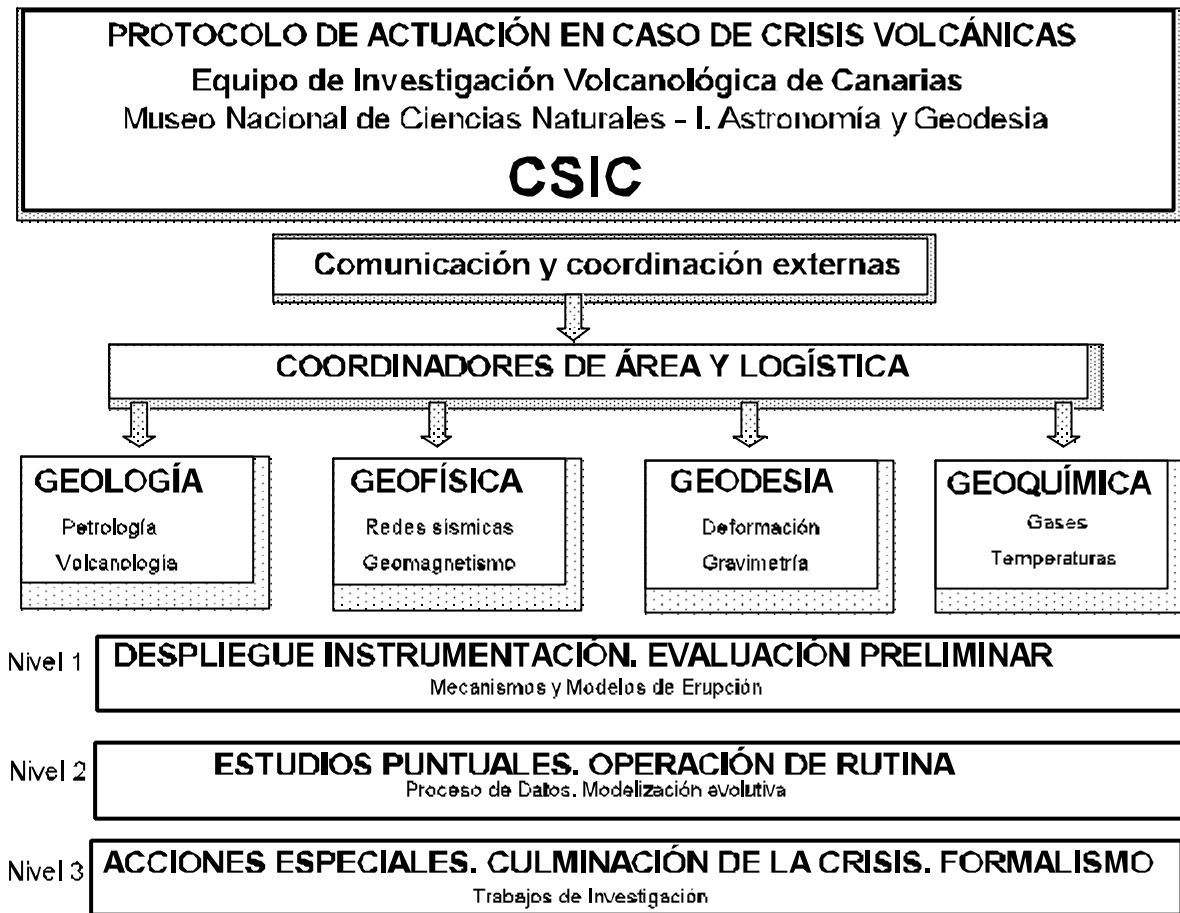


Figura 8-1 Protocolo de actuación en caso de crisis volcánica.

La detección por parte de la comunidad científica de eventos posiblemente ligados con una reactivación del volcán hace que esta responda comunicándolo al departamento gubernamental correspondiente e intensificando las labores de vigilancia sobre el volcán: densificando las redes instrumentales existentes, desplegando otras y aumentando la frecuencia de recogida de datos y posterior interpretación. Sin embargo esto supone aumentar el número de personal científico involucrado y un importante despliegue logístico que hay que financiar. Especialmente grave es el caso de que la crisis se prolonge por varios meses o años, como ha ocurrido recientemente en el caso de Rabaul (1983-1995). Tampoco se puede dejar la discusión sobre la disposición de fondos para afrontar la crisis para cuando esta haga su aparición. Son muchos los volcanes que solo dan un margen de algunos días (horas) antes de entrar en erupción.

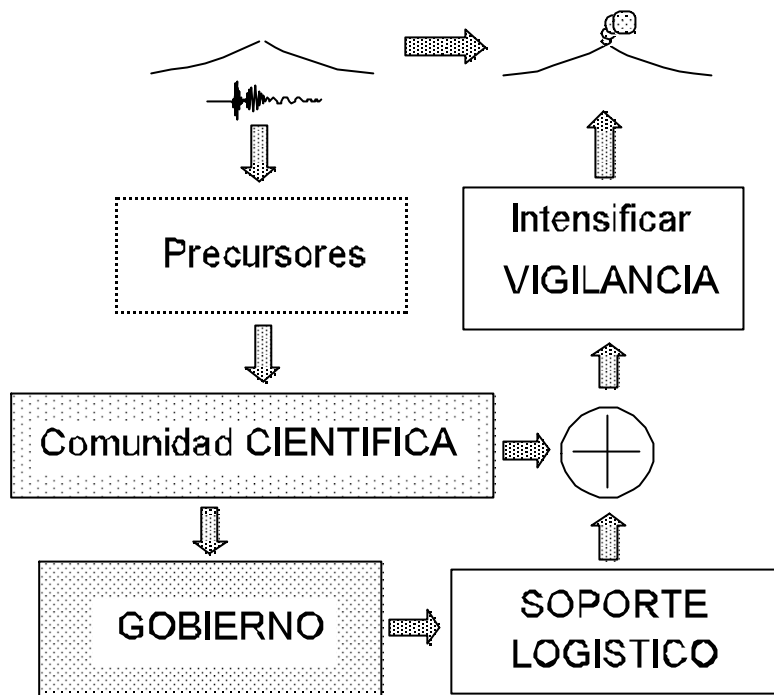


Figura 8-2 Inicio de la reactivación de un volcán. Comunicación e intensificación de la vigilancia

La investigación básica en un área volcánica activa concierne a la petrología y geoquímica isotópica (fuentes del magma, procesos de diferenciación y mezcla de magmas en sistemas abiertos), volcanología (ciclos eruptivos, formación de calderas, mecanismos eruptivos), geocronología (dataciones inferiores a los 100.000 años), geomorfología (transporte y depósito de avalanchas), geoquímica de gases (inclusiones fluidas y fumarolas), geofísica y geodesia (sismología, gravimetría, geomagnetismo, geoelectricidad), geología marina (si partes significativas del volcán están sumergidas), instrumentación (equipos portátiles duros y baratos), etc. Toda esta exhaustiva investigación multidisciplinar se integra en la Modelización de los procesos eruptivos y en la elaboración de un Sistema de Información Geográfica.

8.1.1. Integración de un grupo de especialistas

No es difícil entender que los equipos de volcanólogos no pueden improvisarse en el momento de la crisis, ni deben crearse con la perspectiva de permanecer inactivos en los largos períodos de reposo de un volcán. Esta aparente contradicción se resuelve constituyendo el equipo con especialistas que se mantienen al día en sus centros de investigación, que deberían ser los mejores del país en sus respectivas disciplinas. Estos mismos especialistas con experiencia -aunque no exclusividad- en aplicar sus conocimientos a la volcanología de una región, deben estar siempre disponibles para actuar en un equipo coordinado sobre el terreno al menor síntoma o alarma de crisis volcánica. Las facilidades y rapidez de las comunicaciones y transporte, justifican el que en ningún país de nuestro ámbito, estos equipos tengan carácter local, por el contrario, la envergadura del problema exige la aportación de los mejores

recursos científicos en todo el ámbito nacional, aunque las crisis eruptivas solo afecten áreas reducidas o remotas del estado.

Mientras la crisis no surge, la única vía para mantener operativos a estos grupos de especialistas es su integración en proyectos atractivos de investigación volcanológica multidisciplinar, y a ser posible internacional con acceso a áreas volcánicas más activas. Esta es la política que se ha seguido en las áreas volcánicas activas de la Union Europea. En realidad, el hecho de que la Union Europea incluya al "riesgo volcánico" como área prioritaria en sus programas de Investigación y Desarrollo, se debe tanto a su interés social como a que los países europeos con áreas volcánicas activas (España, Italia, Francia, Grecia, Reino Unido, Portugal e Islandia) no pueden afrontar con sus propios medios una investigación volcanológica eficaz, que es muy compleja, sofisticada y cara.

Una condición necesaria para que estos equipos sean eficaces cuando realmente se les necesite (crisis reales o supuestas) es su continua renovación y puesta al día. Esto último depende de la dinámica, relaciones internacionales y prestigio del propio equipo que requiere un continuo entrenamiento, tanto de sus especialistas más veteranos, como de los jóvenes investigadores en formación. En cuanto a la renovación de los equipos, depende de la política científica nacional, que obviamente tiene sus prioridades, que casi nunca tienen en cuenta la investigación en desastres naturales. El desinterés por la Volcanología cuando no hay una crisis eruptiva reciente en el país, es un problema generalizado, así por ejemplo, los actuales recortes presupuestarios en los EEUU han provocado una drástica reducción de los medios humanos y materiales que su Servicio Geológico dedicaba a la Volcanología, muy desarrollada tras la erupción del St. Helens en 1982.

Aunque la investigación y la vigilancia son aspectos bien delimitados en la volcanología, en estos equipos es también de la mayor importancia que se integren grupos de trabajo pertenecientes a Organismos que, sin tener a la investigación como actividad prioritaria, desempeñan en cambio funciones y responsabilidad estatal en tareas rutinarias de registro -y análisis o vigilancia- de determinados parámetros físicos.

8.1.2. Participación Internacional en los grupos de trabajo

Hemos dicho ya que la única manera de definir, concretar y mantener operativo un equipo de volcanólogos, es mediante la asociación o integración de especialistas y grupos de trabajo en grandes proyectos de investigación volcanológica, garantizando así el intercambio de datos y experiencias, a la vez que se fomenta el uso conjunto y coordinado de una compleja información multidisciplinar. Sin embargo, cuando se trata de grandes proyectos, la actividad investigadora trasciende los temas específicos del riesgo; de ahí que no todos los participantes en los proyectos de investigación se integren automáticamente en el equipo de volcanólogos que actúa en caso de crisis. Esta distinción afecta básicamente a los investigadores extranjeros, para los que debe existir un protocolo de invitación expresa, que les permita actuar integrados en el equipo nacional en caso de crisis. En algunos casos, la

cooperación internacional es fácil, al poder tramitarse a través de los coordinadores de grupos nacionales oficiales (ya existentes en EEUU, Italia, Francia, Portugal, Islandia...), perfectamente estructurados y con funciones muy claras en los organigramas de Protección Civil, que no solo tienen en cuenta su actuación, sino su financiación y apoyo logístico, para acciones dentro y fuera de su país.

Convendría matizar aquí que la existencia de estos equipos nacionales de volcanólogos, no evita los conflictos entre distintos grupos de científicos, incorporados o no al equipo oficial, ya que la propia índole de la investigación propicia la discrepancia, tanto en métodos como en modelos o hipótesis, que por desgracia trasciende siempre a los medios de comunicación, frecuentemente proclives a magnificar estas confrontaciones, personales o científicas. No siempre es fácil tampoco para una autoridad de Protección Civil o incluso de Política Científica, distinguir entre científicos "buenos" y "malos", pero obviamente es su responsabilidad optar por el grupo que estimen más solvente, asumiendo el riesgo de equivocarse, ya que, lo que no es admisible en una crisis volcánica es que la autoridad de Protección Civil tenga dos interlocutores científicos con disparidad de opiniones.

Finalmente, conviene al menos mencionar otras vías que influyen en la cohesión interna de estos equipos, al facilitar la participación de sus miembros en tareas comunes que también constituyen una función destacada del Equipo de Volcanólogos. La función docente se plasma en la organización de cursos y seminarios para entrenamiento de técnicos o jóvenes investigadores. Asimismo son importantes las tareas de divulgación que deben orientarse hacia la población escolar y hacia los visitantes extranjeros en zonas turísticas para exponerles que su protección, en caso de crisis eruptiva, está en buenas manos, siendo la infraestructura científica homologable a la que pueda encontrarse en los países desarrollados.

Obviamente, en la formación de equipos internacionales es conveniente la existencia de raíces culturales e idiomáticas comunes. En este aspecto la experiencia española cuenta con la ventaja de su afinidad y especiales lazos de colaboración con colegas europeos y latinoamericanos.

8.2. CUESTIONES QUE DEBEN RESPONDER LOS VOLCANÓLOGOS

El equipo de volcanólogos está para dar respuestas a la Sociedad a través de una serie de preguntas que sin duda plantearán las Autoridades de Protección Civil.

Las respuestas como veremos, casi nunca podrán ser concluyentes. En primer lugar y sin la presión de una crisis, los volcanólogos deberán definirse sobre el

ESTADO DEL VOLCAN AREA VOLCANICA (ver p. ej. Szacks, 1994)	EXTINTO	ANTIGUOS RECIENTES (Cuaternarios)
	ACTIVO	EN REPOSO (dormido) "Inquieto" (unrest) EN ERUPCION

En principio consideramos *volcanes activos* a los que han tenido alguna erupción en los últimos 10.000 ... 5.000 ... 2.000 años, según identifiquemos los parámetros regionales. En cuanto al tipo de volcanismo, estos períodos serían 100.000 años para grandes calderas, 10.000 para estratovolcanes y solo 1.000 en regiones basálticas.

Potencialmente eruptivos son todos los volcanes activos en reposo ... y también los extintos más jóvenes.

Se exige lógicamente de los científicos expertos en el volcanismo de una región que identifiquen el tránsito *reposo/inquietud-erupcion* de un volcán. Lamentablemente, la experiencia obliga a los volcanólogos a ser muy precavidos en este tema y no precipitar conclusiones basadas en las primeras anomalías detectadas en determinados precursores.

Es posible, que los volcanólogos sean consultados no solo sobre aspectos científicos, sino sobre las precauciones o medidas que la población o sus autoridades deben tomar. Estas consultas pueden aceptarse y contestarse en privado si se estima conveniente, pero en ningún caso los volcanólogos pueden salirse de su papel que se limita a responder sobre hechos científicos que a otros corresponde considerar en la toma de decisiones.

Concretamente, una vez planteada la certidumbre (o casi) de una inminente crisis los volcanólogos deben pronunciarse sobre las siguientes cuestiones.

INICIO DE LA ERUPCION	¿Dónde? ¿Cuándo? ¿Cómo?
------------------------------	-------------------------------

Si las redes de vigilancia funcionan, podrá responderse con bastante precisión a las dos primeras cuestiones. Para contestar la tercera pregunta habrá que basarse en estimaciones apoyadas en la repetición de fases bien conocidas en la historia eruptiva del volcán.

EVOLUCION DE LA CRISIS	¿Duración? ¿Cambios?
------------------------	-------------------------

Este es el mayor dilema para la Población y es en el que más empeño deben poner los volcanólogos para resolverlo. Aquí es donde realmente se juega su prestigio el equipo científico y no siempre el volcán da información suficiente para interpretar unívocamente su evolución, ni a corto ni a medio plazo

TIPOLOGIA DE PROCESOS	¿Mecanismos eruptivos? ¿Sistemas magmáticos? ¿Peligrosidad?
-----------------------	---

Las preguntas sobre estos temas, no suelen plantearse en términos científicos, lo que obliga a que los volcanólogos trasladen sus conocimientos en un lenguaje asequible a la población. La anticipación en la valoración de cada factor de peligro es una de las principales responsabilidades del volcanólogo en el seguimiento de una crisis.

ALCANCE DEL IMPACTO	Efectos directos e indirectos (contaminación de acuíferos o cultivos; sncadenamiento de lahares, avalanchas, tsunamis, etc.)
---------------------	---

Una buena base de datos y la modelización de los procesos y mecanismos eruptivos *en curso*, permitirán responder con escaso margen de error. Sin embargo, hay que distinguir entre la conveniente descripción de todos los posibles escenarios, incluido el "peor caso", y la probabilidad que tiene cada uno de ellos.

SITUACION POST-CRISIS	¿Reactivación? ¿Actividad Residual?
-----------------------	--

Los volcanólogos podrán no acertar en sus predicciones sobre una pronta reactivación, pero si esta no se produce, comprobarán que su función pierde rápidamente protagonismo fuera del ámbito científico.