

*“ 107. Ce acatl, 1363 años, iquac ipanin
peuh in Popocatepetl in yeyepoca, iquac in
mic in Tenochtzin, in teyacan Tenochtitlan
cempohuallon caxtolli ipan nauh xihuitl, aih
inic ompa Culhuacan quitlallique Mexica,
inic mocempohua yepohuallon macuillo
Xihuitl inic teyacan “*

Alvaro Tezozómoc, Fernando:

“ Crónica Mexicatotl, 1609. “

**SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL
CENTRO NACIONAL DE PREVENCION DE DESASTRES
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**VOLCAN POPOCATEPETL
ESTUDIOS REALIZADOS DURANTE
LA CRISIS DE 1994-1995**

COMITE CIENTIFICO ASESOR CENAPRED-UNAM

SECRETARIA DE GOBERNACION

Secretario de Gobernación
Lic. Emilio Chuayffet Chemor

**Subsecretario de Protección Civil,
Prevención y Readaptación Social**
Lic. Juan Ramiro Robledo Ruiz

Director General de Protección Civil
Ing. Enrique González Isunza

CENAPRED

Director General
Dr. Roberto Meli

Coordinador de Investigación
Dr. Mario Ordaz

Coordinadora de Capacitación
Lic. Gloria Luz Ortíz

Coordinador de Difusión
Lic. Ricardo Cícero

Edición a cargo de:
Oscar Zepeda y
Tomás A. Sánchez

*EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES
EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES*

PUBLICADO POR EL CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN
DE DESASTRES DE LA SECRETARÍA DE GOBERNACION
INSTITUCION COEDITORA UNAM

Edición Especial
Derechos Reservados
© Secretaría de Gobernación, Julio 1995
ISBN 970-628-127-4

Impreso en México / Printed in Mexico

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Rector
Dr. José Sarukhán

Coordinador de la Investigación Científica
Dr. Gerardo Suárez Reynoso

Director del Instituto de Geofísica
Dr. David Novelo

Director del Instituto de Geografía
Dr. Román Álvarez

Director del Instituto de Geología
Dr. Jaime Dante Morán

Director del Instituto de Ingeniería
Dr. José Luis Fernández

CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

AV. DELFIN MADRIGAL 665, COL. PEDREGAL DE SANTO DOMINGO
DELEGACIÓN COYOACÁN, MÉXICO, D.F., C.P. 04360

TELÉFONOS. 606 95 20, 606 93 50
FAX. 606 16 08

CONTENIDO

Presentación vii

Introducción ix

G. Suárez

CAPITULO I. ANTECEDENTES HISTORICOS

Historia de la Actividad Reciente del Popocatépetl (1354-1995) 3

S. de la Cruz-Reyna, J.L. Quezada, C. Peña, O Zepeda y T. Sánchez

CAPITULO II. INSTRUMENTACION

Monitoreo Volcánico: Instrumentación y Métodos de Vigilancia 25

R. Quaas, R. González, E. Guevara, E. Ramos y S. de la Cruz-Reyna

CAPITULO III. RIESGOS Y MAPEO

Zonificación de Peligros Volcánicos del Popocatépetl 79

J.L. Macías, G. Carrasco y C. Siebe

Integración de Información Cartográfica Sobre Riesgo Volcánico por Medio de Sistemas de Información Geográfica 93

R. Bonifaz, A. L. Cabrera y G. Gómez

Población Expuesta a Desastre en las Proximidades del Volcán Popocatepetl 99

R. Vidal, I. Ortiz y R. Alvarez

Posible Flujo de Lodo en el Costado Oriente del Volcán Popocatepetl 109

F. García, E. Ramos y R. Domínguez

CAPITULO IV. ASPECTOS GEOFISICOS

Sismicidad del Volcán Popocatepetl
a Partir del 21 de Diciembre de 1994 al 30 de Marzo de 1995 129

*C. Valdés, G. González, A. Arciniega, M. Guzmán, E. Nava, C. Gutierrez y
M. Santovo*

Características Espectrales de Temblores Tipo-A, Tipo-B y Tremores Asociados
a la Erupción del Volcán Popocatepetl, México, en Diciembre de 1994 139

*J. Lermo, J. Cuenca, F. J. Chávez-García, A. Huidobro, M. L. Bermúdez, M. Rodríguez,
R. Quaas, F. J. Sánchez-Sesma, E. Nava, H. Mijares y E. Briones*

La Red Geodésica del Volcán Popocatepetl para el Monitoreo de la Actividad Volcánica 167

*S. de la Cruz-Revna, H. Nolasco, E. Ramos, J.L. Degollado, F. J. Castillo, C. Velázquez,
A. Medrano, H. González, H. Romero y D. A. Castellanos*

CAPITULO V. ASPECTOS GEOLOGICOS

Derrumbes Gigantes, Depósitos de Avalancha de Escombros y Edad del Actual
Cono del Volcán Popocatepetl 195

C. Siebe, M. Abrams y J. L. Macías

Monitoreo de los Glaciares del Volcan Popocatepetl 221

H. Delgado y M. Brugman

CAPITULO VI. ASPECTOS GEOQUIMICOS Y DE IMPACTO ATMOSFERICO

| | |
|--|-----|
| Emisiones de Bióxido de Azufre del Volcán Popocatépetl, México Durante la Erupción de Diciembre 1994-Enero 1995 | 245 |
| <i>I. Galindo, A. González y R. Ayala</i> | |
| Estudio de Aerosoles y Cenizas Dispersados Durante la Erupción del Volcán Popocatépetl del 21 de Diciembre de 1994.- Resultados Preliminares | 257 |
| <i>L. S. Ivlev, I. Galindo y V. I. Kudryashov</i> | |
| La Emisión de Cenizas y Variaciones Geoquímicas Durante Diciembre-Marzo en el Volcán Popocatépetl | 285 |
| <i>A. L. Martín Del Pozzo, E. Espinasa-Pereña, M. A. Armienta, A. Aguayo, M. Reyes, G. Sánchez, O. Cruz, N. Ceniceros, J. Lugo, V. González, M. A. Butrón y M. Villareal</i> | |
| Patrones de Viento en la Región del Volcan Popocatépetl y Ciudad de México | 295 |
| <i>G. Carrasco, P. Cervantes, R. Cortés, H. Delgado y R. Molinero</i> | |

CAPITULO VII. ASPECTOS DE COMUNICACION ENTRE EL GRUPO CIENTIFICO, LAS AUTORIDADES DE PROTECCION CIVIL Y LA POBLACION

| | |
|--|-----|
| Un Código de Alerta para el Manejo de Emergencias Antes y Durante Potenciales Erupciones del Volcán Popocatépetl | 327 |
| <i>S. de la Cruz-Reyna</i> | |
| Interacción del Grupo Científico con las Autoridades de Protección Civil | 335 |
| <i>R. Meli</i> | |
| Reconocimientos | 337 |

PRESENTACION

En los últimos diez años se ha trabajado intensamente en el país para establecer un Sistema Nacional de Protección Civil que permita reducir significativamente las consecuencias del gran número de fenómenos naturales que afectan periódicamente a nuestro país.

Aunque hay que reconocer que todavía falta mucho camino que recorrer para que el Sistema opere con la eficacia y cobertura deseables y para que en la población se establezca una verdadera cultura de la Protección Civil, es innegable que se han realizado grandes avances en este sentido.

Una prueba de lo anterior ha sido el manejo de la emergencia que se ha presentado recientemente por la amenaza de una erupción potencialmente destructiva del Volcán Popocatepetl. Los fenómenos eruptivos de los volcanes están, casi siempre, precedidos por diversas manifestaciones precursoras. Por ello, desde el inicio de la actividad del volcán, las autoridades de Protección Civil y los especialistas más destacados del país han trabajado en forma coordinada para hacer factible el monitoreo del volcán y los estudios científicos necesarios para estimar el peligro de erupción.

La estrecha colaboración entre las autoridades y el grupo científico permitió contar en forma oportuna con elementos de juicio confiables para decidir el 21 de diciembre pasado, la evacuación de las poblaciones más expuestas a los efectos de una erupción, así como para disponer su retorno una vez que el peligro se había reducido sustancialmente. A partir de entonces se ha establecido un seguimiento continuo de la actividad del volcán la cual, afortunadamente, se ha mantenido a niveles que no han ameritado nuevas medidas de evacuación.

Es muy grato para la Secretaría de Gobernación presentar este libro que contiene una muestra del trabajo realizado por distinguidos miembros de la comunidad científica a raíz de la crisis del volcán Popocatepetl.

Es evidente, aun para los no especialistas, la cantidad y calidad del trabajo realizado. Esto servirá de ejemplo para la forma en que las autoridades y los especialistas deberán colaborar en el futuro para enfrentar las amenazas de fenómenos potencialmente destructivos.

INTRODUCCION

Gerardo Suárez¹

México es un país con un alto riesgo volcánico. Nuestro país cuenta con aproximadamente 14 volcanes activos, muchos de ellos se encuentran ubicados a lo largo del paralelo 19°. Muchas de las poblaciones más importantes de nuestro país están ubicadas a lo largo de ese eje volcánico y se han asentado ahí debido a la calidad de los suelos y clima benigno que propician los volcanes. A pesar de este riesgo potencial para una fracción importante de la población mexicana, nuestro país no tiene como comunidad una memoria histórica del riesgo volcánico. El volcán Chichón, que hizo erupción en 1982, representa vivamente este peligro potencial bajo el cual se encuentran muchas poblaciones en el centro de nuestro país. Por otro lado, esta erupción del Chichón ilustra también las enormes pérdidas humanas y materiales que pueden sufrirse de no existir un programa adecuado de monitoreo de la actividad del volcán y un programa adecuado de protección civil.

El volcán Popocatepetl es el segundo volcán más alto de nuestro país. A lo largo de su historia ha tenido importantes erupciones volcánicas con un alto grado de explosividad. En épocas históricas, el volcán ha tenido fases de intensa actividad que han durado varios lustros. A fines de 1993, fue evidente que la fumarola que éste emite desde el cráter se había incrementado notablemente. Este fenómeno propició por parte de varios científicos de la Universidad Nacional Autónoma de México la creación de un Comité Científico Técnico que tuviese como función el coordinar y dirigir las acciones de monitoreo y de instrumentación científica en el volcán. Por otro lado, se estimó que un cuerpo como éste sería un canal de información fidedigna y colegiada a los organismos estatales y federales de protección civil. Con un carácter realmente multidisciplinario se empezaron a reunir especialistas en diferentes aspectos de la vulcanología y sismología del volcán. Así, al iniciar la crisis del 21 de diciembre de 1994, se pudo tener información un poco más detallada sobre el fenómeno.

La erupción del 21 de diciembre se inicia con una serie de explosiones y con una densa nube de ceniza que alarma a la población pues deposita una delgada capa de cenizas en varias poblaciones alrededor del volcán. El Comité Técnico empieza a sesionar de inmediato, y de hecho durante los tiempos de crisis más intensas sesionaba dos veces al día. En esta forma, el Comité Técnico se dió dos tareas simultáneas: por un lado actuar como un canal de comunicación por el medio del cual se ofrecía a la Secretaría de Gobernación la información más reciente con una interpretación consensada por todos los especialistas y, por otro, se evaluaba y coordinaba la instalación de nuevos instrumentos sobre el volcán. Durante los últimos días de diciembre y los primeros días de enero, en los momentos más intensos de esta última fase eruptiva del volcán Popocatepetl, se logró instalar una red sismológica que comprende ya nueve sismómetros, cuatro inclinómetros que miden la deformación de las paredes del volcán para vigilar la presencia de magma fresco en su interior, así como revisar una serie de redes geodésicas que habían sido precisamente instaladas. Además, se inicia en forma continua y sistemáticamente la medición de SO₂ emitido por la fumarola del volcán.

El presente libro reúne el trabajo realizado por un amplio grupo de especialistas a lo largo de estos meses. Se describe no sólo la instalación de los nuevos instrumentos que ahora conforman la red de observación del volcán Popocatepetl sino también una interpretación de estos fenómenos con relación a la situación del volcán que ellos mismos reflejan. Se presenta también un nuevo mapa de peligro volcánico que identifica, de acuerdo a los diversos fenómenos volcánicos que puedan traducirse en el Popocatepetl, el grado de exposición de las diversas regiones

¹ Coordinador de la Investigación Científica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

aledañas al volcán. Además, se muestra un nuevo código de alerta volcánica para su utilización en las tareas de protección civil.

Esta compilación de los trabajos realizados por distinguidos investigadores muestran lo fructífero que resulta la cooperación multidisciplinaria y la discusión abierta de los fenómenos ocurridos en el volcán. Seguramente, muchas de estas experiencias adquiridas en el volcán Popocatepetl podrán ser extrapoladas a otros volcanes mexicanos con un alto grado de peligrosidad como son por ejemplo el Tacaná, el Pico de Orizaba y el Volcán de Colima. Muchos de estos volcanes, a pesar de ser activos y tener una historia de actividad eruptiva de carácter altamente explosivo, no cuentan aún con una instrumentación adecuada para vigilar su conducta y carecen también de un mapa de peligro volcánico, que es la herramienta esencial para establecer medidas mínimas de protección civil.

Finalmente cabe agradecer a las autoridades de la Secretaría de Gobernación por la cooperación y ayuda que en forma tan expedita recibieron todos los especialistas, que aquí plasman su trabajo, para la realización de sus labores. Asimismo, deseo expresar mi agradecimiento y reconocimiento a los colegas del Servicio Geológico de los Estados Unidos que a lo largo de estos meses han venido a nuestro país para discutir los resultados con los colegas mexicanos y aportar técnica e instrumentos al monitoreo del volcán.