Historia de la Actividad del VOLCÁN POPOCATÉPETL 17 años de erupciones

Centro Nacional de Prevención de Desastres



DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Subdirección de Riesgos Geológicos

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN

Miguel Ángel Osorio Chong SECRETARIO DE GOBERNACIÓN

Luis Felipe Puente Espinosa COORDINADOR NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL

Dr. Carlos M. Valdés González DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES

1ª edición, abril 2012 Versión Electrónica 2014

© SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN Abraham González Núm. 48, Col. Juárez, Del. Cuauhtémoc, C.P. 06699, México, D.F.

© CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES Av. Delfín Madrigal Núm. 665, Col. Pedregal de Santo Domingo, Del. Coyoacán, C.P.0 4360, México, D.F. Teléfonos: (55) 54 24 61 00 Fax: 56 06 16 08 mail: editor@cenapred.unam.mx www.cenapred.gob.mx

© Autor: Ramón Espinasa Pereña

Nota:

Algunas de las fotografías incluidas en este documento electrónico fueron tomadas de otras publicaciones del CENAPRED. En una edición posterior se indicará la fuente en cada una de las imágenes.

ISBN:

Edición: La edición estuvo a cago del autor Portada: Depto. de Diseño y Logística

Derechos reservados conforme a la ley

DISTRIBUCIÓN NACIONAL E INTERNACIONAL Centro Nacional de Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL AUTOR.

Índice

página

Introducción	1
Relato de la actividad del volcán Popocatépetl	3
1995	4
1996	6
1997	6
1998	9
1999	13
2000	15
2001	21
2002	28
2003	38
2004	41
2005	42
2006	44
2007	46
2008	49
2009	50
2010	52
2011	55
Conclusiones y pronóstico	64
Tabla 1: Actividad prehistórica e histórica del Popocatépetl	2
Tabla 2: Etapas del actual periodo de actividad	

Introducción

El Popocatépetl es uno de los volcanes más activos del país. Los 25 millones de personas que habitan a menos de 100 km del cráter, lo convierten en uno de los volcanes más peligrosos del planeta. Después de setenta años de inactividad, se notó un paulatino incremento en la actividad fumarólica del volcán, que reinició su actividad el 21 de diciembre de 1994. En estos últimos 17 años ha tenido etapas efusivas y explosivas asociadas con el crecimiento y destrucción de domos de lava en el interior del cráter. Sus cenizas han alcanzado las ciudades de Puebla y de México y poblaciones incluso más distantes como Querétaro y Veracruz. Los fragmentos incandescentes lanzados por sus explosiones han llegado a casi 5 km de distancia del cráter y a unos 3.5 km de las poblaciones más cercanas al volcán. También ha presentado en dos ocasiones flujos piroclásticos y lahares, que llegaron incluso hasta Santiago Xalitzintla, Puebla, el poblado más cercano.

A lo largo de su historia reciente, el volcán Popocatépetl ha presentado actividad recurrente con erupciones similares a la actual, pero de diferente magnitud (Tabla 1). En el pasado también se han registrado erupciones explosivas mayores, que afectaron severamente a los asentamientos existentes en el entorno^{1,2}.

Un análisis de la morfología del volcán y su evolución geológica³ muestran que se trata de un volcán que ha estado activo por más de medio millón de años y que ha presentado varias etapas de crecimiento, que formaron al menos tres volcanes previos, los cuales fueron destruidos por erupciones extraordinariamente grandes: el V. Nexpayantla hace >400,000 años, el Ventorrillo hace alrededor de 23,000 y El Fraile, hace 14,500 años. El cono moderno está construido sobre los restos de estos volcanes.

En las siguientes páginas se hace un relato de la actividad desarrollada durante el actual periodo eruptivo, que ya ha durado 17 años sin síntomas de detenerse. Fue elaborado a partir de los informes diarios y especiales del CENAPRED, así como consultando la extensa bibliografía científica que se ha generado desde que el volcán se reactivó, y de la que sólo se cita una mínima parte. No se pretende relatar todas y cada una de las miles de exhalaciones que ha presentado el volcán, sino solamente hacer un recuento de los eventos más importantes y característicos, e ilustrar esta actividad mediante fotografías que fueron captadas por el sistema de monitoreo visual o por observadores y personal del CENAPRED.

¹ Plunket, P. and Uruñuela, G., 2008, Mountain of sustenance, mountain of destruction: The prehispanic experience with Popocatépetl Volcano, Journal of Volcanology and Geothermal Research 170, p. 111–120

² Siebe, C., Abrams, M., Macías, J.L. and Obenholzner, J., 1996, Repeated volcanic disasters in Prehispanic time at Popocatépetl, central Mexico: Past key to the future? Geology; v. 24; no. 5; p. 399–402

³ Espinasa-Pereña, R., and Martín-Del Pozzo, A.L., 2006, Morphostratigraphic evolution of Popocatépetl volcano, México, in Siebe, C.,

Macías, J.L., and Aguirre-Díaz, G.J., eds., Neogene-Quaternary continental margin volcanism: A perspective from Mexico: Geological Society of America Special Paper 402, p. 101–123

AÑO	ACTIVIDAD	
>430,000 a.P.	Gran erupción tipo Bezimianyi destruye el edificio volcánico del volcán Nexpayantla	
23,655 a 22,000 a.P.	Gran erupción tipo Sta. Helena destruye el edificio volcánico del volcán Ventorrillo Pómez Tochimilco	
14,430 <u>+</u> 190 a 12,900 <u>+</u> 40 a.P.	Gran erupción pliniana destruye el volcán El Fraile. Caen ceniza y pómez en el Valle de México. PB&N y PWA (Tutti-Frutti)	
9,600 a.P.	Erupción pliniana grande P-4	
4,900 a.P.	Erupción pliniana grande P-3	
1,800 a.P.	Erupción pliniana grande P-2	
1,235+50 a 855+55 a.P.	Tres erupciones plinianas P-1	
1354 d.C.	Erupción menor	
1363 d.C.	Fumarolas	
1509 d.C.	Erupción mayor, representada en los Códices Telleriano Remensis y Vaticano A (Figura 1) Ceniza Negra	
1512 d.C.	Fumarolas	
1519 a 1530 d.C.	Erupción moderada seguida de actividad fumarólica.	
1539-1549 d.C.	Erupciones moderadas. Explosiones esporádicas moderadas emiten ceniza y pómez.	
1571 d.C.	Emisiones de ceniza	
1592 d.C.	Fumarolas y emisiones de ceniza.	
1642 d.C.	Fumarolas y emisiones de ceniza	
1663 a 1665 d.C.	Erupciones moderadas. Explosiones esporádicas moderadas emiten ceniza y pómez. Produce "el chimuelo" en La Corona.	
1697 d.C.	Fumarolas	
1720 d.C.	Erupción leve y actividad fumarólica	
1804 d.C.	Fumarolas leves	
1919 - 1927 d.C.	Erupción moderada. Explosiones esporádicas emiten ceniza y pómez. Se forma un pequeño domo de lava en 1924.	

Tabla 1 Actividad prehistórica e histórica del Popocatépetl



Figura 1 Erupción del Popocatépetl en 1509, Códice Telleriano Remensis

Relato de la actividad del volcán Popocatépetl⁴

En julio de 1987 se instala por parte del Instituto de Ingeniería de la UNAM la estación sísmica telemétrica Altzomoni, a 4 km de Paso de Cortés y 11 km al norte del cráter del volcán. El Instituto de Geofísica de la UNAM instala la estación sísmica telemétrica Tlamacas el 13 de septiembre de 1989, a poco más de 4 km al norte del cráter. Estas dos estaciones sísmicas eran las únicas existentes cuando, hacia fines de 1992 y principios de 1993, de forma gradual se inició la reactivación de la actividad fumarólica del volcán. En los siguientes meses se reportaron cambios en la temperatura y pH del lago en el cráter, y un incremento en la emisión continua de gases y vapor de agua (Figura 2), por lo que el 14 de octubre de 1994 se instaló la primera estación sísmica telemétrica del CENAPRED, Chipiquixtle, situada en el flanco suroeste del volcán, a 4 km del cráter, y el 22 de noviembre el Instituto de Ingeniería de la UNAM y el CENAPRED instalaron la estación sísmica telemétrica Colibrí, a unos 7 km al sureste del cráter.



Fiqura 2 Cráter interno del Popocatépetl en 1993 Depósitos de azufre y lago. Foto H. Delgado

El 21 de diciembre de 1994 se produjo la primera emisión de ceniza en cerca de 70 años, la cual causó gran inquietud entre la población y autoridades, por lo que algunos de los poblados más vulnerables en el flanco noreste fueron evacuados. En fotografías tomadas en días posteriores pudo observarse que las exhalaciones habían abierto una boca cerca de la pared oriental del cráter, directamente debajo de La Corona (Figura 3).

⁴ Modificado de la página del CENAPRED:

Resumen de la actividad del volcán Popocatépetl de diciembre de 1994 a mayo de 2001

http://www.cenapred.unam.mx/es/Instrumentacion/InstVolcanica/MVolcan/Resumen/

con base en los informes diarios, informes especiales y otros registros del CENAPRED:

http://www.cenapred.unam.mx/cgi-bin/popo/reportes/consulta.cgi

así como en publicaciones especializadas.



Figura 3 Domo de 1924 y atrás la boca nueva bajo La Corona, en enero de 1996. Foto H. Delgado

1995

Durante todo el año hubo actividad fluctuante con frecuentes exhalaciones de ceniza (Figura 4), sin embargo, el análisis detallado permitió confirmar que no se trataba de material juvenil⁵. El 4 de enero, el CENAPRED instaló la estación sísmica telemétrica de Canario en las cercanías del antiguo albergue de igual nombre (Figura 5) y apenas a 2 km del cráter; dos días después se instala la estación Bonsai cerca del camino entre San Baltazar Atlimiyaya, Puebla y Santiago Xalitzintla, a unos 9 kilómetros del cráter en el lado oriental. Se instala además una cámara de TV que transmite desde Altzomoni la imagen del Popocatépetl en tiempo real (Figura 6). En junio se publica el Mapa de Peligros del Volcán Popocatépetl por parte del Instituto de Geofísica de la UNAM⁶.



Figura 4 Erupción de ceniza no juvenil, 8 de enero de 1995. Foto R. Espinasa

 ⁵ (Martin del Pozzo, A.L., González-Morán, T., Espinasa-Pereña, R., Butrón, M.A.,Reyes, M., 2008, "Characterization of the recent ash emissions at Popocatepetl volcano, Mexico", Journal of Volcanology and Geothermal Research, v. 170, iss. 1-2, p. 61-75.)
6 (Macías Vázquez, J.L., Carrasco N'ñez, G., Delgado Granados, H., Martin del Pozzo, A.L., Siebe Grabach, C., Hoblitt, R.P., Sheridan, M.F. and Tilling, R.I., 1995, Mapa de Peligros del Volcán Popocatépetl, Instituto de Geofísica, UNAM)



Figura 5 Estación Canario de monitoreo, la más cercana al cráter



Figura 6 Estación Altzomoni desde la que se transmite la imagen en vivo

1996

El 5 de marzo el volcán inició un nuevo episodio de actividad con emisiones de ceniza comparables a las de diciembre de 1994. A partir del 26 de marzo se observó el crecimiento del primer domo de lava en el fondo del cráter (Figura 7). Una explosión importante acompañó su destrucción el 30 de abril cuando cinco alpinistas perecieron, ignorando las advertencias de peligro. Un segundo domo siguió creciendo a una tasa moderada hasta julio, cuando paulatinamente comenzó a decrecer. Para septiembre el crecimiento del domo se detuvo y las emisiones de ceniza fueron cada vez menos frecuentes, aunque mayores en intensidad y más explosivas. Se observaron erupciones importantes en octubre 28 y 31, noviembre 27, 28 y 29, y diciembre 2, 5, 7 y 29.



Figura 7 Primer domo de lava en marzo de 1996. Foto SCT

1997

Este tipo de actividad continuó en 1997. El 15 de marzo se emplazó el tercer domo, que fue destruido parcialmente por numerosas explosiones, las más importantes el 24 de abril y el 11 de junio, y sobre todo el 30 de junio.

La erupción del 30 de junio fue la más grande registrada hasta entonces. Fue precedida por una serie de sismos volcanotectónicos con magnitud entre 2 y 2.7. La aparición de tremor en el registro sísmico indicó el inicio de la erupción, que tuvo dos pulsos principales. El radar doppler, operado conjuntamente entre el USGS y CENAPRED, mostró señales fuertes de la columna de ceniza.

Se generó una enorme pluma que alcanzó en pocos minutos los 8 km por encima del volcán. Durante las siguientes horas se reportó caída de ceniza en muchos poblados alrededor del volcán incluyendo la ciudad de México, pero afortunadamente no se registraron daños o víctimas (Figura 8). El aeropuerto de la ciudad de México tuvo que ser cerrado por cerca de 12 horas para que la ceniza depositada en las pistas pudiera ser lavada. Fragmentos de pómez de hasta 10 cm de diámetro cayeron en Paso de Cortés y a lo largo de varios kilómetros de la carretera entre Santiago Xalitzintla y San Pedro Nexapa, Edo. Méx. No se dañó ninguno de los dispositivos de monitoreo, incluyendo aquéllos instalados en las partes altas del volcán, en donde se observaron posteriormente evidencias de caídas de fragmentos balísticos.

La intensidad de la erupción alcanzó el índice de explosividad (VEI) de 2 a 3 y condujo, por recomendación del Comité Científico Asesor, a que el color del semáforo de alerta volcánica se pusiera por varias horas en color rojo, es decir, en máximo nivel de alertamiento, pero sin iniciar ninguna evacuación.



Figura 8 Vehículo cubierto de ceniza, 30 de junio de 1997. Foto R. Espinasa

Días después, intensas lluvias mobilizaron las cenizas generando flujos de lodo que alcanzaron la parte superior del poblado de Xalitzintla, a 12 km al noreste del volcán. Una casa fue inundada y se afectaron predios con árboles frutales y una milpa. El flujo no fue violento ni de gran velocidad, más bien el nivel del río de lodo se fue elevando progresivamente^{7.}

Observaciones desde el helicóptero realizadas el 3 y 4 de julio y posteriormente en septiembre permitieron detectar que en los flancos sur y sureste se habían emplazado radialmente varios flujos piroclásticos granulares de 1 a 2 km de longitud, producidos por el colapso parcial de la columna eruptiva (Figura 9). En el interior del cráter principal un nuevo cráter en el cuerpo del domo de lava de 1996 pudo ser observado, así como el cuarto domo, de lava cordada, creciendo dentro de esta depresión.

⁷ Capra, L., Poblete, M.A., and Alvarado, R., 2004, The 1997 and 2001 lahars of Popocatepetl volcano (Central Mexico): textural and sedimentological constraints on their origin and hazards, Journal of Volcanology and Geothermal Research 131, p. 351-369.



Figura 9 Depósitos de flujos piroclásticos del 30 junio de 1997. Fotos de R. Quaas

El 12 de agosto se presentó una erupción moderadamente grande con la emisión de una columna de ceniza de 2 km de altura, que provocó leve caída de ceniza en el flanco sureste del volcán y destruyó el cuarto domo. El 16 de agosto inicia el crecimiento del quinto domo, que en octubre se elevó en forma de pistón. En octubre y noviembre, expertos del US Geological Survey y del CENAPRED, instalaron un sistema automático de detección de flujos en la ladera norte del volcán. La instrumentación fue proporcionada por el USGS. En los meses de noviembre y diciembre, los sismogramas registraron señales de tremor, que acompañaron la extrusión de lava de baja viscosidad que cubrió todo el fondo del cráter y los domos anteriores, como lo confirmó un vuelo el 10 de diciembre (Figura 10). El 24 de diciembre de 1997 ocurrió el primer evento de destrucción de este sexto domo.



Figura 10 Sexto domo de lava de 400 m de diámetro y del cual sale poco gas. Foto R. Quaas

1998

El 1° de enero, se produjo otra explosión que generó una columna de ceniza de 5 km por encima del cráter, el incendio de algunos pastizales y caída de ceniza en las poblaciones cercanas. Hasta el mes de marzo, se registraron exhalaciones de baja a moderada intensidad y algunas produjeron pequeñas caídas de ceniza en Santiago Xalitzintla y San Nicolás de los Ranchos, Puebla. El 14 de marzo inicia el emplazamiento del séptimo domo de lava. El 21 de marzo una explosión de este domo causó caída de material incandescente hasta 4 km de distancia del cráter, y ceniza en poblaciones del Edo. de Puebla. Los días 28 de marzo y 21 y 28 de abril, se presentaron eventos similares que destruyeron al séptimo domo.

El 10 de mayo una emisión de vapor y ceniza que acompañó el emplazamiento del octavo domo alcanzó algunos kilómetros sobre el cráter. También se presentó un episodio de tremor armónico de considerable amplitud y un minuto de duración. El 16 y 17 de mayo se registraron episodios de tremor armónico de 6 y 15 minutos de duración y baja amplitud. El 13 de julio se observó una leve aunque persistente columna de ceniza que fue acompañada de tremor.

El 13 de agosto, ocurrió el sismo volcanotectónico más grande registrado en el volcán hasta ahora, con magnitud 3.9 y una profundidad de 11.5 km bajo el cráter. En las siguientes horas se registraron dos sismos más, de magnitud menor que 2, y una secuencia de exhalaciones y microsismos que duró media hora, seguidos de episodios de tremor armónico de baja amplitud. Al día siguiente la primer explosión de destrucción del octavo domo emitió una columna de ceniza de entre 4 y 5 km de altura sobre el cráter. Otra exhalación el mismo día produjo una lluvia fina de ceniza en San Pedro Nexapa y en Amecameca. Dos días más tarde se produjo otra explosión. Durante el resto de agosto, el volcán presentó un incremento en el número de exhalaciones diarias y episodios cortos de tremor espasmódico. El 31 de agosto por la noche, se pudo apreciar resplandor en el cráter.

El 8 de septiembre, el volcán presentó una exhalación que fue captada por el radar meteorológico y que produjo caída de ceniza en Huaquechula, Puebla. Ese mismo día un episodio de tremor armónico de baja amplitud duró 7 horas. El 21, 23 y 24 de septiembre, se produjeron explosiones que causaron lluvia de ceniza en San Pedro Nexapa, Amecameca, San Lucas Tehuixitlán, Atlautla y Ozumba, y que fueron seguidas por episodios de tremor armónico de baja amplitud.

El 5 de octubre, hubo una erupción explosiva por la noche, después de la cual se vio resplandor en el cráter. El 17 y 24 de octubre, hubo otras explosiones moderadamente grandes. El resto de octubre e inicios de noviembre, el volcán presentó una actividad muy baja. El 9 de noviembre por la madrugada, ocurrió una explosión seguida por 12 minutos de tremor espasmódico. El 19 de noviembre se presentó una exhalación que fue seguida por cinco más de menor tamaño. Estos eventos produjeron una columna de ceniza de 3 km sobre el cráter, que provocó lluvia de ceniza en el sector de Amecameca.

A partir del 22 de noviembre el volcán mostró un incremento sustancial en su actividad. Se detectaron exhalaciones continuas así como episodios de tremor e incandescencia en la boca del cráter. Para el día 23, el nivel de actividad sísmica era mayor que el día anterior, indicando el emplazamiento del noveno domo en el interior del cráter. Se observaron episodios de tremor armónico el día 24 por la mañana que estuvieron intercalados con períodos de calma. El día 25 se presentó una explosión y el 26 cuatro explosiones más, que emitieron columnas de ceniza, por lo que el radio de restricción se incrementó a 7 km del cráter del volcán. El 27 y 28 de noviembre la actividad continuó, con explosiones y emisiones de ceniza que alcanzaron alturas entre 1.5 y 4 km sobre el cráter (Figura 11).



Figura 11 Varias erupciones durante noviembre de 1998

Los días 30 de noviembre y 1° de diciembre ocurrieron siete explosiones con cantidades regulares de ceniza, pero el 2 de diciembre sólo se presentaron tres exhalaciones moderadas, y la buena visibilidad hacia el volcán permitió hacer acercamientos al glaciar, en donde se vieron los cráteres producidos por los fragmentos calientes⁸ (Figura 12).



Figura 12 Acercamientos al glaciar el 2 de diciembre de 1998

El 5 y 6 de diciembre ocurrieron seis exhalaciones con carácter explosivo que produjeron columnas de ceniza de hasta 3 km de altura (Figura 13).



Figura 13 Erupciones del 5 y 6 de diciembre de 1998

El 7 de diciembre se presentaron tres explosiones moderadas y dos más pequeñas. El 8 de diciembre, ocurrieron cinco explosiones pequeñas que produjeron fumarolas de ceniza. El 9 de diciembre ocurren otras dos explosiones pequeñas y se reportó por la madrugada, incandescencia en el cráter. El 10 de diciembre continuó la actividad explosiva. Los días 11 a 16 de diciembre, la actividad se mantuvo con pocas explosiones. El 17 de diciembre, se presentó un explosión fuerte, que lanzó fragmentos incandescentes en la cara norte del volcán (Figura 14), los cuales llegaron hasta 4.5 km de distancia del cráter y provocaron incendios en la zona boscosa.

⁸ Julio-Miranda, P., Delgado-Granados, h., Huggel, C. and Kääb, A., 2008, Impact of the eruptive activity on glacier evolution at Popocatépetl Volcano (México) during 1994–2004, Journal of Volcanology and Geothermal Research 170, p. 86–98.



Figura 14 Erupción del 17 de diciembre de 1998

Del 18 al 21 de diciembre, la actividad del volcán fue baja, presentándose sólo algunas exhalaciones y explosiones menores. El 22 ocurrió una emisión de ceniza importante (Figura 15), que produjo caída de ceniza en el sector noroeste.



Figura 15 Erupción del 22 de diciembre de 1998

El resto de diciembre de 1998, el volcán redujo su actividad explosiva y solo se registraron esporádicas emisiones de ceniza y pequeñas explosiones. Para cerrar el año, el volcán generó un sismo volcanotectónico con magnitud 3.5. Todo el proceso observado a finales de noviembre y diciembre correspondió al crecimiento y destrucción del noveno domo.

1999

A principios de año sólo hubo pequeñas y moderadas exhalaciones y algunos sismos volcanotectónicos con magnitudes entre 2.0 y 3.0 el 15 de enero, así como señales de tremor espasmódico y armónico. Para comienzos de marzo, la actividad del Popocatépetl sufrió un incremento con periodos de tremor armónico de baja amplitud que marcaron un nuevo crecimiento del noveno domo. El 2 de marzo hubo una exhalación moderada que emitió fragmentos incandescentes que no rebasaron la boca del volcán (Figura 16 izquierda). Posteriormente siguieron presentándose algunas exhalaciones moderadas con columnas de gases y cenizas que ascendieron unos 2 km (Figura 16 derecha).



Fiqura 16 erupciones del 2 de marzo de 1999

Los días 12, 13, 18 y 20 de marzo ocurrieron explosiones moderadas con emisión de fragmentos incandescentes sobre el flanco norte del volcán, provocando caída de ceniza en los sectores noreste y sureste, incluyendo la ciudad de Puebla. El 4 de abril ocurrió una explosión que fue escuchada en San Andrés Calpan, Puebla, e inclusive pudo verse la incandescencia. Durante mayo, la actividad se mantuvo en niveles bajos, con pequeñas exhalaciones de gas y vapor de agua. Sin embargo, el 16 de mayo empezaron a ocurrir pequeños flujos ocasionados por la fusión de nieve y hielo del glaciar (Figura 17), como resultado de la presencia del cuerpo caliente del noveno domo en el edificio volcánico.



Figura 17 Derretimiento del glaciar en abril de 1999

El 30 de junio el radio de seguridad cambió de 7 a 5 km por la baja actividad en mayo. El 16 de junio ocurrió un sismo regional con magnitud 6.7, localizado entre Puebla y Oaxaca, que aparentemente no modificó la actividad del volcán. Sin embargo, al día siguiente ocurrieron varios sismos volcanotectónicos con magnitudes >3, localizados debajo del cráter y a profundidades entre 4 y 7 km. El 7 de julio hubo pequeños lahares por las barrancas La Espinera y Tenenepanco, generados por la intensa fusión del hielo y nieve del glaciar norte. Del 27 al 31 de agosto ocurrieron tres exhalaciones de ceniza que cayó sobre Amecameca y Atlautla, Edo. de México, terminando el crecimiento del noveno domo.

En los primeros nueve días de septiembre, ocurrieron cuatro sismos volcanotectónicos con magnitudes entre 2.2 y 3.2, el segundo de los cuales fue sentido en Tochimisolco, Puebla. El resto del mes se caracterizó por leves emisiones de gases y vapor de agua, un sismo volcanotectónico con M 3.2 el 27 de septiembre y dos exhalaciones moderadas el 29 de septiembre, que causaron caída de ceniza en Atlautla y San Juan Tehuixtitlán, Edo. de México. El primero de octubre ocurrió otro sismo regional con magnitud 7.4 en Oaxaca, que aparentemente tampoco afectó al volcán, aunque el 3 y 4 de octubre ocurrieron dos exhalaciones que ascendieron entre 3 y 4 km (Figura 18) y provocaron caída de ceniza en varios pueblos de Morelos y el Edo. de México. El resto del mes la actividad se mantuvo estable.



Figura 18 Erupción del 4 de octubre de 1999

A partir del 3 de noviembre la actividad se incrementó, con episodios de tremor armónico, un sismo volcanotectónico y una exhalación moderada con emisión de gas, ceniza y vapor de agua que ascendió cerca de 3 km. El 11 de noviembre nuevamente se presentaron episodios de tremor armónico que acompañaron el emplazamiento del décimo domo. El resto del mes se caracterizó por baja actividad y algunos sismos volcanotectónicos de magnitud menor que 3.0. En diciembre, la actividad en general fue baja y estable, excepto dos sismos volcanotectónicos los días 1 y 13, con magnitudes menores que 2.5. Sólo el 7 de diciembre se registraron aisladas exhalaciones y un sismo tectónico de magnitud 3.3, que fue sentido en Amecameca y Tlalmanalco, Edo. de México, ubicado a unos 30 km del volcán, cerca de Juchitepec, Edo. de México.

2000

A principios de año solo se observaron de vez en cuando algunas exhalaciones con algo de ceniza, como las del 7, 12 y 20 de enero, y también el número de sismos volcanotectónicos fue bajo. Sin embargo, a partir del 12 de febrero se registraron episodios de tremor armónico, que luego fueron asociados, el 25 de febrero, con el crecimiento en forma de pistón del pequeño cuerpo del décimo domo. Debido al incremento en la actividad, y a la posibilidad de algunas explosiones, se recomendó cambiar el radio de seguridad de 5 a 7 km del cráter.

En marzo continuaron los episodios esporádicos de tremor armónico de baja amplitud, con un ligero incremento en la actividad fumarólica. El 2 de abril se presentó una erupción moderadamente grande, asociada probablemente con el inicio de la destrucción del décimo domo. Los días 17 y 18 ocurrieron eventos con columnas de ceniza parecidas, aunque de menor tamaño (Figura 19). Hacia el final del mes, el incremento de la temperatura ambiental provocó un mayor derretimiento del glaciar y algunos flujos de lodo que bajaron por las cañadas de la zona norte.



Figura 19 Erupciones de abril 2000, que destruyeron el décimo domo

Los días 9 y 10 de mayo ocurrieron tres exhalaciones que los intensos nublados impidieron ver. El 16 ocurrió otra exhalación que produjo una pequeña fumarola con ceniza. Después de una baja considerable de actividad, el volcán produjo otras dos exhalaciones moderadas el 23 de mayo, que causaron caída de ceniza en Ozumba, Tepetlixpa y San Pedro Nexapa, Edo. de México. El 24 se detectó por los instrumentos del CENAPRED un flujo de lodo y rocas que una hora después fue reportado por el puesto militar.

El 6 de junio se presentó una exhalación que depositó ceniza en varias poblaciones del Edo. de México. Ocasionalmente se registraron episodios de tremor armónico de baja amplitud. Los días 18 y 19 se registró una ligera caída de ceniza en Amecameca y Ecatzingo, Edo. de México. La actividad continuó baja hasta final del mes. El 4 de julio, se presentaron dos exhalaciones moderadas que provocaron caída de ceniza en el sector noreste del volcán. La actividad continuó con emisiones de ceniza, microsismos y episodios de tremor armónico de baja amplitud hasta final del mes. Agosto inició con dos microsismos con magnitudes 2.7 y 2.8, los días 2 y 3 respectivamente, así como episodios de tremor armónico de baja amplitud. El día 4 hubo dos exhalaciones que produjeron una

columna de ceniza que alcanzó los 5 km sobre el cráter según reportaron algunas aeronaves, y que representaron la destrucción final del décimo domo. El 10 de agosto, otra exhalación provocó caída de ceniza fina en poblados del Edo. de México. A fin de mes hubo un incremento en el número de exhalaciones, que fueron seguidas por tremor armónico.

Después de un período de relativa calma el Popocatépetl mostró síntomas de actividad a principios de septiembre con el inicio del crecimiento del onceavo domo. Esta actividad consistió en erupciones grandes que eran seguidas de tremor armónico. Además, se observaron anomalías intensas de radiación térmica en el cráter a través de imágenes del satélite GOES de la Universidad de Hawaii. El inicio de la extrusión de lava probablemente ocurrió en la segunda semana de septiembre. Un vuelo sobre el cráter el 15 de septiembre permitió la confirmación visual del pequeño domo, que crecía lentamente. Las exhalaciones de bajo nivel seguidas de tremor continuaron todo el mes. Durante octubre varias erupciones mayores produjeron columnas de ceniza de entre 5 y 6 kilómetros de altura y caída de ceniza en los pueblos vecinos. La explosividad se incrementó el 16 de octubre, cuando pequeños fragmentos incandescentes fueron lanzados del cráter, e iniciaron la destrucción del onceavo domo.

El 1° de noviembre se detectó un enjambre de sismos volcanotectónicos, que comenzó con un sismo de magnitud 3.1, localizado en el sector SE del volcán. Más sismos con magnitudes en el rango de 2.2 a 3.0 continuaron el 3 de noviembre, causando un incremento en el nivel de alertamiento. Esta actividad interna no produjo eventos externos excepcionales, pero inició el crecimiento del doceavo domo, que sería el más grande hasta ahora. El 2 de diciembre se presentó una larga exhalación con emisión de ceniza que duró cerca de 90 minutos (Figura 20). El 6 de diciembre ocurrió un enjambre de seis sismos volcanotectónicos de baja magnitud (M \sim 1.7-2.4), seguido por otro enjambre similar los días 8 y 9 de diciembre. Estos sismos fueron antecedidos por cinco minutos de tremor armónico con la mayor amplitud observada hasta entonces.



Figura 20 Erupción del 2 de diciembre de 2000

La actividad se incrementó el 12 de diciembre, con un gran número de exhalaciones (hasta 200 por día), muchas de ellas con emisiones de ceniza que alcanzaban entre 5 y 6 km de altura (Figura 21). Por la noche era posible observar el resplandor del cráter y la emisión de fragmentos incandescentes. Una actividad similar, pero con menos exhalaciones aunque de mayor duración, se observó del 13 al 15, lo que produjo lluvias de ceniza en poblados cercanos.



Figura 21 Erupciones del 12 de diciembre de 2000

El 15 de diciembre, se detectaron más episodios de tremor armónico de gran amplitud con duraciones de algunos minutos. Ese día, a las 14:04 h, el tremor armónico creció a una asombrosa señal continua, con amplitudes en el nivel de saturación de los instrumentos en todas las estaciones de monitoreo, incluyendo las más lejanas. Estas señales fueron sentidas por la gente a distancias de 12 a 14 km, y fueron registradas por estaciones de la Red Sismológica a distancias de más de 150 km del volcán. Este episodio de tremor armónico duró cerca de 10 horas y fue relacionado con extrusión de magma a una tasa muy alta.

Una dramática caída en el nivel de actividad, ocurrió en la mañana del 16 de diciembre (Figura 22), y fue seguida 16 horas después por una nueva señal de tremor armónico de baja frecuencia y con amplitud creciente. Esta señal también alcanzó niveles de saturación en todas las estaciones de monitoreo sísmico, y duró cerca de 9.5 horas (Figura 23).



Figura 22 Cráter del volcán el 16 de diciembre de 2000



Figura 23 Simogramas del tremor del 16 de diciembre de 2000

Por primera vez desde que se instalaron, los inclinómetros detectaron las señales de tremor contemporáneas con los episodios de gran oscilación. La amplitud de las oscilaciones estuvo en el rango de los 100 µrad, alcanzando amplitudes pico a pico de 200 µrad. Entre el 13 y el 19 de diciembre las lecturas de SO2 hechas con el espectrómetro de correlación ^{(COSPEC) fueron mayores a las} 50,000 ton/día. El 19 de diciembre se llegó a 100,000 t/d, contrastando con el promedio anterior de 5,000 t/d.

En cerca de 25 horas de tremor armónico acumulado, la energía sísmica liberada por el volcán excedió la del resto del año 2000. El análisis de las fotografías aéreas indicó que el domo crecía a una tasa promedio de entre 180 y 200 m³/s, durante los episodios de tremor armónico saturado. Esta tasa de crecimiento era dos órdenes de magnitud mayor que la observada anteriormente. Los episodios de tranquilidad y de tremor armónico de gran amplitud fueron interpretados con el modelo de tiempo predictivo de Shimazaki y Nagata (1980)⁹, lo que permitió pronosticar con anticipación el inicio del siguiente episodio importante de crecimiento del doceavo domo el día 18.

Para el 15 de diciembre, la magnitud de las señales monitoreadas y la tasa tan alta de emisión de lava, que había emplazado el domo más grande observado en el actual episodio de actividad, motivó a las autoridades de Protección Civil a declarar un incremento en el nivel de alertamiento y la definición de un radio de seguridad de 13 km, lo que incluía a varias poblaciones muy vulnerables, como Santiago Xalitzintla y San Pedro Benito Juárez, Puebla. La evacuación preventiva de sus habitantes comenzó la noche del 15 de diciembre. La decisión de qué poblados deberían ser evacuados fue tomada por las autoridades a nivel estatal y municipal, lo que hizo que algunas poblaciones fuera del radio de seguridad de 13 km, también fueran evacuadas por decisión de los alcaldes. Cerca de 41,000 personas abandonaron el área. Aproximadamente la mitad fueron movilizados por las autoridades de Protección Civil. Cerca de 14,000 aceptaron ser transportados a albergues, en donde se quedaron por hasta 10 días. Los otros evacuados se hospedaron con parientes o amigos (Figura 24).



Figura 24 Evacuación de diciembre 2000

⁹ Shimazaki, K., and; Nagata, T. (1980). Time-predictable recurrence model for large earthquakes, Geophysical Research Letters 7, 279-282.

El volumen total de lava fresca acumulada en el interior del cráter del volcán Popocatépetl el 18 de diciembre se estimó entre 15 y 19 millones de m³. Este valor excedió al de todos los volúmenes combinados de los domos anteriores. De hecho, el crecimiento vertical estimado para el doceavo domo fue tal que otras 20 ó 30 horas más de crecimiento habrían hecho que la parte más alta del domo alcanzara el nivel más bajo del borde del cráter, lo que habría incrementado la probabilidad de un desbordamiento del domo (Figura 25).



Figura 25 Doceavo domo el 17 diciembre de 2000

Como lo anticipó el modelo, después de un período de tres días de relativa calma el 18 de diciembre por la tarde comenzó una nueva erupción. Las erupciones del 18 y 19 de diciembre, aunque de relativa baja explosividad y larga duración, lanzaron grandes cantidades de fragmentos incandescentes en los flancos del volcán, en tres diferentes episodios (Figuras 26 y 27).

Estas erupciones fueron transmitidas en vivo por los medios de comunicación, que para ese entonces habían instalado cámaras especiales alrededor del volcán.



Figura 26 Erupciones del 18 de diciembre de 2000



Figura 27 Erupciones del 19 de diciembre de 2000

Después del 19 de diciembre, la actividad disminuyó considerablemente y no ocurrió el siguiente período de crecimiento del domo, esperado para el 23 con base en el modelo, lo que indicó que la tasa de suministro de magma había cambiado (Figura 28).



Figura 28 Doceavo domo, 20 y 23 de diciembre de 2000

La primera explosión de destrucción del doceavo domo ocurrió el 24 de diciembre, y lanzó fragmentos incandescentes a 2.5 km del volcán, produciendo una columna de ceniza de aproximadamente unos 5 km sobre el cráter (Figura 29).



Figura 29 Erupción del 24 de diciembre de 2000

2001

En una fotografía tomada por la SCT el 13 de enero pudo verse el doceavo domo parcialmente destruido y desinflado (Figura 30). Confiando en haber establecido la naturaleza y tamaño del episodio y los límites esperados de actividad futura, se recomendó la reducción del radio de seguridad a 12 km. No hay pueblos localizados dentro de este radio, por lo que la gente pudo regresar a sus casas.



Figura 30 Doceavo domo parcialmente destruido, 13 de enero de 2001

El 22 de enero quedó claro que esa decisión pudo haber sido prematura. A las 14:58 h se presentó un sismo volcanotectónico de magnitud 2.8 localizado al este del cráter. Diecisiete minutos después inició una exhalación de vapor de agua que alcanzó 1 km de altura. Una hora más tarde comenzó una exhalación grande de ceniza que pocos minutos después incrementó su explosividad, generando flujos piroclásticos de ceniza (Figuras 31 y 32) que descendieron por varias de las cañadas del volcán hasta distancias estimadas de 4 a 6 km.



Figura 31 Flujos piroclásticos bajando por las laderas el 22 de enero de 2001

Los flujos que pasaron sobre el glaciar removieron cerca de 1 millón de metros cúbicos de hielo, esencialmente destruyendo completamente el glaciar¹⁰, para transformarse en lahares o flujos de lodo (probablemente al incorporar hielo del glaciar)¹¹, los cuales descendieron otros 15 km, deteniéndose a sólo 1 km de la población de Santiago Xalitzintla¹². Los lahares acarrearon bloques de hasta 0.5 m de diámetro. El ancho promedio del flujo fue de unos 7 metros (Figura 33).



Figura 32 Depósitos de flujos piroclásticos en el cono, y su transformación a lahares



Figura 33 Depósitos de lahares en la barranca La Espinera

¹⁰ Julio Miranda, P., González–Huesca, A.E., Delgado-Granados, H. and Kááb-Zurich, A., 2005, Glacier melting and lahar formation during January 22, 2001 eruption, Popocatépetl volcano (Mexico), Z. Geomorph. N.P., Suppl.-Vol.1, p. 93 - 102 11 Delgado Granados, H., Julio Miranda, P., Huggel, C., Ortega del Valle, S. and Alatorre Ibargüengoitia, M.A., 2007, Chronicle of a death foretold: Extinction of the small-size tropical glaciers of Popocatépetl volcano (Mexico), Global and Planetary Change 56, p. 13–22. 12 Tanarro L.M., Andrés N., Zamorano J.J., Palacios D. and Renschler, C.S., 2010, Geomorphological evolution of a fluvial channel after primary lahar deposition: Huiloac Gorge, Popocatépetl volcano (Mexico), Geomorphology 122, p. 178–190.

A las 16:40 h la columna eruptiva tenía una altura de 8 km sobre el nivel del cráter Se reportó caída de ceniza en Santiago Xalitzintla. Se trató de una erupción con un Índice de Explosividad Volcánica (VEI) de 3 a 4 (Figura 34). El 29 y 30 de enero el volcán presentó otras exhalaciones con carácter explosivo, que lanzaron pequeños fragmentos sobre la ladera oriental del volcán. Estas exhalaciones y explosiones no removieron más del 10-20% del volumen del doceavo domo, por lo que el antiguo cráter quedó prácticamente relleno hasta el borde¹³, aunque con un cráter interno de unos 320 m de diámetro.



Figura 34 Erupción VEI 3 a 4 del Popocatépetl vista desde el CENAPRED

A partir de marzo se observó el crecimiento de dos pequeños domos de lava (13 y 14), cuya interacción con el agua de fusión generada por las fuertes nevadas provocaron exhalaciones de vapor de agua continuas y episodios de tremor armónico de varias horas por día, pero de baja amplitud. Estos fueron destruidos por ocho explosiones y 14 exhalaciones con cenizas que ocurrieron entre mayo y julio.

Pequeños episodios de menos de dos días con incremento en el número de exhalaciones en los meses de agosto y septiembre, fueron correlacionados con la formación de los domos 15 y 16 (Figuras 35 y 36), que fueron destruidos por pérdida de volumen debido a desgasificación, lo que indica que se trató de lava muy escoriacea, además de pequeñas explosiones como la ocurrida el 4 de octubre.

¹³ Macías & Siebe, 2005, Popocatépetl's crater filled to the brim: significance for hazard evaluation; Journal of Volcanology and Geothermal Research 141, p. 327–330



Figura 35 Domo 15, 20 agosto de 2001



Figura 36 Domo 16, 20 septiembre de 2001

Mediante los vuelos realizados el 23 de octubre y el 21 de noviembre de 2001 se pudo observar el crecimiento del pequeño domo 17 sobre el remanente de los domos anteriores (Figura 37), y que alcanzó unos 130 m de diámetro.



Figura 37 Pequeño domo 17 anidado sobre el domo 16 en el cráter interior; 21 de noviembre de 2001

La actividad a principios de diciembre fue moderada, con menos de 30 pequeñas exhalaciones de vapor de agua diarias. Del 10 al 12 de diciembre el Popocatépetl incrementó su actividad, produciendo exhalaciones pequeñas que arrojaron fragmentos incandescentes hasta distancias de 1 km alrededor del volcán (Figura 38). En total se registraron 218 exhalaciones de intensidad pequeña a regular, iniciando la destrucción del domo 17.



Fiqura 38 Erupción del 11 de diciembre de 2001

El 12 de diciembre también se registraron dos microsismos volcanotectónicos a las 12:49 y 12:51 h, ambos de magnitud 2.2 y profundidad de 5 km, ubicados a 2 km al norte del cráter. Un vuelo sobre el cráter verificó el nuevo crecimiento del domo 17, que alcanzó aproximadamente 190 m de diámetro (Figura 39).



Figura 39 Domo 17 creciendo en el interior del cráter interno; 11 de diciembre de 2001

Hasta el 17 de diciembre el promedio de exhalaciones se mantuvo alrededor de 20 diarias. Ese día se registró un pequeño evento explosivo que produjo una columna de ceniza de aproximadamente 1 km de altura, con algunos fragmentos incandescentes expulsados a una distancia no mayor de 500 metros (Figura 40). Asimismo, se detectaron episodios de tremor armónico de baja amplitud por un total de menos de dos horas.



Figura 40 Explosión del 17 de diciembre de 2001

El 18 de diciembre se presentó una explosión que lanzó fragmentos incandescentes hasta una distancia estimada de 1 km en el flanco noreste y produjo una columna de ceniza con una altura de 2.5 km. Al día siguiente se presentaron diversas exhalaciones cortas y de moderada intensidad que produjeron columnas de ceniza de 1.5 km de alto. También hubo episodios cortos de tremor armónico de amplitud variable, intercalados con pequeñas exhalaciones. Finalmente, se presentó una explosión que lanzó fragmentos balísticos incandescentes hasta una distancia de 2 km (Figura 41).



Figura 41 Explosión del 19 de diciembre de 2001

Las señales de tremor armónico de baja amplitud se mantuvieron hasta el día 21 de diciembre, sumando en total 11 horas. Ese día también se registraron dos microsismos volcanotectónicos de magnitud 2.3 y 2.6 respectivamente, localizados a 5 km bajo el cráter y en el sector este. Al día siguiente, el Popocatépetl presentó una explosión que emitió una columna de ceniza de 2.5 km de altura. No fue posible observar claramente la emisión de fragmentos balísticos incandescentes debido a nublados pero, por la señal sísmica, este evento fue similar al del día 19, culminando la destrucción del domo 17 (Figura 42).



Figura 42 Erupción del 22 de diciembre de 2001

Hasta diciembre 25 el volcán se mantuvo con alrededor de 15 exhalaciones diarias en promedio. Ese día y hasta el 28 se registraron diversos episodios de tremor armónico de baja amplitud, que sumaron cerca de 4 horas. El día 29 se presentó una erupción moderada que alcanzó 4 km sobre el cráter (Figura 43) y que fue la última del año, aunque los episodios de tremor armónico continuaron.



Figura 43 Erupción de la madrugada del 29 de diciembre de 2001

2002

Hasta enero 6 se tuvieron en promedio 10 exhalaciones diarias, y se acumularon en diversos episodios nueve horas de tremor armónico. El 7 de enero se registró un microsismo volcanotectónico de magnitud 2.6, localizado en el sector sureste y a 3.3 km bajo la cima del volcán. El 8 de enero ocurrieron dos exhalaciones con pequeñas cantidades de ceniza que apenas se elevaron unos 800 metros sobre el cráter y que fueron rápidamente dispersadas por el viento (Figura 44).



Figura 44 Erupción del 8 de enero de 2002

El 11 de enero se registró una erupción de baja amplitud, que produjo una columna de ceniza de 500 metros de altura, y que fue precedida por 1.5 horas de tremor armónico de baja amplitud (Figura 45)



Figura 45 Erupción del 11 de enero 2002

En una fotografía tomada el mismo 11 de enero (Figura 46) se observó que el domo 17, emplazado entre octubre y diciembre de 2001, estaba ya destruido parcialmente y degasificando.



Figura 46 Domo Q destruido y desgasificando, 11 enero de 2001

Hasta el 22 de enero la actividad fue mínima, promediando unas 10 exhalaciones de vapor de agua y gas diarias. El 23 se presentó tremor continuo acompañado por emisión de ceniza intercalada por pequeñas explosiones, que arrojaron fragmentos incandescentes a distancias cortas del cráter (Figura 47). Esta actividad se debió al emplazamiento del domo 18. Imágenes satelitales muestran claramente la extensión de la fumarola de ceniza (Figura 48).



Fiqura 47 Emisión continua del 23 de enero 2002



Figura 48 Imagen de satélite mostrando la extensión de la pluma el 23 de enero de 2002

En una fotografía aérea realizado por la SCT el 24 se pudo observar el domo de lava 18, de unos 180 m de diámetro por 50 m de altura (Figura 49).



Figura 49 Domo 18 el 24 de enero de 2002

Del 3 al 15 de febrero se registraron ocho microsismos volcanotectónicos de magnitudes menores que 2.6, ubicados bajo el cráter. El promedio de exhalaciones diario se mantuvo por debajo de 20. Se registraron episodios esporádicos de tremor armónico de baja amplitud, con una duración total de siete horas. El 9 de febrero ocurrieron 32 exhalaciones de baja intensidad acompañadas por emisiones leves de vapor, gas y ocasionalmente cenizas (Figura 50).



Figura 50 Leve emisión de ceniza el 15 de febrero de 2002

El 19 de febrero hubo frecuentes exhalaciones acompañadas de vapor de agua, gas y pequeñas cantidades de ceniza. También ocasionalmente pequeñas explosiones que arrojaron fragmentos incandescentes a distancias cortas del cráter, lo cual pudo ser apreciado visualmente. Asimismo, se registraron aislados episodios de tremor armónico. Se recibieron reportes de leve caída de ceniza en Paso de Cortés. Al día siguiente se registraron 48 exhalaciones de intensidad pequeña a moderada, algunas de las cuales lanzaron fragmentos incandescentes a distancias menores a 1 km del cráter, destruyendo parcialmente el domo 18. También se registraron aislados episodios de tremor.

El 21 de febrero hubo 31 exhalaciones pequeñas a moderadas, acompañadas de vapor de agua y gas. El 23 se observaron segmentos de tremor armónico de baja amplitud y corta duración. Finalmente, el 24 se registró una explosión que arrojó fragmentos incandescentes que, después de alcanzar unos 200 m de altura, volvieron a caer dentro del mismo cráter. La emisión de ceniza alcanzó 700 m de altura. Más tarde se registró menos de una hora de tremor armónico.

Entre el 25 y el 28 se acumularon dos horas más de tremor armónico de baja amplitud y tres microsismos volcanotectónicos de magnitud menor que 2.0. El 28 se registró tremor armónico de baja a mediana amplitud con duración aproximada de seis horas. Esta actividad acompañó un nuevo crecimiento del domo 18. A principios de marzo la actividad disminuyó sensiblemente, promediándose menos de siete exhalaciones de vapor de agua y gas cada día. El 4 de marzo se presentó un sismo volcanotectónico de magnitud 2.3, ubicado a 8 km al sureste del cráter y 3.7 km de profundidad. Una fotografía tomada el 7 de marzo (Figura 51) mostró que el domo 18 había cubierto totalmente los restos del domo 17.



Figura 51 Domo 18 el 7 de marzo de 2002

El 10 de marzo se registraron episodios de tremor armónico que en total sumaron 1.5 horas, pero hasta el 20 de marzo la actividad fue mínima, con menos de 20 exhalaciones de vapor de agua y gas diarias. Ese día se empezaron a registrar episodios de tremor armónico de baja amplitud que para el 25 sumaban más de cuatro horas. Los siguientes días el número de exhalaciones aumentó hasta promediar 42 el día 26, y para el 28 se habían acumulado otras ocho horas de tremor armónico. El día 29 el número de exhalaciones disminuyó a menos de 10 diarias. La actividad se mantuvo baja hasta el 8 de abril, día en que se registró una explosión en la cual se pudo observar un poco de incandescencia. Se supone que siguiendo a esta erupción, se inició el emplazamiento del domo 19, que tuvo un crecimiento sumamente lento.

Del 10 al 28 de abril se presentaron diversos episodios de tremor armónico que en total sumaron 14 horas. Para entonces el promedio de exhalaciones diarias había aumentado a más de 40 (Figura 52). También se registraron cinco microsismos volcanotectónicos de magnitudes menores que 3.0, localizados a más de 4 km bajo el cráter.



Figura 52 Exhalación de baja intensidad del 21 de abril de 2002

El 29 de abril se presentaron 61 exhalaciones, que generaron una pluma casi continua que los vientos dispersaron hacia el suroeste generando caída de ceniza fina en San Pedro Nexapa y algunos sectores del municipio de Ecatzingo, Edo. de México. Esa noche, las condiciones de luz contrastadas por la noche permitieron observar una pequeña explosión que lanzó fragmentos incandescentes a unos 500 m del cráter (Figura 53). También se registraron episodios aislados de tremor armónico de baja amplitud así como algunos episodios de tremor espasmódico de amplitud moderada que no produjeron ningún tipo de manifestación externa.



Figura 53 Explosión pequeña del 29 de abril 2002

En una fotografía aérea tomada el mismo 29 de abril se observó el pequeño domo 19 con 170 metros de diámetro, creciendo como un pitón sobre los restos del anterior domo 18 (Figura 54).



Figura 54 Pequeño domo 19 (rojo) creciendo como pitón en el interior del domo 18 (amarillo) el 29 de abril de 2002

El 1° de mayo se registraron 41 exhalaciones de baja a moderada intensidad, acompañadas por vapor de agua, gas y ocasionalmente pequeñas cantidades de ceniza. También se registraron episodios aislados de tremor armónico y espasmódico de baja amplitud, acumulando menos de una hora.

Hasta mayo 11 el promedio de exhalaciones diarias se mantuvo alrededor de 20 y se presentaron nueve sismos volcanotectónicos de magnitud menor que 3.0 a profundidades mayores a los 3 km. Se sumaron también más de 3 horas de tremor armónico, acompañando el inicio del emplazamiento del domo 20, simultáneamente con el inicio de la destrucción del domo 19.

El 12 de mayo se registraron 44 exhalaciones de baja intensidad y 12 de regular intensidad que fueron acompañadas por ceniza. Poco después una explosión lanzó fragmentos incandescentes a menos de 500 metros del cráter. Se reportó caída de arenilla en Tetela del Volcán, Morelos. Al día siguiente se registraron 52 exhalaciones de baja a regular intensidad y el 14 se incrementó a 124 exhalaciones acompañadas en ocasiones por ligeras cantidades de ceniza mientras que el día 15 se presentaron 82, culminando la destrucción del domo 19.

El 16 de mayo se registraron 65 exhalaciones de baja a moderada intensidad, acompañadas ocasionalmente por leves cantidades de ceniza. Asimismo, se registraron 18 eventos volcanotectónicos. Al primero de ellos se le calculó una magnitud de 3.7; los demás tuvieron magnitudes menores que 2.5, a profundidades de 3 a 5 km debajo de la cima. Adicionalmente, se registraron episodios de tremor armónico de baja amplitud, que acompañaron el crecimiento del domo 20

El día 18 se registró una exhalación seguida de 15 minutos de tremor, que produjo caída de ceniza fina en San Pedro Benito Juárez. Posteriormente una pequeña explosión lanzó fragmentos incandescentes a menos de 200 metros del cráter. Asimismo, se detectaron algunos episodios de tremor armónico de baja a moderada amplitud, para un total de dos horas.

Se mantuvo un promedio de 40 exhalaciones diarias hasta el 21 de mayo, en que se registró una pequeña explosión seguida por tremor espasmódico, que produjo una columna eruptiva cuya altura no pudo ser confirmada por falta de visibilidad, pero se recibieron reportes de caída de ceniza en San Pedro Benito Juárez y algunas partes de la ciudad de Puebla. Desde entonces y hasta fines de mayo el nivel de actividad disminuyó hasta promediar menos de 20 exhalaciones de vapor de agua y gases diarias, aunque todavía se detectaron algunos segmentos de tremor armónico y pequeños sismos volcanotectónicos. Toda esta actividad estuvo asociada al crecimiento y posterior destrucción del domo 20, como lo mostró una fotografía tomada el 22 de mayo (Figura 55).

Después de varias semanas con poca actividad, el 17 y 18 de junio el Popocatépetl registró dos erupciones que produjeron columnas eruptivas de más de 2 km de altura sobre el cráter, destruyendo el domo 20, y que fueron seguidas por tremor espasmódico que el día 18 persistió por ocho horas.



Figura 55 Domo 20, parcialmente destruido para el 22 de mayo de 2002

La actividad se mantuvo estable, con menos de 20 exhalaciones diarias, hasta que el 27 de junio se presentó una exhalación que fue acompañada por ceniza y que alcanzó una altura de 2 km. Asimismo, se registraron episodios aislados de tremor armónico de baja a moderada amplitud, acumulando un total aproximado de una hora y media. Hasta el fin de junio se mantuvo un nivel bajo de actividad, con menos de 10 exhalaciones de vapor de agua y gas al día, aunque en ocasiones se presentaron episodios de tremor armónico que sumaban hasta una hora diaria. A principios de julio se siguieron presentando esporádicas exhalaciones con pequeñas cantidades de cenizas, promediando menos de 10 diarias (Figura 56).



Figura 56 Pequeña exhalación con cenizas del 3 de julio de 2002

Entre el 3 y el 20 de julio se acumularon 50 horas de tremor armónico de baja amplitud y numerosos sismos volcanotectónicos de magnitud menor que 3.0. En todo este tiempo se mantuvo un promedio de 10 a 20 exhalaciones diarias. El 22 de julio se presentaron 43 pequeñas exhalaciones. Al día siguiente se dieron 80 y el 25 hubo 55 exhalaciones, la mayor acompañada por una columna de ceniza que alcanzó poco menos de 2 km sobre el cráter (Figura 57).

Entre el 2 y el 12 de agosto se registraron 101 horas de tremor armónico de baja amplitud además de un promedio de dos sismos volcanotectónicos diarios, acompañando el emplazamiento del domo 21. Sin embargo, sólo hubo menos de 20 exhalaciones diarias.



Figura 57 Erupción del 25 de julio de 2002

Entre el 15 y el 17 de agosto se presentaron 196 exhalaciones de vapor de agua, gas y pequeñas cantidades de ceniza. También se detectaron episodios de tremor armónico y espasmódico, con amplitudes reducidas. Entre el 20 y el 29 de agosto se sumaron otras 20 horas de tremor armónico de amplitud variable, manteniendo un promedio de entre 20 y 30 exhalaciones diarias. Sin embargo, el domo 21 perdió volumen por desgasificación, debido a su carácter escoriáceo.

Del 30 de agosto al 2 de septiembre se presentó un total de 170 exhalaciones de pequeña a moderada intensidad acompañadas por pequeñas cantidades de ceniza, pero el día 3 disminuyó a menos de cinco. El 5 de septiembre se detectaron cuatro microsismos volcanotectónicos de magnitud menor que 3.0, uno localizado bajo el cono volcánico y tres más localizados a 7 km del cráter, en el sector sureste. Las profundidades de todos estos eventos se mantuvieron entre 3.8 y 4.3 km. El 9 de septiembre se incrementó nuevamente el número de exhalaciones diarias a 21 y se registraron episodios de tremor armónico de amplitud variable acumulando un total de 11 horas, acompañando un último episodio de crecimiento del domo 21.

El 6 de noviembre, después de varias semanas de poca actividad, se presentó una erupción que produjo una columna eruptiva que alcanzó los 4 km de altura sobre el nivel del cráter y que según reportes de aeronaves se dirigió ligeramente hacia el Norte. Se reportó caída de ceniza en varios pueblos de Morelos. La actividad del volcán durante el resto de noviembre estuvo caracterizada por

la ocurrencia de esporádicas exhalaciones acompañadas por emisiones de vapor de agua y gas. Asimismo, se registraron algunos microsismos volcanotectónicos y cortos episodios de tremor armónico de baja amplitud. En una fotografía aérea del 18 de noviembre no se distinguió la presencia de algún domo, probando que el domo 21 había sido totalmente destruido por la erupción del 6 de noviembre.

A partir del 23 de noviembre el sistema de monitoreo registró un ligero incremento en la amplitud de las señales sísmicas, particularmente las correspondientes al tremor armónico. El 2 de diciembre nuevamente se obtuvo una fotografía aérea del interior del cráter (Figura 58) en la cual claramente pudo verse el domo de lava 22, de 180 m de diámetro y 40 m de altura aproximadamente.



Figura 58 Domo 22 en el fondo del cráter interno, 2 de diciembre de 2002

Los días 9 y 10 de diciembre se registraron periodos continuos de tremor armónico con duración hasta de seis horas, señales que pudiesen estar asociadas con el crecimiento del domo 22. El 18 hubo una exhalación que generó una columna de ceniza de 2 km de altura sobre el cráter y que fue seguida de tremor espasmódico. Posteriormente, se registraron dos explosiones con emisión de ceniza de más de 5 km de altura, las cuales provocaron la ruptura final del domo 22, lanzando fragmentos incandescentes hasta 1.5 km alrededor del cráter. Del 18 al 23 de diciembre se presentó el emplazamiento de otro domo pequeño (No 23), que se destruyó el día 23 mediante una explosión que lanzó fragmentos incandescentes hasta 1 km del cráter y causó una nube de ceniza de más de 2 km de altura.

ZOO3

El 3 de enero se inició el rápido crecimiento del domo 24, seguido el 9 de enero por una explosión que generó una columna eruptiva de 3 km de altura. La erupción fue precedida por un evento volcanotectónico de magnitud 3.2 localizado al sureste del volcán a una profundidad de 4 km.

El 16 de enero se presentó una señal de tremor armónico. Esta actividad se asoció al crecimiento del domo 25. En una fotografía aérea tomada el 17 de enero, se pudo observar que el domo tenía aproximadamente 80 m de diámetro y 33 m de altura, con un volumen estimado de 40,000 m³. Con base en la duración del tremor armónico, se estima que la tasa de salida del material fue de 110 m³/s. El 22 también hubo tremor armónico.

El 4 de febrero hubo una erupción explosiva, que arrojó hasta 2 km del cráter fragmentos incandescentes y generó una columna de ceniza de 2 km de altura. A partir del día siguiente se observaron diversas exhalaciones cortas y de baja a moderada intensidad con emisiones de ceniza. Los días 7 y 8 de febrero también se generaron explosiones pequeñas.

El 14 de febrero se registró una explosión grande, que lanzó fragmentos balísticos incandescentes alrededor del cráter a distancias de hasta 3 km. El material incandescente cubrió prácticamente todas las laderas del edificio volcánico, y se generó una densa columna eruptiva que alcanzó una altura de 5 km. Los fragmentos emitidos provocaron incendios en la zona de pastizales. Los días 16 y 20 también hubo explosiones pequeñas. Del 21 al 23 de febrero se registraron cinco explosiones grandes que produjeron columnas de ceniza con alturas de 2 a 4 km, así como caída de fragmentos incandescentes sobre el cono del volcán, que nuevamente provocaron incendios aislados en los pastizales. Se reportó caída de ceniza en la zona conurbada de la ciudad de Puebla en la salida hacia Atlixco

Esta actividad estuvo asociada con la destrucción del domo 25, que alcanzó un volumen aproximado de 800,000 m³ de lava. Posteriormente en enero, de acuerdo con fotografías aéreas proporcionadas por la SCT, este domo sufrió una subsidencia producto de un proceso de desgasificación y destrucción parcial, reduciéndose aproximadamente a 300,000 m³.

Cabe mencionar que los eventos registrados a partir del día 21 tuvieron lugar en presencia de fuertes vientos de hasta 96 km/h, que arrastraron las columnas de ceniza y el polvo levantado por los impactos balísticos, lo que fue confundido por observadores con flujos piroclásticos.

A partir de los primeros días de abril se registró un incremento en la duración de los episodios de tremor armónico, llegando a siete horas el 16 de abril y manteniendo una duración similar en días subsiguientes. Esta actividad y la acumulada durante los meses pasados, elevó el nivel del piso del cráter hasta unos 30 m abajo del labio inferior del cráter, posiblemente por la intrusión de un criptodomo.

El 17 se registró una serie de explosiones moderadas, con proyectiles balísticos incandescentes en las cercanías del cráter y emisiones de ceniza. A lo largo de este episodio se registraron seis sismos volcanotectónicos y episodios de tremor. Adicionalmente a las explosiones, se presentaron exhalaciones que sólo emitieron pequeñas cantidades de vapor de agua.

El 28 de abril, se registró una explosión moderada en el cráter, que arrojó fragmentos incandescentes sobre los flancos este y noreste del volcán, hasta una distancia aproximada de 800 m. Poco después se inició un episodio de tremor armónico de amplitud moderadamente grande. Otras manifestaciones asociadas al emplazamiento fueron un aumento en los niveles de emisión de SO₂ observados en abril 23, que duplicaron el promedio de los meses anteriores. Asimismo, se observaron deformaciones de pequeña amplitud, y el monitoreo geoquímico realizado entre febrero y abril mostró un ligero incremento de influencia magmática en las características químicas de los manantiales, lo que confirmó que esta actividad estuvo asociada al emplazamiento del domo 26.

La actividad descrita motivó a las autoridades de Protección Civil a subir el nivel del semáforo de alerta volcánica a Amarillo Fase 3, a partir del 29 de abril.

El 10 de mayo el sistema de monitoreo detectó ocho cortas exhalaciones de baja intensidad acompañadas por leves emisiones de vapor de agua y gas, además de frecuentes episodios de tremor armónico de moderada amplitud, que sumaron más de cuatro horas. Se registró un microsismo volcanotectónico de magnitud 2.6, ubicado a 6 kilómetros bajo el cráter. Del 29 de abril al 30 de mayo se detectaron numerosos episodios de tremor armónico que sumaron 95 horas. Sin embargo, una fotografía del 19 de mayo no mostró la presencia de un nuevo domo de lava sobre el piso del cráter del volcán (Figura 59). Esta actividad probablemente representó la destrucción final del domo 26.

Figura 59 El cráter el 19 de mayo de 2003 Nótese el fondo en embudo, sin presencia de domos

Para el 26 de junio el domo 26 había sido desalojado por completo, dejando un pequeño cráter dentro del cráter remanente de las erupciones de diciembre de 2000 y enero de 2001, que a su vez se ubica en el fondo del cráter principal del volcán. La profundidad de este pequeño cráter era de 70 a 80 metros bajo el nivel del piso del cráter principal.

El 1° de julio se registró una explosión de intensidad moderada. Al momento del evento no había visibilidad debido a las nubes, sin embargo por los registros obtenidos la explosión seguramente lanzó fragmentos incandescentes en las cercanías del cráter. De acuerdo con reportes de observadores en Paso de Cortés y en Amecameca, se escuchó un fuerte estruendo derivado de la explosión. El 2 de julio se presentó otra erupción de moderada intensidad, que generó una columna de 3.5 km de altura sobre el cráter (Figura 60).

El 15 de julio ocurrió una erupción de carácter explosivo de intensidad moderada que produjo una columna de ceniza con una altura estimada de 3 km, que fue seguida por una señal de tremor de 20 minutos. El 19 se registró otra explosión que lanzó fragmentos incandescentes a una distancia de 1 km y generó una densa columna de ceniza que alcanzó una altura de 3 km. De acuerdo con reportes de observadores en Paso de Cortés y en Amecameca, se escuchó un fuerte estruendo derivado de la explosión (Figura 61).

Figura 60 Erupción del 2 de julio de 2003

Figura 61 Erupción del 19 de julio de 2003

El 25 de julio hubo otra explosión que probablemente lanzó fragmentos alrededor del cráter. Al momento del evento las nubes impidieron la visibilidad hacia el volcán. Sin embargo, reportes de pobladores de Amecameca y Puebla informaron que se escuchó un fuerte estruendo. Hubo caída de ceniza en Paso de Cortés y en varias poblaciones del Estado de México.

Una fotografía tomada el 6 de agosto mostró el cráter interno formado tras la destrucción del domo 26 (Figura 62). A partir de agosto la actividad del volcán comenzó a decrecer, el número de exhalaciones diarias disminuyó de un promedio de 40 en julio a menos de 10 por día. La actividad más importante durante agosto consistió en una pequeña explosión el día 13, y la presencia de 60 y 80 exhalaciones de baja a moderada intensidad los días 23 y 28, respectivamente, actividad que estuvo relacionada con la vaporización asociada a las intensas lluvias que se registraron en el volcán

en los días anteriores. En septiembre y hasta finales de 2003 la actividad del volcán continuó con un marcado decremento hasta registrarse un promedio de una a tres exhalaciones pequeñas diarias.

Figura 62 Cráter formado tras la destrucción del domo 26; 6 de agosto de 2003

2004

Para el 24 de marzo de 2004 el Secretario de Gobernación, Titular del Sistema Nacional de Protección Civil, anunció la reducción del nivel del semáforo de alerta volcánica de Amarillo Fase 2 a Amarillo Fase 1. Durante el año 2004 el volcán se caracterizo por actividad sísmica baja, no se detectaron deformaciones significativas, los cambios geoquímicos de las aguas de los manantiales no fueron relevantes y no se observaron cambios morfológicos importantes en el interior del cráter del volcán (Figura 63). En el mes de diciembre de 2004 se observó un ligero incremento en la actividad, ya que los días 19 y 28 se registraron dos exhalaciones que produjeron emisiones visibles con bajo contenido de ceniza.

Figura 63 Cráter interno con pequeñas fumarolas en el fondo; 14 de abril de 2004

2005

En enero de 2005 ocurrieron exhalaciones moderadas producto de actividad freática los días 9 y 22. Se reportó caída leve de cenizas en Cuautla y en San Martín Texmelucan. En fotografías del interior del cráter, tomadas el 14 de enero de 2005 (Figura 64), se observó una depresión en el cráter interno.

Figura 64 Fotografías del cráter interno 14 enero 2005 Foto R. Quaas

El 9 de marzo ocurrió otra erupción moderada que produjo una columna eruptiva de 500 m de altura y causó leve caída de ceniza en Huejotzingo, Puebla. Del 20 de abril al 1° de mayo se registraron varios episodios de tremor que acompañaron el emplazamiento del domo 27, el primero después de la pausa de 2004.

El 12 de mayo se detectaron dos erupciones de baja intensidad. La primera de ellas fue seguida de tremor de baja amplitud, y produjo una columna eruptiva con ceniza fina que alcanzó los 2 km sobre el cráter. Posteriormente, se presento tremor de baja amplitud, seguido por la segunda exhalación.

El 29 de julio se registraron dos explosiones moderadas que arrojaron material incandescente a una distancia de 1 km y destruyeron el domo 27 (Figura 65). Estos eventos fueron precedidos, acompañados y seguidos por tremor espasmódico de baja amplitud y produjeron caída de ceniza en Amecameca y Milpa Alta.

Figura 65 Erupción del 29 de julio que destruyó el domo 27

Al día siguiente, 30 de julio, se registró tremor espasmódico asociado a una emisión de ceniza de 2 km de altura, pero que no presentó explosividad a diferencia de los eventos del día anterior. Esta actividad marcó el inicio del lento crecimiento del domo 28. Durante agosto y septiembre se presentaron diversos episodios de tremor armónico, y el muestreo geoquímico del 10 de octubre mostró un aumento en el contenido de boro en los manantiales, señal que suele acompañar el emplazamiento de domos en el cráter. Durante el mismo mes de octubre se registraron tres exhalaciones pequeñas acompañadas por emisiones de vapor de agua, gas, y ocasionalmente ligeras cantidades de ceniza. A principios de noviembre se registraron otras ocho exhalaciones similares. El 11 de noviembre, un observador confirmó la presencia del pequeño domo de lava 28 en el fondo del cráter. A fines de noviembre se incremento la tasa de exhalaciones diarias a alrededor de 30, pero aunque su señal sísmica era de relativa gran amplitud, solo se emitieron ligeras cantidades de vapor y casi nada de ceniza.

El 1° de diciembre se produjo una erupción moderadamente grande, que generó una columna eruptiva de aproximadamente 5 km sobre el cráter y fue seguida de tremor espasmódico por 30 minutos durante los cuales siguió emitiendo ceniza. Se reportó caída de ceniza en Amecameca y en la ciudad de Puebla.

2006

Los días 25 y 26 de enero se presentaron dos explosiones, que pusieron fin al crecimiento del domo 28. Del 6 de marzo al 8 de mayo se presentaron diversos episodios de tremor armónico que acompañaron el emplazamiento del pequeño domo 29, de lento crecimiento. Hasta junio la actividad se caracterizó por la ocurrencia de pequeñas exhalaciones acompañadas por emisiones de vapor de agua, gas y sólo muy ocasionalmente por ceniza. El promedio en el número de exhalaciones fue de 10 por día, destacando los días 12 de abril, 6 y 23 de mayo, con entre 50 y 60 exhalaciones diarias. Los días 12 de abril y 23 de mayo se presentaron exhalaciones seguidas de tremor espasmódico, que produjeron columnas con bajo contenido de ceniza, que no alcanzaron los 2 km de altura sobre el cráter, eventos que se relacionaron principalmente a actividad freática asociada a la interacción del domo 29 con agua de fusión.

Asimismo, se registraron episodios cortos y esporádicos de tremor armónico y espasmódico los días 4 de abril y 2, 6, 23 y 30 de mayo. Además, se registraron durante abril 15 microsismos volcanotectónicos, nueve en mayo y dos en junio. Los de mayor magnitud ocurrieron el 3 de abril y el 8 de junio, con magnitudes de 2.7 y 3.0, ambos bajo el cráter a profundidades de 5.5 y 4.8 km, respectivamente. Estas profundidades son poco frecuentes en el volcán y no se habían presentado desde finales de 2002. Además, el mecanismo del sismo registrado el 8 de junio corresponde a una falla de tipo inverso, lo que podría estar relacionado con un empuje de material magmático hacia la zona del cráter.

El crecimiento del domo 29 en el interior del cráter fue corroborado con una fotografía tomada el 10 de febrero (Figuras 66 y 67), que mostró al domo de 130 metros de diámetro y volumen aproximado de 460,000 m³.

Fig. 66 Imagen del interior del cráter del volcán Popocatépetl 10 de febrero 2006

Fig. 67 Perfil del cráter del Popocatépetl hasta febrero de 2006. Nótese el pequeño volumen del domo 29, que venía creciendo desde julio de 2005

El 25 de julio se presentó una exhalación que generó una columna de ceniza de 5 km de altura y que fue seguida por tremor espasmódico. Pocos días después, el 3 de agosto el Popocatépetl mostró un cambio importante en su comportamiento, pues se registró una explosión de gran amplitud y posteriormente una segunda explosión similar, precedida de una señal de tremor armónico de baja amplitud. A partir de ese momento se presentaron de manera intermitente episodios de tremor armónico de amplitud variable con una tendencia a aumentar. Por primera vez desde el episodio eruptivo de diciembre 2000 a enero 2001, un inclinómetro registro deformaciones significativas. Los episodios de tremor armónico de amplitud considerable se presentaron en promedio tres veces por hora, separados por periodos de quietud relativa de similar duración. La amplitud de estos tremores fue la mayor observada desde diciembre de 2000 (Figura 68). El tremor terminó el 4 de agosto. Posteriormente, se presentaron de tres a cuatro exhalaciones por hora. Con base en el análisis realizado por el Comité Científico Asesor del volcán Popocatépetl, durante la reunión celebrada el 5 de agosto, se decidió cambiar el semáforo de alerta volcánica del nivel Amarillo Fase-1 al nivel Amarillo Fase-2.

Figura 68 Registro del tremor armónico el día 4 de agosto de 2006

A partir del 1 de noviembre, comenzaron a registrarse nuevamente episodios de tremor armónico persistiendo por varias horas. El día 5 hubo actividad similar sólo que más persistente y de mayor amplitud. El tremor armónico comenzó con relativa baja amplitud pero fue progresivamente incrementando su tamaño hasta llegar inclusive a saturar los registros en algunas estaciones. Las señales, muy armónicas y de amplitud fluctuante, se detectaron en todas las estaciones, particularmente con amplitud cercana a la saturación en la estación Canario, situada cerca del borde norte del cráter. La intensidad de la actividad sísmica superó a la del 4 de agosto, que había motivado el cambio del nivel del semáforo de alerta volcánica a Amarillo Fase 2. Sin embargo, el domo 29 mantuvo su lento crecimiento a lo largo de todo el año (Figura 69).

El 6 de diciembre se registró un sismo volcanotectónico de magnitud 2.7 localizado por debajo del cráter. Posterior a este evento comenzaron a aparecer exhalaciones continuas de amplitudes variables y acompañadas por tremor.

Figura 69 Imagen del domo 29 en noviembre de 2006.

2007

El 6 de enero de 2007 se registró un episodio de tremor armónico seguido de una explosión moderada que lanzó algunos fragmentos incandescentes en el entorno del cráter. En los días siguientes se registraron episodios de tremor armónico que cesaron el 14 de enero, y el 25 de enero de 2007 ocurrió otra explosión similar a la del día 6. A partir del análisis de las fotografías aéreas del 24 de enero (Figura 70) se elaboró un perfil que mostró que el domo 29 había crecido en forma de pistón, posiblemente como resultado del emplazamiento de un criptodomo (Figura 71).

Figura 70 se observa un moderado crecimiento del domo de lava 29

PERFIL VOLCAN POPOCATEPETL A-A'

Figura 71 Perfil de enero de 2007 del volcán Popocatépetl. Puede observarse que el domo 29 creció en forma de pistón, posiblemente por la intrusión de un criptodomo

El 2 de febrero se registró una secuencia de exhalaciones a intervalos de 40 segundos, con una duración total de 11 minutos. Asimismo, se detectaron episodios de tremor armónico de amplitud variable durante enero, febrero y marzo. Los sensores de deformación también indicaron una aportación de magma en el interior del conducto a principios de 2007.

Los primeros días de mayo se detectó un incremento ligero en algunos de los parámetros de monitoreo, concretamente la actividad sísmica volcanotectónica, la deformación del flanco norte del volcán y la reaparición de boro en algunos de los manantiales monitoreados.

El 5 y 7 de julio se presentaron dos exhalaciones de cenizas. La primera generó una columna de aproximadamente 1 km de altura sobre el cráter y la segunda tuvo dimensiones más pequeñas Estas erupciones fueron precedidas por episodios de tremor de amplitud baja a moderada con duración total de 10 horas. Se recibieron reportes de caída de ceniza en San Pedro Nexapa y Amecameca.

Después de cuatro semanas con frecuentes episodios pequeños de tremor armónico y exhalaciones de leve a moderada intensidad, el 28 de julio ocurrió un evento volcanotectónico de magnitud 2.7, que dio inició a una secuencia de tremor espasmódico de amplitud mediana, con exhalaciones de moderada intensidad intercaladas, y que fue seguida por una erupción cuya columna de ceniza alcanzó una altura aproximada de 2.5 km (Figura 72).

El 26 de noviembre se presentó tremor espasmódico de amplitud variable, que fue seguida por una exhalación con poca ceniza con una altura estimada de 2 km. El 1º de diciembre hubo una fase de tremor espasmódico en la que se intercalaron varias exhalaciones, produciendo una columna eruptiva de ceniza que alcanzó una altura de 3 km por encima del cráter. El 14 y el 31 de diciembre también se presentaron exhalaciones de 1.5 y 2 km, precedidas por periodos de tremor y acompañadas por cenizas.

Figura 72 Columna de ceniza del 28 de julio de 2007

2008

El 5 de enero el Popocatépetl tuvo dos exhalaciones importantes similares a las que terminaron el 2007. El 14 de enero hubo finalmente una explosión que dio fin al crecimiento e inicio a la destrucción del domo 29, que había alcanzado un volumen de casi 1.5 millones de m³.

Posteriormente se mantuvieron niveles similares de actividad, con frecuentes exhalaciones de ligera a moderada explosividad. En particular el 11 de febrero se registraron tres eventos explosivos de baja intensidad. Asociados a estos eventos se recibieron reportes de caída de ceniza en el poblado de Huejotzingo, Puebla.

El 12 de febrero ocurrió otra explosión moderada que fue acompañada de una emisión de ceniza de aproximadamente 1.6 km de altura y algunos fragmentos que cayeron dentro del cráter (Figura 73). El 13 de febrero ocurrieron otras cuatro explosiones similares que fueron precedidas por señales de tremor armónico de amplitud baja a moderada. El 14 de febrero se tuvieron cuatro explosiones que produjeron columnas de ceniza de hasta 3 km de altura y se registraron en total 44 exhalaciones de baja a moderada intensidad.

Figura 73 Explosión a las 23:10 h del 12 de febrero de 2008

El 21 de febrero se presentaron episodios de tremor armónico de amplitud grande, cuyas duraciones sumaron aproximadamente 63 minutos, que fueron las fases más intensas de tremor armónico que se habían registrado desde febrero de 2007. Externamente sólo se observaron emisiones mínimas de vapor provenientes del cráter. Esta actividad sísmica sugiere que en esta fecha inició el emplazamiento del domo de lava 30 en el interior del cráter. El 8 y 9 de marzo, 25 de abril y 19 de mayo ocurrieron exhalaciones importantes que generaron una subsidencia en el domo 30 de 60 m de diámetro (Figura 74).

Figura 74 Explosión del 8 de marzo de 2008, que lanzó fragmentos incandescentes provocando incendios en los pastizales que rodean al cono

Desde los primeros días de junio se detectó un incremento ligero pero persistente en algunos de los parámetros de monitoreo, concretamente la actividad sísmica volcanotectónica, con epicentros en los sectores sureste y noroeste del volcán, tres de ellos con magnitudes alrededor de 3. Asimismo se detectaron evidencias de deformación, de aproximadamente 10 mm en el sureste del volcán (determinada por GPS), y de unos 75 µrad (en 20 días), detectada en el inclinómetro electrónico ubicado en el sector oeste que corresponde a una probable inflación o inclinación del cono volcánico. Adicionalmente, se detectó contenido de boro en algunos de los manantiales monitoreados en julio y septiembre. Toda esta actividad acompañó el crecimiento del domo 31. El 17 de noviembre, ocurrió una explosión importante, que inició su destrucción.

ZOO9

Entre el 21 de enero y el 13 de febrero ocurrieron 4 exhalaciones que produjeron columnas de ceniza de entre 800 metros y 2 km sobre el cráter, y que fueron acompañadas por episodios de tremor espasmódico que en total sumaron 4 horas y 35 minutos.

En las imágenes aéreas de febrero de 2009 (Figura 75) se pudo ver que dentro de la subsidencia notada en marzo del año anterior había crecido el domo 31, que cubrió totalmente a su predecesor. Se apreció en su centro una depresión de 95 m de diámetro. También pudo verse que al sureste del cráter interior, y al pie de la pared del cráter principal se abrió una boca con forma semielíptica, con diámetro mayor de ~140m y una profundidad de ~40 m, probablemente formada en las erupciones de enero y febrero. La posición de esta boca coincide con la de las bocas formadas en diciembre 1994 y enero 1995 (ver Figura 3).

Figura 75 El domo 31 en febrero de 2009

Entre el 16 de febrero y el 20 de marzo se produjeron episodios de tremor armónico que en total sumaron una hora y 30 minutos. Fueron seguidos por tres exhalaciones que incluyeron ceniza los días 23 de marzo, 1° y 2 de abril. Posteriormente, entre el 19 de julio y el 24 de agosto se dieron diversos episodios de tremor armónico de baja amplitud que en total sumaron casi tres horas. Estos episodios probablemente acompañaron el emplazamiento del domo 32.

Después de varias semanas con bajo nivel de actividad, el 10 de septiembre se registró una exhalación freática de moderada intensidad, con un leve componente explosivo y que fue seguida de tremor espasmódico con una duración de unos 34 minutos.

El 9 de octubre el volcán Popocatépetl tuvo otra exhalación de moderada intensidad, que produjo una columna eruptiva de 3 km de alto y que inició la destrucción del domo 32. Los días 20 y 29 de octubre hubo exhalaciones que alcanzaron hasta 1 km sobre el cráter. El 31 de octubre y el 1° de noviembre se presentaron episodios de tremor espasmódico y finalmente el domo 32 terminó de destruirse mediante explosiones ocurridas los días 11, 14, 16 y 21 de noviembre, que alcanzaron alturas de hasta 3 km sobre el cráter y que fueron seguidas por periodos con tremor espasmódico.

2010

Los días 20 y 21 de enero se presentaron episodios de tremor armónico de baja amplitud, acumulando aproximadamente 20 minutos. Esta actividad represento el nacimiento del domo 33. En marzo se corroboró mediante una fotografía en la que es posible distinguir en el fondo del cráter interior un pequeño domo de incipiente formación, de tono grisáceo (Figura 76).

En abril se observó la presencia de boro en tres de los sitios de muestreo. El 10 de mayo se iniciaron varios episodios de tremor armónico de baja amplitud, que continuaron hasta el 14, acumulando en total 52 horas. Asimismo, se detectaron nueve exhalaciones, algunas de ellas llegando a niveles de saturación, las cuales no tuvieron emisiones visibles asociadas, y otras nueve exhalaciones pequeñas que fueron acompañadas por emisiones de vapor de agua, gas y poca ceniza. Esta actividad representó la etapa de mayor crecimiento del domo 33. El 25 de mayo se presentaron dos explosiones con emisión de ceniza y otra el 1° de junio.

Figura 76 Domo 33 creciendo en el interior del cráter que destruyó al domo 31. No se observan restos del pequeño domo 32

El 7 de junio se produjo una erupción explosiva de tipo vulcaniano, que produjo una columna de cenizas que alcanzó 3 km de altura (Figura 77), dando inicio a la destrucción del domo 33. Dicha emisión de cenizas pudo seguirse en la imagen de satélite que identifica el SO2 (Figura 78).

Figura 77 Erupción del 7 de junio de 2010, que dio inicio a la destrucción del domo 33

Figura 78 Imagen de satélite mostrando la pluma de SO2 asociada a la erupción del 7 de junio

El 9 de junio se registró otra exhalación de baja intensidad, que produjo una emisión con ceniza que alcanzó 1 km de altura sobre el nivel del cráter (Figura 79). Este evento muestra que posiblemente los conductos del volcán se despejaron como consecuencia del evento del 7 de junio.

Fiqura 79 Exhalación del 9 de junio de 2010 desde Altzomoni y Tlamacas

Esa misma noche ocurrió otra explosión que generó una columna de 800 metros de altura (Figura 80).

Figura 80 Erupción nocturna del 9 de junio de 2010 desde Altzomoni y Tlamacas

Otras tres exhalaciones con emisión de ceniza, a alturas de 600 m hasta 1 km sobre el cráter, se generaron el 11 (dos) y el 25 de junio, terminando la destrucción del domo 33 (Figura 81).

Los días 27 y 28 de julio se presentaron episodios de tremor armónico de baja amplitud, acumulando en total 75 minutos. El 20 de agosto ocurrió una exhalación que produjo una columna de ceniza de 2 km de altura. El 23 se registró una exhalación de baja intensidad, que produjo una emisión de ceniza que alcanzó aproximadamente 1 km de altura sobre el nivel del cráter. La exhalación fue seguida por una señal de tremor espasmódico de amplitud moderada hasta que ocurrió una pequeña exhalación, después de la cual la amplitud del tremor decayó. Estos eventos no presentaron ninguna componente explosiva y su origen más probable fue freático, como consecuencia de la interacción de agua con un cuerpo caliente en el interior del volcán.

Figura 81 Fotografía del 19 de octubre en la que se ven los restos anidados de los domos 31 (rojo) y 33 (amarillo)

El crecimiento del domo 34 inició el 31 de octubre con una serie de episodios de tremor espasmódico acumulando 15 minutos. El 17 de noviembre hubo una exhalación con un leve componente explosivo.

2011

Después de varias semanas de actividad de bajo nivel, caracterizada por un escaso número de exhalaciones de baja intensidad acompañadas solamente de emisiones de vapor y gas, el 31 de enero ocurrió una explosión moderada que emitió material incandescente hasta unos 500 m en el flanco este del volcán. El 3 de marzo se produjo una exhalación leve de cenizas de 1 km de altura, y al día siguiente se produjo otra exhalación, ahora de 2 km de alto.

El 22 de mayo el PopocatépetI produjo una erupción de moderada intensidad que generó una columna doble de cenizas de 900 m de altura sobre el cráter (Figuras 82 y 83) que posiblemente modificó la forma de la Boca Sureste. Otras erupciones similares, con emisión de cenizas hasta alturas de 1 a 3 km se presentaron el 30 de mayo, el 3 y 4 de junio (Figura 84), el 17 de junio y el 9 de agosto.

Figura 82 Erupción del 22 de mayo de 2011 desde Tlamacas

Figura 83 Erupción del 22 de mayo de 2011 desde Altzomoni

Figura 84 Erupción del 3 de junio de 2011

El 14 de agosto se presentaron segmentos de tremor armónico, acumulando 15 minutos, acompañando el crecimiento del domo 34. A partir del 29 de agosto, se incrementó la actividad del Popocatépetl, con un mayor número de exhalaciones de baja intensidad acompañadas de vapor de agua, gas y pequeñas cantidades de ceniza, llegando a 111 exhalaciones diarias para el 31 de agosto. El 31 de agosto a las 18:15 h se registraron señales provenientes de los detectores de flujo

cercanos a las cañadas del volcán, que se interpretaron como un flujo de agua con ceniza y fragmentos sólidos que transitaron por la cañada principal de Tenenepanco, Puebla. También se presentaron segmentos de tremor armónico cuya acumulación fue variable desde cinco minutos el 1° de septiembre hasta siete horas el 3 de septiembre.

A partir del 5 de septiembre de 2011 la actividad del volcán disminuyó, reflejándose en la disminución del número de exhalaciones, la ausencia de segmentos de tremor armónico y un cese de las emisiones de ceniza. En la fotografía tomada el 8 de septiembre no se observó un cambio significativo en la morfología existente en el interior del cráter en comparación con la imagen del 19 de octubre de 2010, a excepción de que el domo 34 es ligeramente mayor y ha cubierto totalmente al domo 33 (Figura 85).

Figura 85 Imagen tomada el 8 de septiembre, en la que se ve el domo 34 anidado en los restos del domo 31. No quedan restos de los pequeños domos 32, y 33.

El 11 de septiembre dio inicio una serie de eventos sísmicos volcanotectónicos de baja magnitud, de los cuales el mayor, de M 3.5, fue el 19 de septiembre. El 13 hubo una leve exhalación con ceniza. El 21 y 23 se presentaron segmentos de tremor de baja amplitud, los cuales se acumularon por un lapso de cuatro horas para el primer día y de algunos minutos para el segundo día.

El 26 de septiembre a las 2:59 h se registró una explosión moderada que lanzó fragmentos incandescentes sobre el edificio volcánico, produciéndose así una columna de ceniza con una altura aproximada de 2.5 km. Este evento estuvo precedido por algunos segmentos de tremor armónico de baja amplitud, que sumaron aproximadamente cinco minutos. Adicionalmente, se registraron 11 exhalaciones acompañadas de vapor de agua, gas, y en algunos casos pequeñas cantidades de ceniza. Esta actividad acompañó al crecimiento del domo 34.

Durante octubre y las dos primeras semanas de noviembre, la actividad sísmica del volcán Popocatépetl regresó a niveles similares a los registrados previamente. Del 14 al 20 de noviembre se registró un total de 53 exhalaciones de baja intensidad, 47 de ellas distribuidas temporalmente de forma normal y seis de ellas en forma de tren de exhalaciones, el viernes 18. Durante esta semana se registraron otros dos eventos volcanotectónicos el 15 y el 18.

El domingo 20, se registró una importante explosión (Figura 86), que dio lugar a la emisión de bloques balísticos y a la generación de una columna de cenizas de más de 2 km de altura inicial (Figuras 87 y 88), así como a la propagación de una onda de choque y sónica que se percibió hasta más de 10 km del cráter del volcán y que seguramente destruyo parcialmente el domo 34. Esta explosión se detectó por los sensores sísmicos de lugares tan remotos como Laguna Verde, Veracruz.

Figura 86, sismograma de la explosión del 20 de noviembre

Figura 87 Secuencia de imágenes termográficas y visibles de los primeros minutos del evento explosivo del 20 de noviembre de 2011

Figura 88 Erupción del 20 de noviembre 2011 vista desde la cumbre del Iztaccíhuatl

Después de la explosión del 20 de noviembre, el volcán Popocatépetl no presentó eventos eruptivos de consideración hasta que entre el 29 y el 30 de noviembre se registraron 33 exhalaciones, nueve de las cuales estuvieron acompañadas por emisiones de pequeñas cantidades de ceniza.

La emisión de SO₂, que había estado incrementándose entre el 1 y el 4 de diciembre hasta alcanzar las 5,000 t/d, presentó también una tendencia a la baja entre el 5 en la tarde y el 6 en la madrugada. Se observaron entonces fumarolas en las laderas externas del volcán (Figura 89), fenómeno que sólo ocurre cuando el sistema está sobrepresurizado.

Figura 89 Fumarolas en la ladera NW de la cima del volcán.

Entre la tarde del día 5 y la madrugada del 6 se registraron un total de 25 minutos de tremor armónico (Figura 90) y espasmódico distribuidos en 4 segmentos.

Fiqura 90, Señales de tremor del día 6 de diciembre

Iniciando el día 6 y durante los tres días siguientes se registraron de 108 a 133 exhalaciones de baja intensidad por día, de amplitud y duración mayor que las registradas en semanas previas. Además, se presentaron pequeños segmentos de tremor, de cinco minutos de duración total por día. Un 20% de estas exhalaciones estuvieron acompañadas por la emisión de plumas de gases y vapor de agua de entre 1 y 1.5 km de altura, con pequeñas cantidades de ceniza, en ocasiones muy escasa. Durante estos días se recibieron informes de leves caídas de ceniza en las poblaciones de San Pedro Nexapa (día 7), Amecameca, Ozumba y Tepetlixpa, Edo. de México (día 8). Además, para estos dos días el Volcanic Ash Advisory Center de Washington mantuvo una alerta por presencia de cenizas en la atmósfera, que provocó la cancelación de algunos vuelos procedentes de Estados Unidos con destino a la ciudad de México. Igualmente, para estos dos días el sistema de detección de anomalías térmicas MODVOLC de la Universidad de Hawaii mostró puntos calientes en el cráter del volcán. Este periodo de actividad seguramente estuvo asociado al inicio del emplazamiento del domo .

El 8 de diciembre se obtuvo una foto aérea (Figura 91) en la que pudo corroborarse que sobre los restos del domo 34, que alcanzó de alrededor de 150 m de diámetro y unos 30 m de espesor, se

emplazó un pequeño domo o pitón (domo 35) con dimensiones aproximadas de 50 m de diámetro y unos 20 de alto, rellenando el hueco generado en la explosión del 20 de noviembre. Adicionalmente, se pudo observar en la fotografía que la Boca Sureste, abierta a finales de 2008 en el extremo sureste del cráter principal y directamente bajo La Corona, ha modificado su forma, probablemente como consecuencia la erupción de mayo de 2011, en la que pudo observarse una doble columna eruptiva probablemente por la exhalación generada en esta Boca Sureste (ver Figura 81).

Figura 91 Fotografía tomada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes el 8 de diciembre de 2011. Se puede distinguir en morado los restos del gran domo 12, que produjo la actividad de diciembre de 2000, y en su interior el cráter formado por la erupción de enero 2001, dentro de la cual se han mantenido todos los domos subsecuentes. En rojo se ven los restos del domo 31, y en su interior el pequeño cráter formado en noviembre de 2009. Los domos 32 y 33 fueron completamente destruidos. Se observa en azul el borde del domo 34, formado durante la actividad de agosto y septiembre del 2011, y en verde el domo o pitón 35, que creció los días 5 a 8 de diciembre de 2011. Asimismo, se aprecia la ampliación que sufrió la Boca Sureste

El 9 de diciembre se presentó una pequeña explosión que lanzó fragmentos incandescentes en las laderas más altas y que puso fin a la anterior actividad (Figura 92).

Figura 92 Evento explosivo de las 21:55 h del 8 de diciembre de 2011

En la tarde del 16 de diciembre se registraron dos señales de derrumbes en el interior del cráter, probablemente asociados a pequeños colapsos en el domo 34 ó 35. El 18, desde las 13:11 h hasta las 7:43 h del 19 se registraron segmentos de varios minutos de tremor armónico de amplitud variable, que sumaron un total de 1 hora 30 minutos. La amplitud de estos segmentos de tremor fue considerable, similar a la registrada en el ciclo eruptivo de finales de 2000, y mucho mayor que cualquier segmento de tremor armónico registrado durante 2011 y años inmediatamente anteriores. El segmento de mayor duración (13 minutos) se registró a las 21:07 h (Fig. 93).

Figura 93 Traza del segmento de tremor armónico registrado el sábado 17 a las 21:07 GMT.

Acompañando a los periodos de tremor armónico se pudo observar un incremento en la intensidad de la incandescencia visible encima del cráter. Los niveles de energía sísmica RSAM para las estaciones Canario y Tlamacas mostraron un ligero incremento asociado a la ocurrencia de los segmentos de tremor, pero mucho menor que la acumulada durante los días del 7 al 9 de diciembre cuando se registraron más de 100 exhalaciones por día. Es probable que este episodio represente una etapa de crecimiento del domo 35 ó el emplazamiento de un nuevo domo 36. La alerta térmica

del Sistema MODVOLC de la Universidad de Hawaii se mostró encendida el domingo 18 y se apagó durante la semana posterior.

El lunes 19 se registró una exhalación de moderada intensidad con componente explosivo, que levantó una columna de 1.5 km acompañada de una pequeña cantidad de ceniza (Figura 94).

Figura 94 Exhalación de moderada intensidad con componente explosivo del 19 de diciembre

Posterior a este evento, la actividad sísmica del volcán Popocatépetl disminuyó significativamente, regresando a los niveles previos observados las semanas anteriores al domingo 18. Se contabilizaron en total 115 exhalaciones de muy baja a baja intensidad por semana, distribuidas normalmente entre 10 y 23 exhalaciones por día. De estas, solamente una o dos exhalaciones por día estuvieron acompañadas de pequeñas cantidades de ceniza. Adicionalmente se registró un total de 10 minutos de tremor armónico de baja amplitud el día 23, distribuidos en segmentos de pocos minutos. Externamente, el volcán no presentó cambios de consideración, pudiéndose observar la pluma de vapor y gases tenue pero generalmente continua, algunos días de color azulado. El mismo 23 se corroboró nuevamente la emanación de gases a través de algunas fumarolas situadas en el flanco externo noroeste del volcán. No hubo otras exhalaciones importantes el resto del año.

Conclusiones y pronóstico

La actividad del volcán Popocatépetl iniciada en diciembre de 1994 se ha caracterizado por la ocurrencia de exhalaciones y explosiones acompañadas por emisiones de ceniza, y a partir de marzo de 1996, por la formación y destrucción de domos de lava. De esta fecha a abril de 2003 se emplazaron 27 domos de lava en el interior del cráter. Desde mayo de 2003 hasta aproximadamente junio de 2005 la actividad del Popocatépetl se redujo marcadamente, pero a partir de julio de 2005 se reinicio la actividad de emplazamiento y destrucción de domos, habiéndose emplazado en ese periodo otros 10 domos. A grandes rasgos, puede decirse que cada emplazamiento de domo ha sido precedido y acompañado por sismos volcanotectónicos y señales de tremor armónico y espasmódico. Durante el emplazamiento y crecimiento de los domos se presentan frecuentemente exhalaciones de vapor de agua, gases y pequeñas cantidades de ceniza, que acompañan el degasamiento del domo y su solidificación. En prácticamente todos los casos los episodios de emplazamiento de domos han culminado con eventos explosivos de destrucción. En términos muy generales se ha notado una relación directa entre la intensidad de las explosiones y las tasas de crecimiento de los domos. Sin embargo, no todos los domos han sido destruidos, ya que a veces el crecimiento de uno ha cubierto simplemente a los anteriores, con lo que el volumen interno del cráter principal ha ido disminuyendo lentamente.

Pre octubre 1994	Fase estable
Octubre 1994 a 20 diciembre 1994	Fase de actividad premonitora
21 diciembre 1994 a 26 marzo 1996	Actividad fumarólica de limpieza de conductos
26 marzo 1996 a 15 marzo 1997	Fase de recarga, con el crecimiento de pequeños domos de lava
15 marzo 1997 a 30 junio 1997	Crecimiento y destrucción de un domo grande (3)
Julio de 1997 a septiembre de 1999	Fase posteruptiva de relajación, emplazamiento de numerosos domos pequeños
Septiembre de 1999 a diciembre de 2000	Fase de recarga, con el emplazamiento de domos cada vez más grandes
Noviembre de 2000 a 18 diciembre 2000	Emplazamiento muy rápido de un gran domo (12)
19 diciembre de 2000 a 23 enero de 2001	Fase eruptiva intensa, culminando en erupción VEI 3-4
Enero de 2001 a mayo de 2003	Fase posteruptiva de relajación, emplazamiento de numerosos domos pequeños
Mayo de 2003 a junio de 2005	Fase estable con mínima actividad
Julio de 2005 a 2009	Crecimiento de pequeños domos de lava
2010 y 2011	Fase de recarga, con el emplazamiento de domos cada vez más grandes

De forma general, pueden definirse las siguientes etapas en la actividad (Tabla 2):

Tabla 2 Etapas del actual periodo de actividad

A futuro puede esperarse que continúe este tipo de actividad, aunque no puede descartarse un incremento en la velocidad de emplazamiento y tamaño de los domos, con el consecuente incremento en el nivel de explosividad de las erupciones de destrucción de los mismos.

Los domos emplazados a partir de la erupción mayor de enero de 2001 se han mantenido circunscritos al cráter dejado por dicha erupción, y se ha mantenido un equilibrio entre el volumen de lava emplazado durante el crecimiento de los domos y el volumen desalojado durante las etapas explosivas de destrucción. Sin embargo, si la tasa de crecimiento de los domos se incrementara, no se puede descartar que el nivel de éstos superara la altura del labio inferior del cráter, en cuyo caso se podría presentar un escenario de desbordamiento del domo, que se vería acompañado por el emplazamiento de un derrame de lava y la producción de flujos piroclásticos al derrumbarse el frente del derrame.

Es importante también vigilar el sector sureste del Popocatépetl, en particular con la aparición de la Boca Sureste, cuya actividad puede debilitar ese flanco del volcán.

SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL CENTRO NACION NAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES Av. Delfín Madrigal No.665, Col. Pedregal de Sto. Domingo, Del. Coyoacán, México D.F., C.P. 04360

www.cenapred.gob.mx www.proteccioncivil.gob.mx