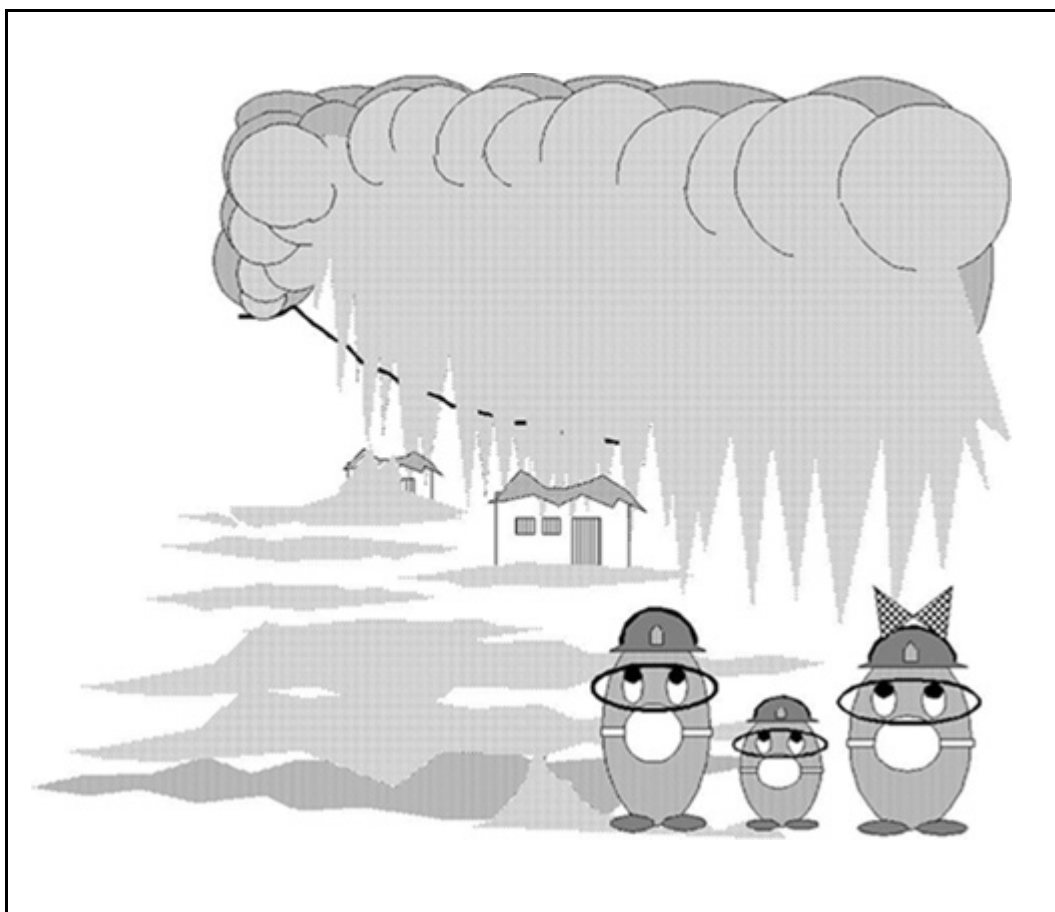


# RIESGO VOLCÁNICO



**Editor científico Ramón Ortiz (C.S.I.C.)**



**SERIE CASA DE LOS VOLCANES**

**Cabildo de Lanzarote**





Serie CASA DE LOS VOLCANES N° 5

# RIESGO VOLCÁNICO

**Editor científico Ramón Ortiz (C.S.I.C.)**



Servicio de Publicaciones  
Excmo. Cabildo de Lanzarote



## NOTA PREVIA

El presente volumen es la versión corregida y aumentada de un texto que se presentó inicialmente dentro de la Serie<sup>(\*)</sup> elaborada para nuestro Curso Internacional de Volcanología y Geofísica Volcánica (CIVGV) como aportación del "Proyecto Teide" al estudio y divulgación de los temas que más interesan y preocupan en la Volcanología actual.

El CIVGV se imparte anualmente en la "Casa de Los Volcanes" del Cabildo Insular de Lanzarote, aunque algunos trabajos de campo se desarrollan en Tenerife, donde también se visitan las instalaciones para vigilancia sísmica y volcánica del Instituto Geográfico Nacional. Desde su primera edición (1986) la temática del Curso se ha centrado en el Riesgo Volcánico con especial atención al desarrollo instrumental, pero sin olvidar los aspectos físicos del fenómeno eruptivo y su modelización, así como la aplicación de las diversas técnicas de vigilancia: geodésicas, sísmicas, electromagnéticas y geoquímica de gases. Para el desarrollo de estos últimos aspectos son básicas las instalaciones de la Estación Geodinámica de Lanzarote con un equipamiento internacional que gestiona el Ito. de Astronomía y Geodesia del CSIC-UCM.

El CIVGV está organizado por el Departamento de Volcanología del Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC, teniendo la consideración de Curso de Postgrado del CSIC y de varias universidades. Es asimismo un curso patrocinado por UNESCO y la IAVCEI. En su financiación participa especialmente la Dirección General de Investigación Científica y Técnica del Ministerio de Educación y Cultura. La Agencia Española de Cooperación Internacional (ACEI) colabora ofreciendo Becas para alumnos Latinoamericanos. Esta colaboración en forma de ayudas y becas también la han aportado UNESCO, el CSIC, el Gobierno Autonómico y las Instituciones Canarias, en especial el Cabildo Insular de Lanzarote, y varias organizaciones científicas como la European Science Foundation (ESF) y el Centre Européen de Géodynamique et Séismologie (ECGS).

El "Proyecto Teide" fue financiado por la Unión Europea dentro de su III Programa Marco de Investigación y Desarrollo en el área de Medio Ambiente, para Desastres Naturales-Riesgo Volcánico (Contrato EV5V-CT93-0283). Para esta investigación también se ha recibido financiación de la CICYT (Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, MEC). Por otra parte, el Teide es uno de los 6 Volcanes Laboratorio Europeos integrados en el Programa Volcanológico Europeo (EVOP) de la Fundación Europea de las Ciencias. También es uno de los 15 Volcanes de la Década, seleccionados por la Asociación Internacional de Volcanología (IAVCEI) para impulsar los esfuerzos de investigación que todos los países y organizaciones no gubernamentales están

---

(\*) Instrumentación en Volcanología I (1994)  
Instrumentación en Volcanología II. Sísmica (1994)  
Prevención de Erupciones y Protección Civil (1995)  
Sismología Volcánica (1995)

realizando en la "Década para la Mitigación de las Catástrofes Naturales", promovida por las Naciones Unidas para el último decenio de este siglo.

El hecho de que el sistema volcánico del Teide se encuentre activo, implica una peligrosidad latente que afecta de manera directa a gran parte de la isla de Tenerife y también, por sus efectos económicos y sociales, a todo el Archipiélago Canario. De ahí que la prevención de erupciones en Canarias y la mitigación de sus posibles daños, fuese el principal objetivo del "Proyecto Teide" en el que participaron decenas de volcanólogos de los principales Centros europeos de Investigación. Sin embargo, los resultados de esta investigación multidisciplinar del más alto nivel, trascienden el ámbito regional y son aplicables a la mayoría de los grandes volcanes activos. Esta circunstancia es la que justifica el enfoque de aplicación generalizada que tienen los artículos incluidos en este volumen, aunque lógicamente, en varios de ellos se parte de la experiencia, infraestructura y conocimientos específicos que ya tenemos en España sobre el Riesgo Volcánico.

La Serie "Casa de Los Volcanes" acogió ya en su nº 4 otro producto del Proyecto Teide (*A Field Guide to the Central Volcanic Complex of Tenerife*) y esperamos que un próximo número pueda dedicarse a la edición actualizada de "Instrumentación en Volcanología I y II", con las aportaciones que se desarrollen en el "Proyecto TEKVOL", también financiado por la Unión Europea en su IV Programa Marco I+D.

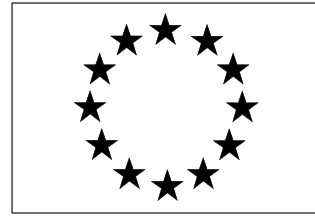
La edición de este volumen ha contado con el apoyo y patrocinio de los Organismos cuyos logotipos figuran en la siguiente página, a los que reiteramos nuestro agradecimiento, así como a Grant Heiken, presidente de la Asociación Internacional de Volcanología y Química del Interior de la Tierra (IAVCEI), por su amable presentación de este volumen.

**Vicente Araña**  
Coordinador del Proyecto Teide  
Jefe del Departamento de Volcanología, MNCN, CSIC

**Ramón Ortiz**  
Responsable del Proyecto TEKVOL-5  
Director del CIVGV



**Ciencias de la Tierra**



**EUROPEAN COMMISSION**  
Directorate Generale XII



**D.H.A.**  
Department of  
Humanitarian Affairs



**DIRECCION GENERAL DE  
PROTECCION CIVIL**



**EUROPEAN  
VOLCANOLOGICAL  
PROGRAM**

**IAVCEI**

**International Association of  
Volcanology  
and Chemistry of the Earth's Interior**



**CASA DE LOS  
VOLCANES**  
Cabildo de Lanzarote



**CSIC**

**CONSEJO SUPERIOR DE  
INVESTIGACIONES  
CIENTIFICAS**

## **COLABORADORES DE ESTA OBRA**

**Vicente Araña**

**Dep. Volcanología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC.  
José Gutiérrez Abascal 2. 28006 Madrid**

**M. Mar Astiz**

**Dep. Matemática Aplicada. E.T.S. Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid  
Avda. Juan de Herrera s/n. 28040 Madrid**

**Servando De la Cruz-Reyna**

**Instituto de Geofísica UNAM - CENAPRED  
Ciudad Universitaria. 04510 México DF**

**Alicia Felpeto**

**Dep. Volcanología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC.  
José Gutiérrez Abascal 2. 28006 Madrid**

**Alicia García**

**Dep. Volcanología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC.  
José Gutiérrez Abascal 2. 28006 Madrid**

**Francisca Gomez-Fernández**

**GEOSYS SRL. Madrid**

**Claudia Eleonor Natenzon**

**PIRNA-Programa de Recursos Naturales y Ambiente  
Instituto de Geografía, FFyL/UBA;  
FLACSO-Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales  
Buenos Aires**

**Ramón Ortiz**

**Dep. Volcanología. Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC.  
José Gutiérrez Abascal 2. 28006 Madrid**

**Juan A. Pérez Torres**

**Escuela de Logística del Ejército de Tierra  
Madrid**

**José Sansón Cerrato**

**Unidad de Protección Civil  
Delegación del Gobierno en Canarias  
Las Palmas de Gran Canaria**

# ÍNDICE

## PRESENTACIÓN

*G. Heiken*

1. INTRODUCCIÓN ..... 1  
*V. Araña y R. Ortiz*
  - 1.1. Planteamientos actuales de la volcanología
    - 1.1.1. Historia eruptiva del area volcánica
    - 1.1.2. Condiciones magmáticas
    - 1.1.3. Mecanismos eruptivos
    - 1.1.4. Ciclos magmáticos / Períodos de retorno. Aspectos probabilísticos
  - 1.2. Metodología del análisis del riesgo volcánico
    - 1.2.1. Definición del riesgo
    - 1.2.2. Impacto espacial de una catástrofe volcánica
    - 1.2.3. Protección y optimización del riesgo
    - 1.2.4. Volcanes de alto riesgo
    - 1.2.5. Seguimiento, pronóstico y predicción de erupciones
  - 1.3. Algunas reflexiones más sobre el riesgo volcánico y su mitigación
    - 1.3.1. Investigación, vigilancia, protección civil
    - 1.3.2. Volcanes y sociedad
    - 1.3.3. Planificación para afrontar una catástrofe volcánica
    - 1.3.4. Iniciativas IAVCEI/IDNDR
  - 1.4. Técnicas para la gestión de la catástrofe volcánica
    - 1.4.1. Bases de Datos
    - 1.4.2. Modelos
    - 1.4.3. Aplicaciones
  
2. DAÑOS QUE PUEDEN PRODUCIR LAS ERUPCIONES ..... 37  
*R. Ortiz y V. Araña*
  - 2.1. Peligrosidad volcánica
    - 2.1.1. Factores de peligro
    - 2.1.2. Magnitud de una erupción
    - 2.1.3. Metodología para la evaluación de la peligrosidad volcánica
  - 2.2. Vulnerabilidad
    - 2.2.1. Coladas lávicas
    - 2.2.2. Coladas y oleadas piroclásticas. Nubes ardientes
    - 2.2.3. Proyección balística
    - 2.2.4. Dispersión y caída de piroclastos
    - 2.2.5. Explosiones dirigidas
    - 2.2.6. Gases volcánicos
    - 2.2.7. Colapso del edificio volcánico
    - 2.2.8. Lahares
    - 2.2.9. Ondas de presión
    - 2.2.10. Tormentas
    - 2.2.11. Deformación del terreno
    - 2.2.12. Terremotos volcánicos
    - 2.2.13. Tsunamis
  - 2.3. Erupciones volcánicas y salud

3.	<b>MAPAS DE RIESGO. MODELIZACIÓN .....</b>	<b>67</b>
	<i>A. Felpeto; A. García y R. Ortiz</i>	
	3.1. <u>Mapas de peligros y riesgos volcánicos</u>	
	3.1.1. Zonificación	
	3.1.2. Mapas volcanológico, administrativo y educativo	
	3.1.3. Metodología para construir los mapas de peligros y riesgo volcánicos	
	3.2. <u>Modelización numérica en mapas de peligrosidad volcánica</u>	
	3.2.1. Flujos lávicos	
	3.2.2. Flujos piroclásticos	
	3.2.3. Caída de cenizas	
	3.3. <u>Modelo de desarrollo y mapa de riesgo</u>	
4.	<b>ANÁLISIS ESTADÍSTICO. SIMULACIONES .....</b>	<b>99</b>
	<i>M. Astiz; A. García y R. Ortiz</i>	
	4.1. <u>Historia eruptiva</u>	
	4.1.1. Ejemplo de evaluación del riesgo	
	4.1.2. Sistemas complejos	
	4.2. <u>Simulación de una crisis volcánica</u>	
	4.2.1. Simulación de evacuaciones	
	4.2.2. Ejemplos de aplicación	
5.	<b>LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (GIS) EN LA EVALUACIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO .....</b>	<b>123</b>
	<i>F. Gómez</i>	
	5.1. <u>Aplicación a la isla de Tenerife</u>	
	5.1.1. Desarrollo metodológico	
	5.1.2. Análisis del área probable de erupción	
	5.1.3. Identificación de mecanismos eruptivos y factores de peligro	
	5.1.4. Generación de escenarios de riesgo	
	a) evaluación del riesgo potencial para flujos lávicos	
	b) evaluación del riesgo potencial para depósitos de caída	
	5.2. <u>Aplicaciones en protección civil</u>	
6.	<b>GESTIÓN DE ALARMAS EN UNA CRISIS VOLCÁNICA .....</b>	<b>155</b>
	<i>R. Ortiz y V. Araña</i>	
	6.1 <u>Sistema de alarma</u>	
	6.1.1. Establecimiento de una alarma	
	6.2 <u>Determinación de los niveles de alarma.</u>	
	<u>Organización científica. Costo y dificultades</u>	
	6.3 <u>Seguridad aérea y comunicación de la actividad volcánica</u>	
7.	<b>UN CÓDIGO DE ALERTA PARA EL MANEJO DE EMERGENCIAS VOLCÁNICAS .....</b>	<b>181</b>
	<i>S. De la Cruz-Reyna</i>	
	7.1 <u>Marco teórico</u>	
	7.2 <u>Mecanismos de defensa activa para la protección civil</u>	
	7.3 <u>Niveles de alerta</u>	
	7.3.1. Criterios para el retorno a un nivel mas bajo	

8.	<b>LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y LA MITIGACIÓN DEL RIESGO VOLCÁNICO .....</b>	<b>189</b>
	<i>V. Araña</i>	
	<b>8.1. <u>Equipo de volcanólogos-investigación volcanológica</u></b>	
	<b>8.1.1. Integración de especialistas</b>	
	<b>8.1.2. Participación internacional en los grupos de trabajo</b>	
	<b>8.2. <u>Cuestiones que deben responder los volcanólogos</u></b>	
9.	<b>LA PROTECCIÓN CIVIL ANTE EL RIESGO DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS .....</b>	<b>197</b>
	<i>J. Sansón</i>	
	<b>9.1. <u>Protección Civil en España</u></b>	
	<b>9.2. <u>El riesgo volcánico en España</u></b>	
	<b>9.3. <u>Zonificación del riesgo volcánico en las Islas Canarias</u></b>	
	<b>9.4. <u>Planes de emergencia ante el riesgo volcánico</u></b>	
	<b>9.4.1. El plan estatal ante el riesgo volcánico</b>	
	<b>9.4.2. El plan de comunidad autónoma ante el riesgo VOLCÁNICO</b>	
10.	<b>COLABORACIÓN DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPAÑOLAS EN CASO DE DESASTRE NATURAL .....</b>	<b>217</b>
	<i>J. A. Pérez-Torres</i>	
	<b>10.1. <u>Panorama legislativo</u></b>	
	<b>10.2. <u>Condiciones de actuación</u></b>	
	<b>10.3. <u>Actividades a desarrollar</u></b>	
	<b>10.4. <u>Planeamiento logístico</u></b>	
11.	<b>VOLCANISMO Y COMUNICACIÓN SOCIAL .....</b>	<b>223</b>
	<i>C. E. Natenzon</i>	
	<b>11.1. <u>Metodología</u></b>	
	<b>11.2. <u>Resultados</u></b>	
	<b>11.2.1. Importancia de la noticia</b>	
	<b>11.2.2. Temas</b>	
	<b>a) descripción de la erupción y los fenómeno asociados</b>	
	<b>b) medidas frente a la erupción y sus consecuencias</b>	
	<b>c) consecuencias sociales</b>	
	<b>d) incidencia en infraestructura y comunicación</b>	
	<b>e) consecuencias económicas y ecológicas</b>	
	<b>f) relaciones políticas e internacionales</b>	
	<b>11.3. <u>Cifras publicadas</u></b>	
	<b>11.4. <u>Artículos del diario Clarín relacionados con la erupción del volcán Hudson</u></b>	

<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>245</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>259</b>
<b>Preguntas y respuestas</b>	
<b>Instrumentación de una crisis volcánica</b>	
<b>Normas de Seguridad para volcanólogos</b>	
<b>Plan familiar de protección civil</b>	
<b>Ejemplo de documentos y formularios</b>	
<b>Los peligros volcánicos. Guía educativa</b>	
<b>Normativas legales</b>	

## **PRESENTACIÓN**

**Catorce países de habla hispana tienen volcanes y peligros volcánicos. En las últimas décadas han tenido lugar crisis eruptivas y desastres en México, Guatemala, Costa Rica, Colombia, Ecuador y Chile, sacudiendo la atención popular. Algunos de estos desastres, incluyendo la pérdida de 22.000 vidas ocurrida durante la erupción del Nevado del Ruiz, Colombia, podrían haberse evitado de haber existido una adecuada formación y educación de los responsables públicos y una mejor comunicación de estos con la comunidad científica.**

**Una de las recomendaciones propuestas por el comité de la Asociación Internacional de Volcanología y Química del Interior de la Tierra (IAVCEI), creado con motivo de la proclamación por la ONU de la Década Internacional para la Mitigación de los Desastres Naturales (IDNDR), es dedicar un mayor esfuerzo a la divulgación de la naturaleza del peligro y riesgo volcánico entre los técnicos y responsables de la Protección Civil y de la población afectada. La comunidad volcanológica española ha sabido recoger este encargo preparando este volumen de carácter multidisciplinar, para volcanólogos y técnicos de la administración pública.**

**Este libro, moderno y comprensible sobre el Riesgo Volcánico, viene a llenar el hueco existente entre la ciencia y la protección civil. Aquí se recogen los últimos avances en la evaluación del riesgo volcánico integrando los conocimientos geológicos y geofísicos con los sistemas de información geográfica. Se aborda también la elaboración de mapas de riesgo volcánico y modelos eruptivos, con una importante componente gráfica, encaminada a facilitar efectivamente la comunicación entre los volcanólogos y la población. Asimismo se plantea la organización del trabajo en caso de crisis entre volcanólogos, técnicos de protección civil, militares y población, siendo especialmente importante, la conexión entre todos los estamentos implicados para la mitigación efectiva del peligro volcánico.**

**Debemos felicitar a autores y editores de "Riesgo Volcánico" por publicar este excelente y actual texto. La implantación de la experiencia, metodología y aspectos sociales aquí recogidos contribuirán sin duda a salvar muchas vidas.**

**Grant Heiken  
Presidente de la IAVCEI**

