

**SECRETARÍA DE GOBERNACIÓN
COORDINACIÓN NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES**

ACTIVIDAD DEL VOLCÁN POPOCATÉPETL

2014

Subdirección de Riesgos Volcánicos
Dirección de Investigación

Gema Caballero
Amiel Nieto
Ramón Espinasa
Elizabeth Castañeda
Ariadna Hernández.

FEBRERO 2015

CONTENIDO

RESUMEN

ACTIVIDAD SÍSMICA

EVENTOS DE PERIODO LARGO (EXHALACIONES, TRENES DE EXHALACIONES Y EXPLOSIONES)

TREMOR ARMÓNICO Y DE ALTA FRECUENCIA

SISMOS VOLCANOTECTÓNICOS

ENERGÍA SÍSMICA Y ENERGÍA SÍSMICA ACUMULADA

ANOMALÍAS TÉRMICAS

MONITOREO DE LA EMISIÓN DE GASES (SO₂) DOAS-COSPEC, AURA/OMI (NASA)

MONITOREO GEOQUÍMICO DE AGUAS

OBSERVACIÓN DEL DOMO

DIAGNÓSTICO

RESUMEN

De forma general la actividad durante 2014 fue baja, especialmente durante el primer semestre del año. Para agosto pareció que el sistema se comenzaba a presurizar de nueva cuenta, ya que aumentó el número de VT's, LP's, tremor y explosiones, en comparación con los meses anteriores. En agosto también aumentó la concentración de boro en cuatro de cinco manantiales muestreados, aunque se encontró boro a lo largo de todo el año en el manantial Axocopan. También durante agosto, se observó un importante incremento en los registros de anomalías térmicas, principalmente entre los días 9 y 10. El valor más alto registrado fue de 0.482, que es el valor más alto registrado desde 2002, mayor aún que el registrado durante la crisis de julio de 2013, que fue de 0.47. Noviembre y diciembre presentaron también actividad más intensa, que se manifestó con el incremento de las 4 señales sísmicas; además, en general tanto el DOAS como el OMI mostraron un significativo incremento en el último mes del año. A lo largo del 2014 se observó que los VT's se hicieron más someros, indicando un ascenso de fluidos.

ACTIVIDAD SÍSMICA

Para el volcán Popocatepetl, el criterio de cuantificar la actividad sísmica ha cambiado conforme los avances tecnológicos han permitido mayor capacidad de detección, esto es, un ancho de banda tan amplio que, en la actualidad, nos permite identificar señales de frecuencias muy bajas o periodos muy largos, y éstas en su mayoría son señales características de volcanes activos. Durante el 2014 se realizaron cambios en la forma de cuantificar los eventos de periodo largo, los dos primeros meses (enero y febrero) solo se tomaban en cuenta eventos con amplitudes que superaban las 5,000 cuentas pico a pico, en la estación Canario en su componente vertical (PBPV). A partir de marzo y hasta julio, el umbral de la amplitud de las exhalaciones, para considerarse en la cuenta diaria, fue de 2,000 cuentas pico a pico en la misma estación y componente. Cabe mencionar que los eventos con amplitudes entre 2,000 y 5,000 cuentas se les denominó “pulgas” y a partir de las 5,000 cuentas se les consideró como exhalaciones. Desde agosto y hasta la fecha el umbral de amplitud se mantiene en 2 mil cuentas, sin embargo se cambió a la componente norte, ya que se pudo identificar que la amplitud de los eventos de periodo largo, en esta componente, es mayor que en la componente vertical.

La actividad sísmica durante los meses de enero, febrero y marzo presentó un bajo registro de eventos de largo periodo (LP's) así como de explosiones y horas de tremor sin embargo el registro de los eventos volcanotectónicos (VT's) se mantuvo alto. En los meses de abril y mayo el número de explosiones y segmentos de tremor disminuyó. En junio el número de exhalaciones se duplicó, los segmentos de tremor se triplicaron, las explosiones continuaron disminuyendo y el registro de los VT's cayó drásticamente. En julio las exhalaciones, VT's y el tremor disminuyeron mientras que el número de explosiones permaneció constante. Para agosto aumentó el número de VT's en comparación con el mes anterior, las exhalaciones, el tremor y las explosiones también aumentaron. En septiembre el registro de VT's volvió a duplicarse y las exhalaciones, explosiones y tremor disminuyeron. Durante octubre disminuyeron los VT's y las explosiones, y aumentaron el número de exhalaciones y tremor. Finalmente, en noviembre y diciembre se presentó actividad intensa, que se manifestó con el incremento de las 4 señales sísmicas principales (Figura 1).

Tabla 1. Resumen de la sismicidad del volcán Popocatepetl durante 2014

Mes	LP's		Explosiones	VT's	Tremor (horas)
	Exhalaciones	Pulgas			
Enero	133		2	26	3.42
Febrero	449		13	28	0
Marzo	155	193	9	23	0
Abril	690	707	6	32	1.2
Mayo	691	873	4	53	1
Junio	2377	1056	3	6	4
Julio	435	1366	3	5	3
Agosto	1354	1541	66	10	6.6
Septiembre	481	679	22	20	1.9
Octubre	971	1601	29	7	2.2
Noviembre	867	1853	205	13	1
Diciembre	1101	1507	137	24	12.6
Total	9704	11376	499	247	36.92

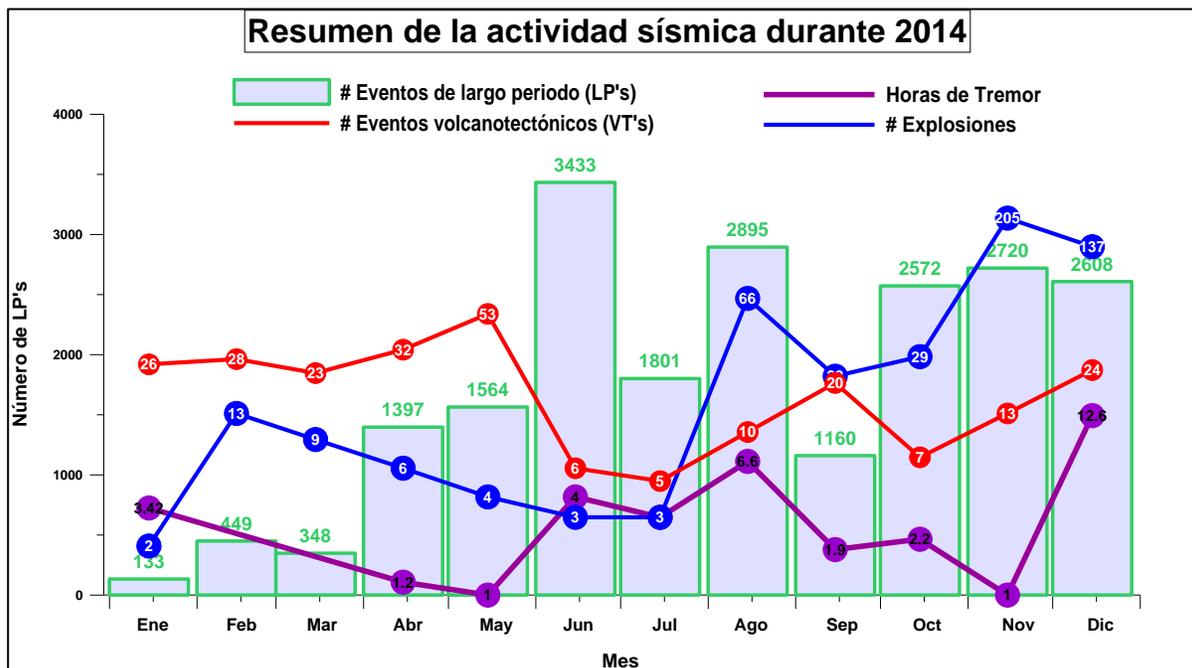


Figura 1 Resumen anual de la actividad sísmica registrada en el volcán Popocatepetl durante 2014

EVENTOS DE PERIODO LARGO (EXHALACIONES, TRENES DE EXHALACIONES Y EXPLOSIONES)

La actividad sísmica durante el primer bimestre del año se mantuvo relativamente baja; los eventos más importantes que se registraron durante enero fueron 2 explosiones el 21 de enero, cuya columna eruptiva de vapor de agua, gas y ceniza apenas alcanzó 1 km de altura. Para febrero el número de LP's aumentó y con esto el número de explosiones, sin que esto produjera un cambio en el semáforo de alerta volcánica. La explosión más importante de febrero se registró el 21, su emisión alcanzó una altura de 4 km (Figura 2). El 26 se registró un tren de exhalaciones en el que se contabilizaron más de 800 eventos, dando inicio el emplazamiento del domo número 49.



Figura 2 Explosión registrada el 21 de febrero del 2014

A partir de marzo, como ya se mencionó, la forma de cuantificar los eventos cambió y se bajó el umbral de amplitud en la componente vertical. Marzo fue un mes de relativa calma, ya que solo se registraron 348 LP's, de los cuales 9 fueron considerados explosiones, y de estas sólo 2 produjeron una emisión de 2 km de altura (Figura 3).



Figura 3 Explosión registrada el 24 de marzo del 2014

Es notable que, durante el mes de abril, la actividad sísmica presentó un incremento tanto de exhalaciones (eventos $\geq 5,000$ cuentas), como de pulgas (eventos $< 5,000$ cuentas). El 12 de abril fue el día con mayor registro de LP's, con 148 (Exhalaciones + *pulgas*). También se registraron 6 explosiones, que emitieron columnas de ceniza de 1 km de altura; la más importante se registró el 29 de abril, y su columna de ceniza alcanzó 2 km de altura (Figura 4).



Figura 4 Explosión registrada el 29 de abril del 2014

Para el mes de mayo se continuó con un incremento en el registro de LP's, sin embargo se tuvo un mayor registro de *pulgas* que de exhalaciones. Los primeros 15 días de este mes, se registraron en promedio 22 eventos diarios, durante la tercera y cuarta semana el promedio diario fue de 46 y 85 eventos respectivamente. Sólo se registraron 4 explosiones, cuya columna eruptiva fue de menos de 1 km de altura y, debido a las condiciones climáticas que predominaron este mes, no se pudo confirmar la emisión de fragmentos incandescentes sobre las laderas del volcán como resultado de las explosiones.

El mes de junio fue el mes más activo del año en cuanto al registro de LP's se refiere, con un total de 3,433 eventos (exhalaciones y *pulgas*), predominando las exhalaciones. Desde mayo se había observado un incremento en la ocurrencia de estos eventos, y por el contrario el número de explosiones disminuyó, contando sólo 3; dos de las explosiones generaron columnas de ceniza de 2.5 y 2 km, los días 18 y 19 de junio, respectivamente (Figura 5). El aumento de la sismicidad de largo periodo confirmó la presencia del domo número 50.



Figura 5 Explosión registrada el 18 de junio del 2014

En julio la actividad disminuyó casi en un 50% en comparación con el mes anterior. Se registraron en total 1,801 eventos (exhalaciones y *pulgas*). El número de explosiones fue de 3, que lanzaron fragmentos incandescentes sobre las laderas del volcán (Figura 6)



Figura 6 Explosión registrada el 11 de julio del 2014

En agosto nuevamente se registró un incremento en el número de LP's, repartidos en un 47 % de exhalaciones y 53 % de *pulgas*; además se detectaron un total de 66 explosiones. Entre los días 24 y 31 se presentaron 27 de las explosiones y una de las más importantes se registró el 31 de agosto, con una emisión que alcanzó más de 3 km de altura (Figura 7).



Figura 7 Explosión registrada el 31 de agosto del 2014

Septiembre fue un mes de relativa calma, ya que la sismicidad disminuyó considerablemente, tanto en exhalaciones como en explosiones. El 4 de septiembre no se registró ningún evento y el 30 fue el día de registro máximo, con 123 eventos. De las 22 explosiones registradas ese mes, las más importantes ocurrieron durante la última semana del mes, con columnas de ceniza entre 2 y 3 km de altura, que debido a las condiciones climáticas no se pudieron observar en detalle (Figura 8).

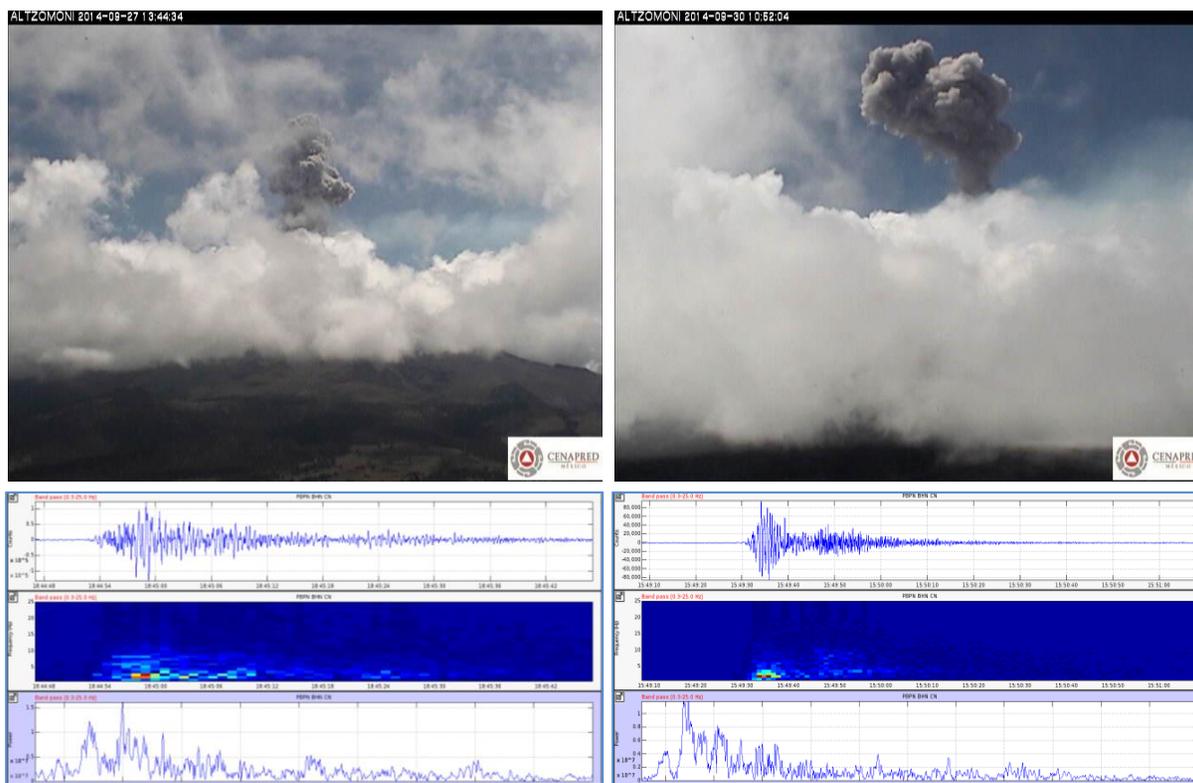


Figura 8 Imágenes, forma de onda, espectrograma y espectro de las explosiones registradas el 27 de septiembre de 2014 a las 13:44 (hora local), y el 30 de septiembre de 2014 a las 10:52 (hora local)

En octubre se observó un notorio incremento en el registro de exhalaciones diarias, pero solo se presentaron 29 explosiones. El 20 de octubre se registró un tren de exhalaciones, que duró alrededor de cuatro horas. Por las condiciones de nubosidad, no fue posible corroborar la emisión de material durante este evento, que seguramente produjo una emisión importante de cenizas (Figura 9).

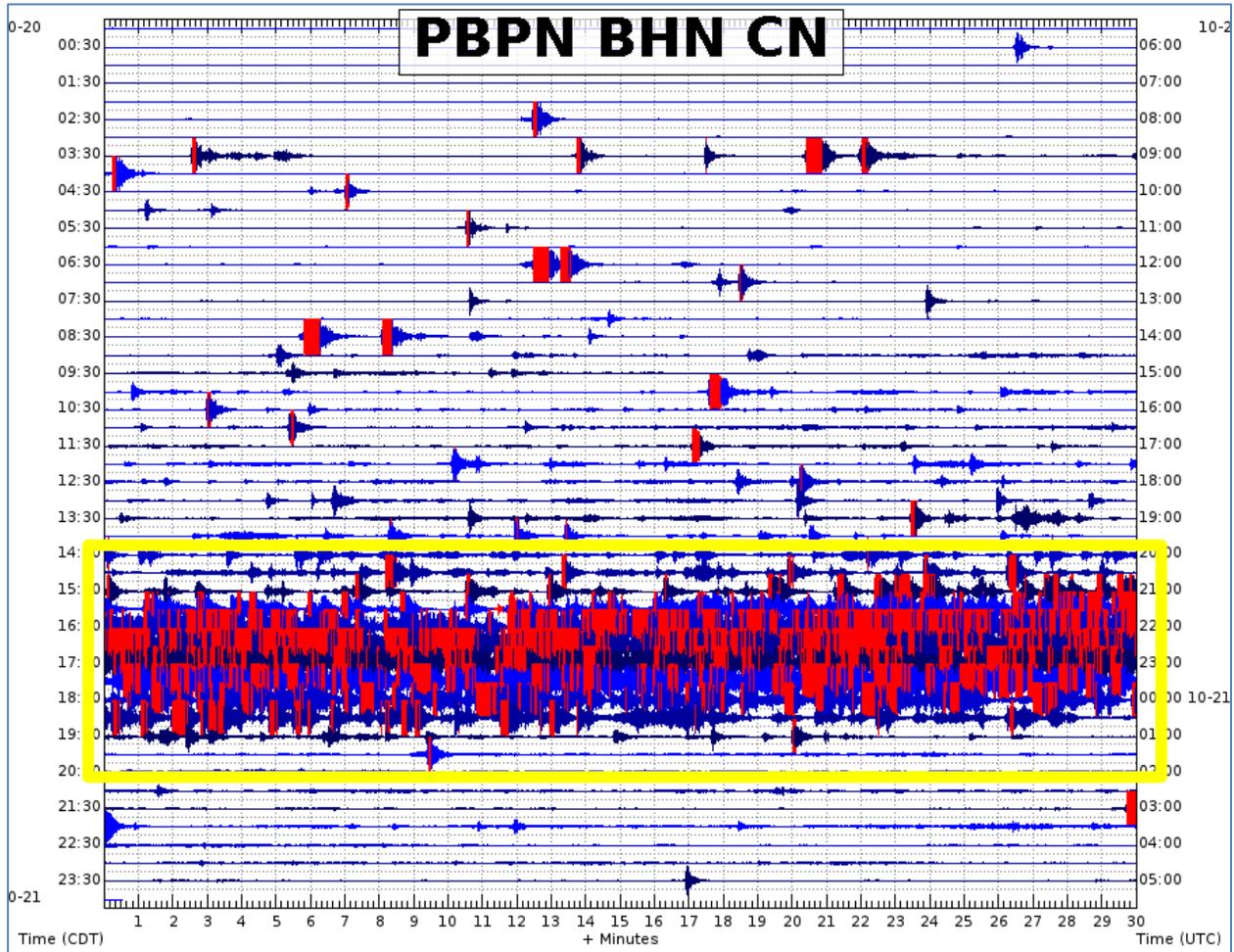


Figura 9 Traza de la actividad registrada el día 20 de octubre

Durante noviembre la actividad se mantuvo casi en los niveles del mes anterior. Del total de eventos de este mes, 867 fueron exhalaciones y 1,853 pulgas. El 4 de noviembre a las 20:03 h dio inicio un tren de pequeñas explosiones, que produjeron una columna continua de vapor de agua, gases y pequeñas cantidades de ceniza, con una altura aproximada de 1 km de altura, así como la expulsión de fragmentos incandescentes por encima del borde del cráter y a distancias de hasta 800 m sobre las laderas norte y este (figuras 10 y 11); al término de este episodio se registró un evento VT con magnitud de coda $M_c=2.1$. En este mes se registraron 205 explosiones, de las que 191 corresponden al episodio antes mencionado.



Figura 10 Explosión registrada el 4 de noviembre del 2014

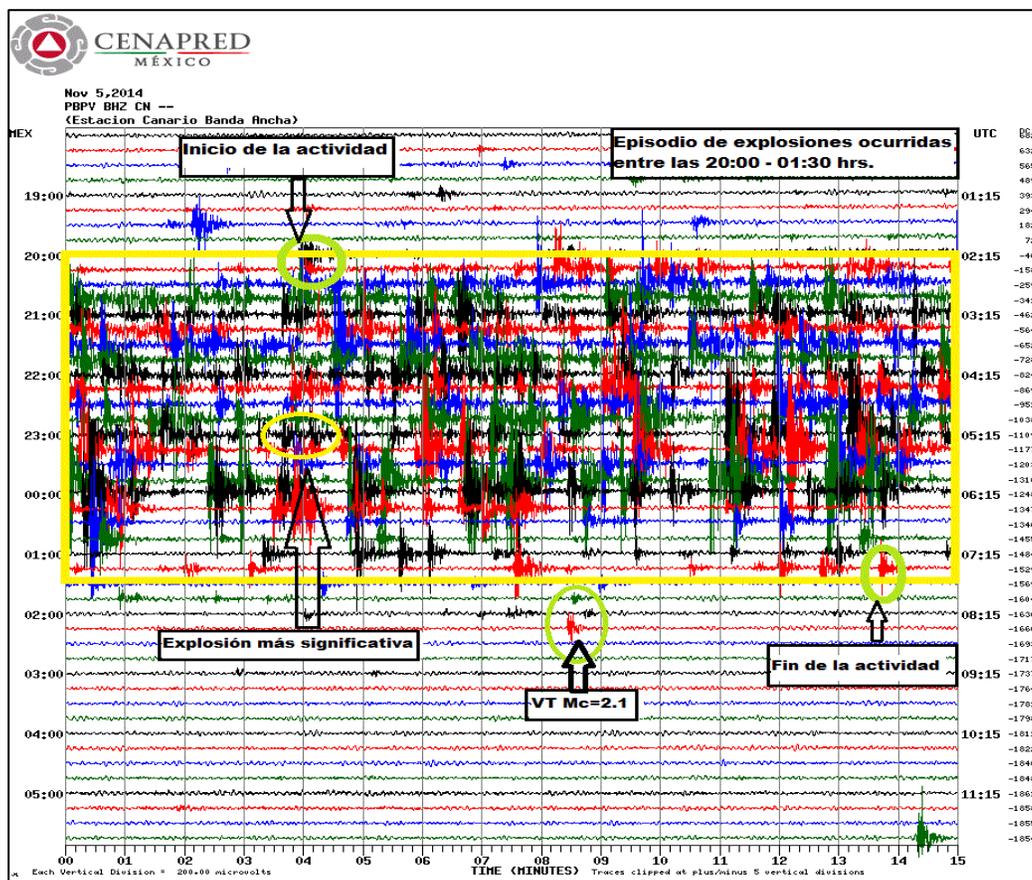


Figura 11 Heligrama de la sismicidad registrada el 4 y 5 de noviembre. Se muestra el inicio y fin del episodio de explosiones, así como el sismo VT ocurrido a las 02:23 h del 5 de noviembre.

Finalmente, diciembre presentó una ligera disminución en el registro de exhalaciones y explosiones, detectando un total de 2,608 y 137 eventos, respectivamente. Entre el 14 y el 16 se presentó el mayor número de explosiones; sin embargo, no se observó expulsión de material incandescente (Figura 12). El 17 se registró un pequeño tren de *pulgas* cuya duración fue de 8 minutos y cuya amplitud máxima fue de 3,500 cuentas (Figura 13). El 26 se registró una explosión moderada, que lanzó una columna de vapor de agua, gas y ceniza a una altura de 3.5 km sobre el cráter. Finalmente, el 30 se presentó otra explosión moderada que generó una columna eruptiva de 2.5 km sobre el volcán (Figura 13)

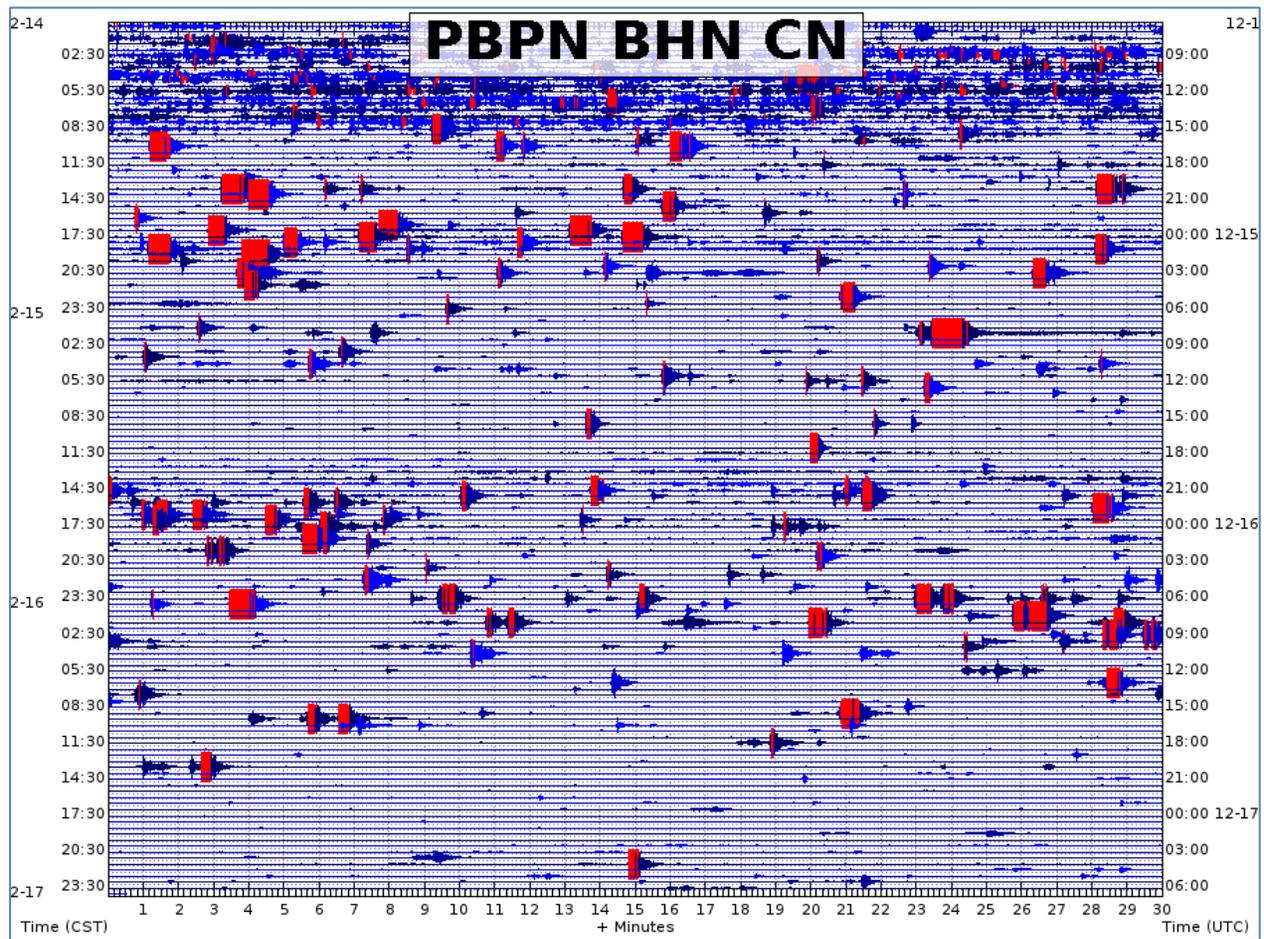


Figura 12 Imagen de la sismicidad registrada en la estación Canario en el componente norte (PBN) los días 14, 15 y 16 de diciembre

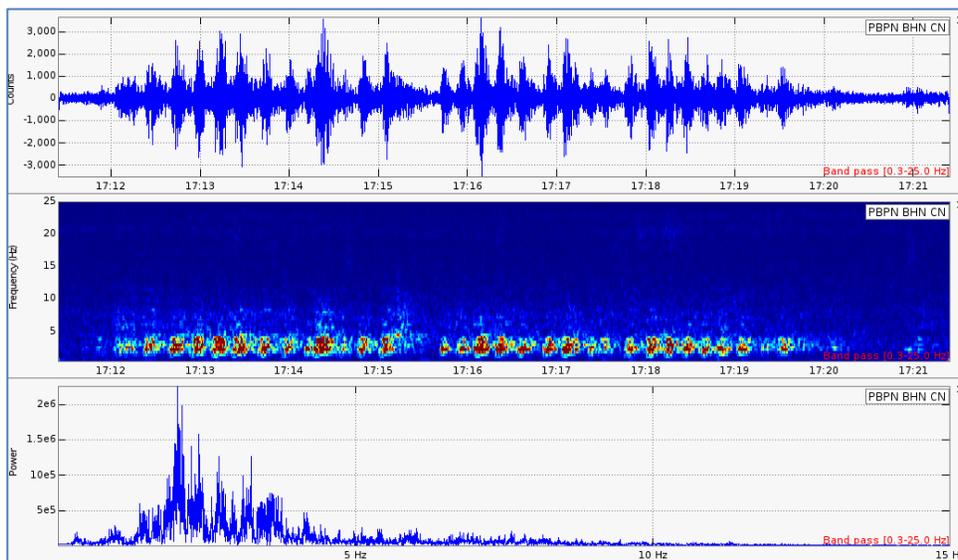


Figura 13 Tren de exhalaciones registrado el 17 de diciembre.
Forma de onda, espectrograma y espectro

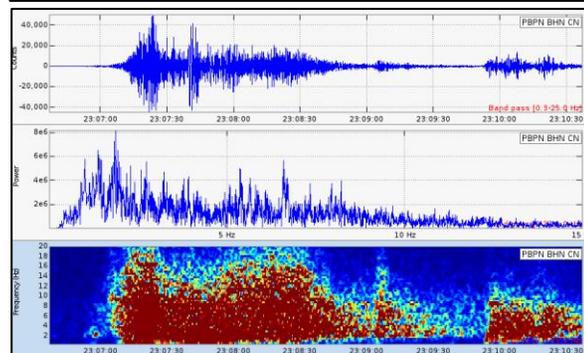
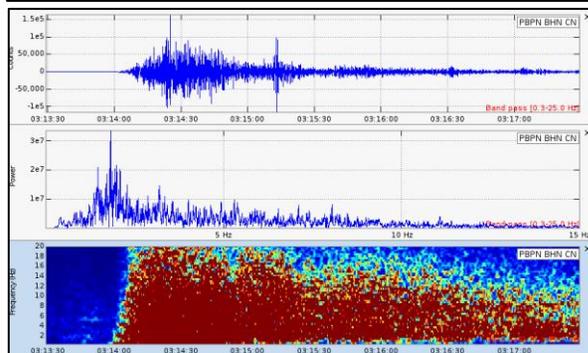


Figura 14 Imágenes de las explosiones registradas los días 17 y 26 de diciembre (arriba); forma de onda, espectro y espectrograma registrados en la estación Canario en el componente norte (PBPB)

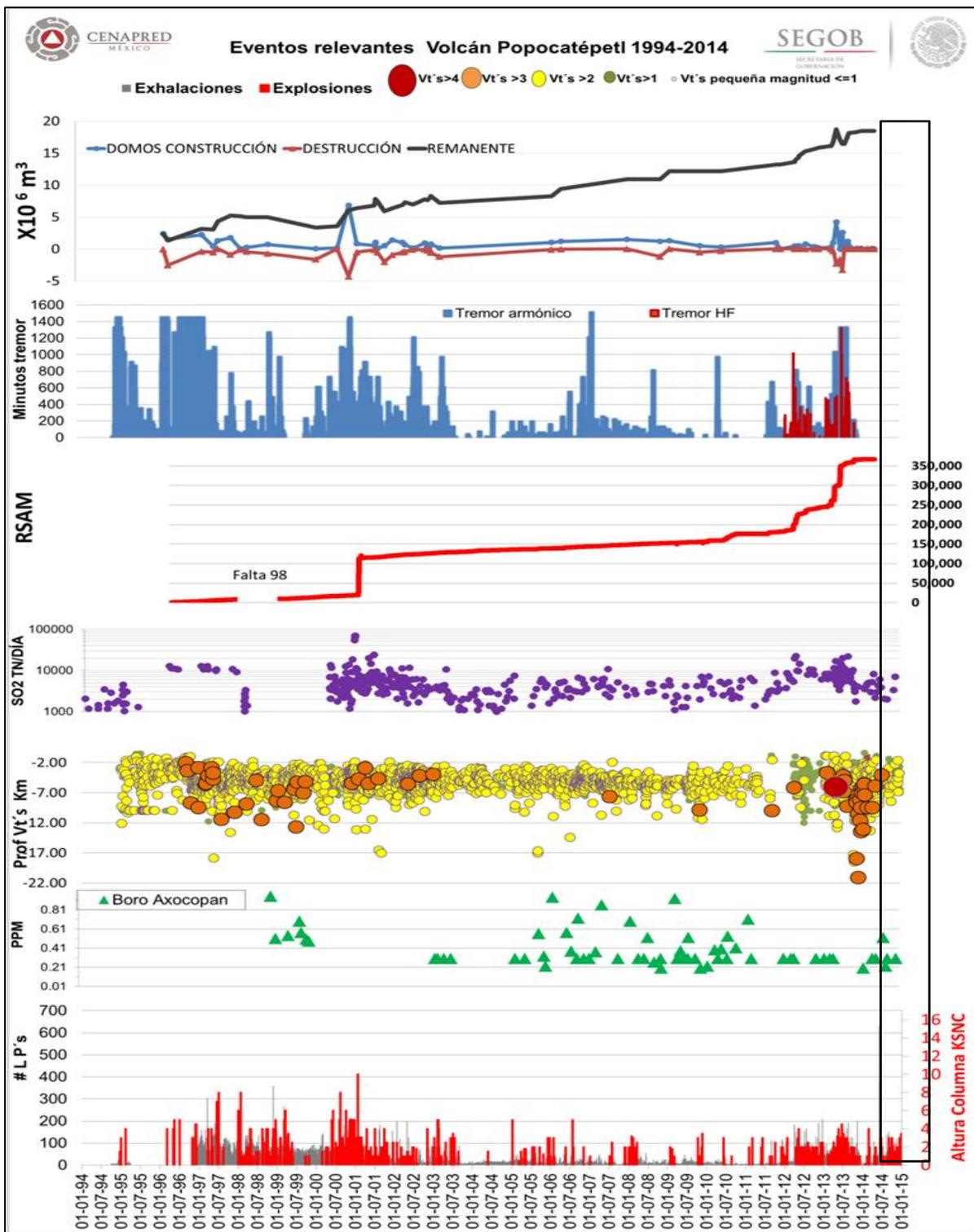


Figura 15 Resumen de la sismicidad 1994-2014 en el volcán Popocatépetl. En el recuadro se señala el período correspondiente a 2014

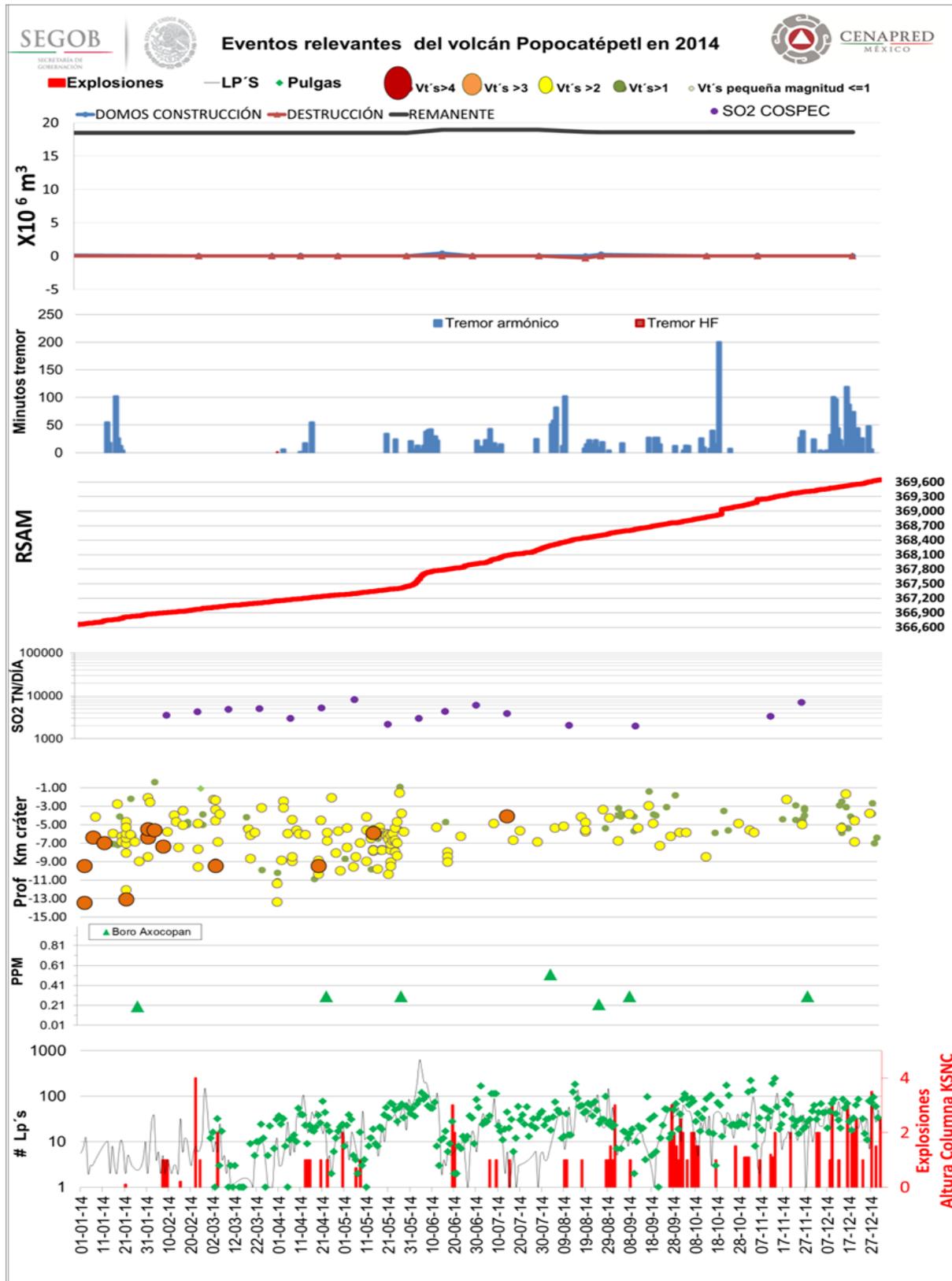


Figura 16 Resumen de los eventos relevantes durante 2014 en el volcán Popocatepetl

TREMOR ARMÓNICO

A comparación del 2013, año en que se registraron 537 horas de tremor armónico, prácticamente no se registraron segmentos de tremor durante el 2014 (Figura 17), ya que este año solo se registraron 37 horas. Aunque el volcán presentó fases intensas en 2014, no se compara con la actividad registrada en 2013.

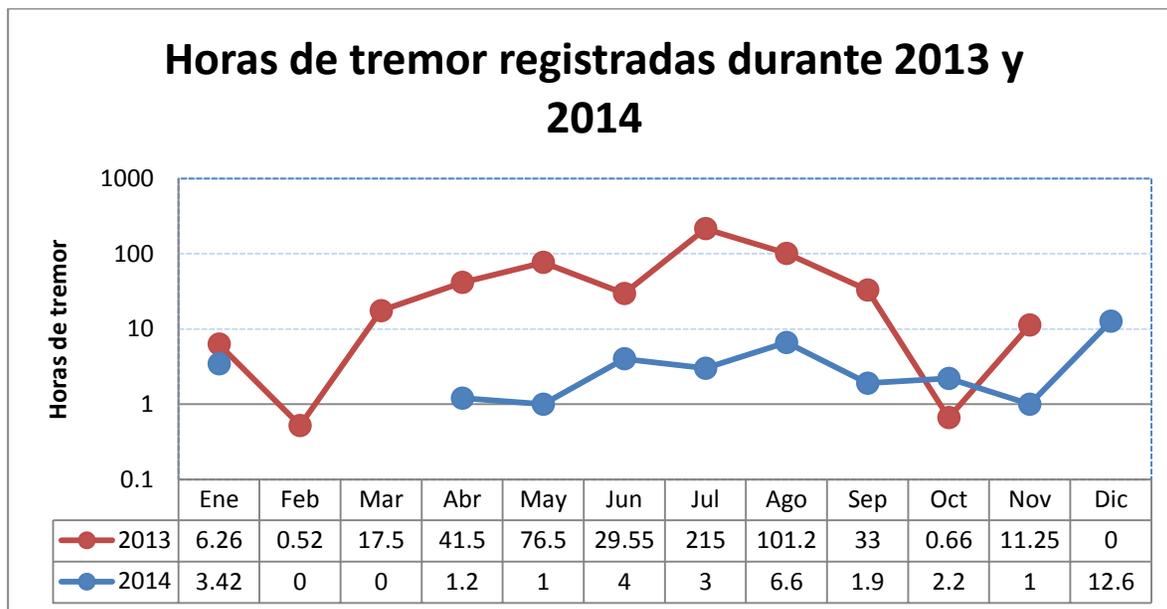


Figura 17 Gráfica de las horas de tremor registradas durante los dos últimos años

En enero se contabilizaron 3 horas con 24 minutos de tremor armónico de muy baja amplitud, el 19 se registraron un total de 100 minutos, su frecuencia fundamental fue de 1 Hz y la amplitud no superó las 1,000 cuentas. Durante febrero y marzo no se registró ningún episodio de tremor y esto es consistente con la baja actividad de eventos de periodo largo. El mes de abril volvieron a registrarse segmentos de tremor dando un total de 72 minutos; al igual que en enero, la amplitud también fue muy baja. El 18 de abril se registraron un total de 53 minutos; este día se registró un sismo de magnitud $M_w=7.2$ en Petatlán, Gro., por lo que es posible que las ondas superficiales generadas por el sismo hayan excitado el sistema volcánico, provocando el movimiento de los fluidos dentro del volcán. En mayo los segmentos registrados apenas sumaron 1 hora. Junio, que fue un mes de alta actividad en cuanto a LP's, también incremento la ocurrencia del tremor, sumando un total de 4 horas, sin embargo la amplitud no incremento de forma significativa.

En julio se registró una hora menos de tremor que en junio, con características similares de baja amplitud y segmentos de corta duración que en total sumaron 3 horas; de igual forma disminuyó el registro de eventos de largo periodo. Para agosto se registraron más de 6 horas de tremor de baja amplitud, que junto con un aumento en el número de LP's acompañaron el emplazamiento del domo número 52. En septiembre los segmentos de tremor registrados suman 1.9 horas, fueron de tipo armónico y en su mayoría de baja amplitud. En la Figura 18 se muestra un segmento registrado el 30 de septiembre, que tuvo una duración de 10 minutos y se registró después de un evento de periodo largo.

Para octubre se contabilizaron 132 minutos de tremor, armónico y monocromático, que en la mayoría de los casos no superaba las 10,000 cuentas (pico a pico). Además, durante el episodio

del tren de exhalaciones se registraron 180 minutos de tremor cuya amplitud alcanzó hasta las 150,000 cuentas (Figura 19).

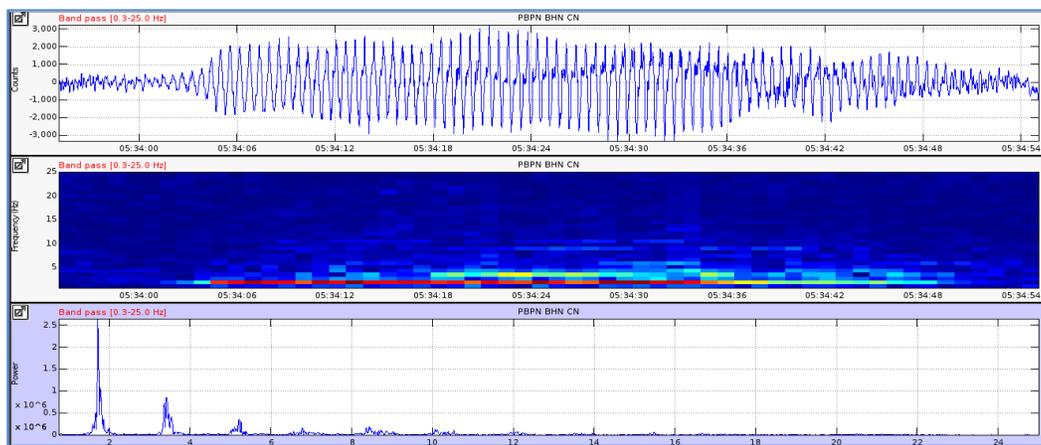


Figura 18 Forma de onda, espectro y espectrograma de uno de los segmentos de tremor armónico ocurrido el 30 de septiembre de 2014

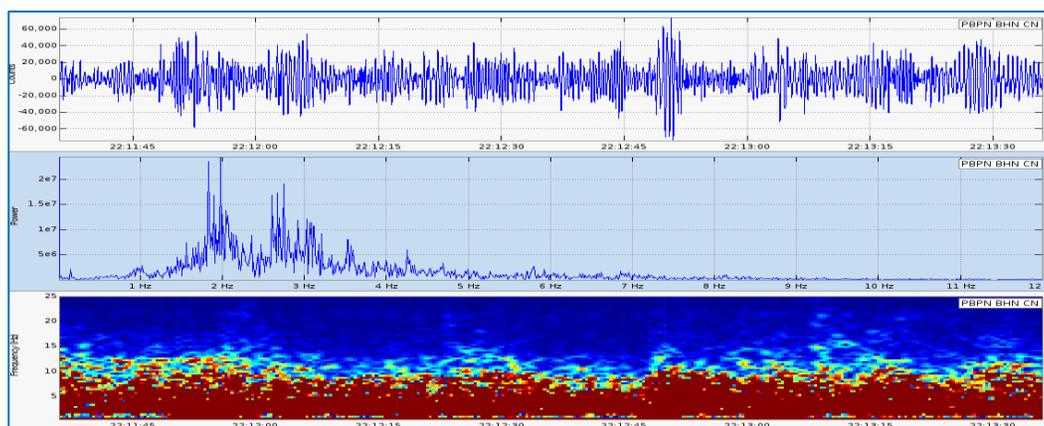


Figura 19 Forma de onda, espectro y espectrograma de uno de los segmentos de tremor registrado el 20 de octubre de 2014, durante el tren de exhalaciones.

Durante noviembre el número de LP's y explosiones fue alto; sin embargo, solo se sumaron 72 minutos de tremor la última semana de noviembre, y no hay una correlación directa con el emplazamiento del domo número 53. En diciembre se registró la mayor cantidad de tremor, sumando un total de 756 minutos, principalmente durante los días 11, 12, 17, 18 y 20 (Figura 20); esta actividad sugirió el emplazamiento del domo número 54, mismo que se destruyó con las explosiones registradas los días 26 y 30 de diciembre.

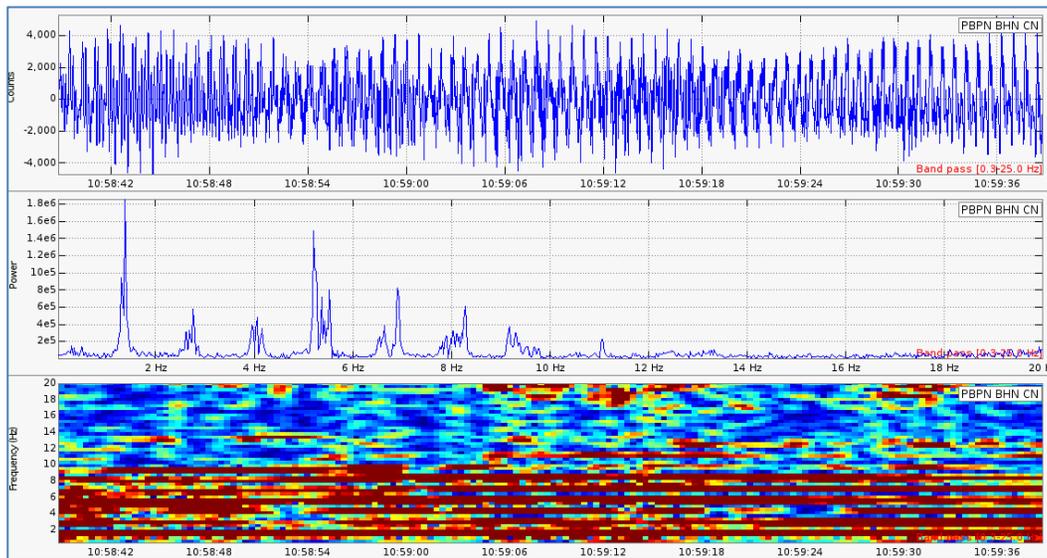


Figura 20 Forma de onda, espectro y espectrograma del segmento de tremor armónico registrado el 12 de diciembre del 2014 en la estación Canario (PBPN)

SISMOS VOLCANOTECTÓNICOS

Los sismos volcanotectónicos nos dan información sobre el estado de esfuerzos en el interior del edificio volcánico. Comparando con la actividad registrada en 2013, podemos observar que, durante los meses de abril, mayo y junio de 2014, el estado de esfuerzos fue considerablemente diferente (Figura 21).

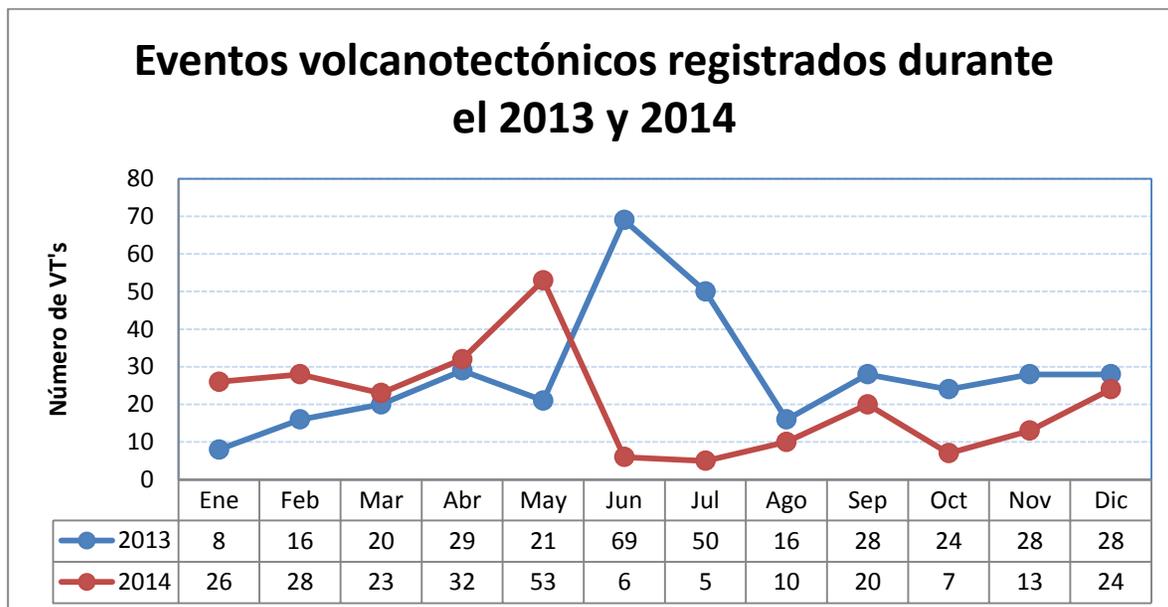


Figura 21 Gráfica del número de eventos volcanotectónicos registrados durante los dos últimos años.

Los VT's registrados de enero a mayo de 2014 se localizaron principalmente en la parte sureste del volcán y algunos de ellos alcanzaron profundidades de hasta 14 km por debajo del cráter. En este periodo se registraron en total 172 eventos, con un máximo en mayo de 53. De junio a septiembre se registraron 41 eventos, también predominantemente localizados hacia la parte

suroeste, solo unos cuantos se ubicaron debajo del cráter. De octubre a diciembre los hipocentros migraron hacia el centro del edificio volcánico y se volvieron más someros (figuras 22, 23 y 24). La migración de los eventos puede indicar una presurización del sistema ante el ascenso de material magmático.

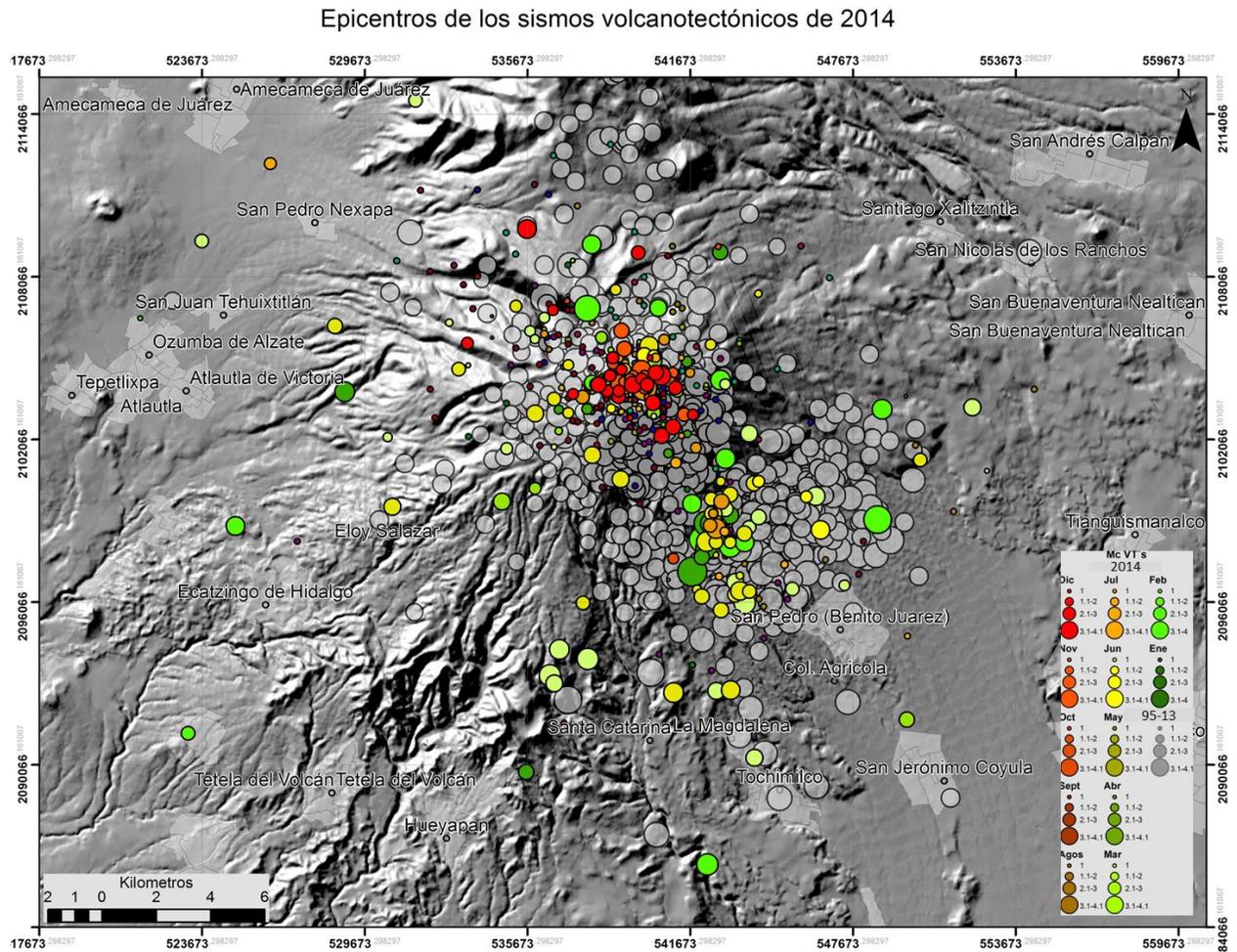


Figura 22 Epícentros de los eventos sísmico ocurridos en 2014

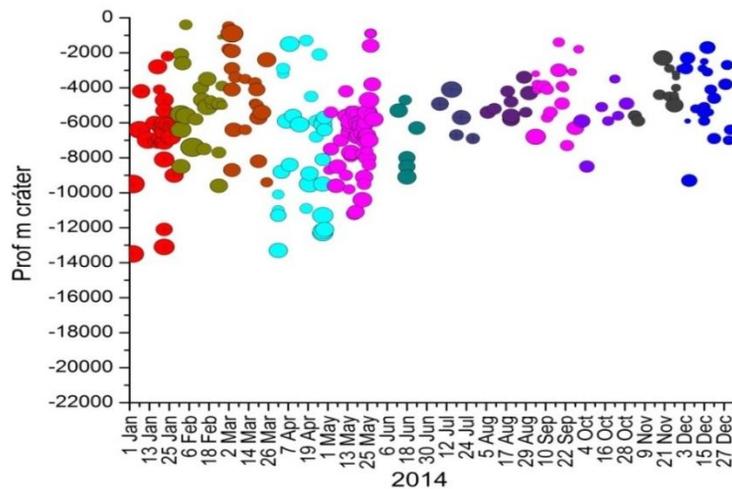


Figura 24 Variación de la profundidad y magnitud de los sismos volcanotectónicos durante 2014. Los colores indican los meses de ocurrencia

ENERGÍA SÍSMICA Y ENERGÍA SÍSMICA ACUMULADA

A lo largo de la primera mitad de 2014, la energía sísmica liberada presentó valores bajos y muy bajos. En octubre, debido a los episodios de tremor, el valor del RSAM alcanzó su valor máximo mensual, con poco más de 100 cuentas. En diciembre, el registro de pequeños episodios de tremor armónico elevaron el valor del RSAM a su valor máximo del mes, con poco menos de 100 cuentas (Figura 25). El acumulado de la energía sísmica liberada durante este año fue de 2,998 cuentas lo que representa apenas el 2.4 % del registro de 2013, que fue de 122,609 cuentas.

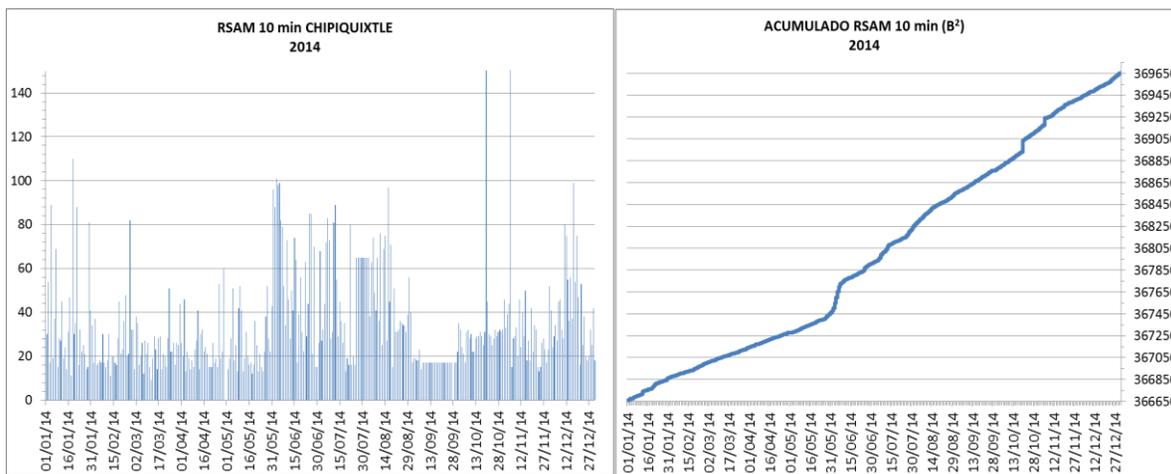


Figura 25 Variación de la energía sísmica liberada durante 2014 en la estación de periodo corto Chipiquixtle

ANOMALÍAS TÉRMICAS

El sistema MODVOLC de la Universidad de Hawaii, basado en el análisis de imágenes MODIS (resolución de 1 km) emitió, durante 2014, 317 alertas de anomalías térmicas en el cráter del Popocatepetl; gran parte de éstas se emitieron durante el primer cuatrimestre del año, destacando enero con 25 reportes, febrero con 28, marzo 32 y abril 28. En este último mes, los días 9 y 26 se presentaron los valores NTI más altos del cuatrimestre, -0.4. A lo largo del segundo cuatrimestre el registro de anomalías térmicas decreció, ya que durante mayo, junio y julio únicamente se registraron, 5 anomalías por mes, con valores de alrededor de 0.75.

Durante agosto se observó un importante incremento en los registros de este sistema de monitoreo. Se emitieron 112 reportes de anomalías térmicas en el cráter del Popocatepetl. De éstos, 110 se emitieron entre los días 9 y 10, poco antes del incremento de eventos de largo periodo y cuatro días después de que se detectara un incremento en el nivel de boro de los manantiales. El valor más alto registrado fue de 0.482, que es el valor más alto registrado desde 2002, mayor aún que el registrado durante la crisis de julio de 2013, que fue de 0.47. También se reportaron anomalías térmicas menores los días 25 y 29, ésta última probablemente asociada al emplazamiento del domo 52.

Para septiembre y octubre el sistema mostró un decremento en las anomalías térmicas, con cuatro reportes por mes y valores muy bajos, alrededor de -0.66. Para el último bimestre del año el promedio de eventos detectados mediante el MODVOLC se incrementó considerablemente, ya que se presentaron, en promedio, 50 registros al mes, con valores de hasta -0.36, sensiblemente más altos que los resgistrados durante el bimestre inmediato anterior.

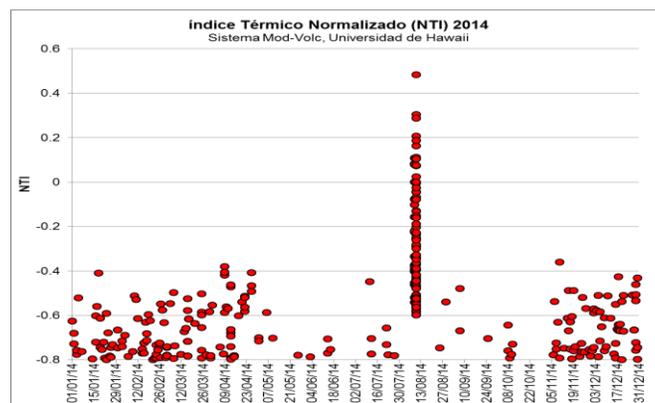


Figura 26 Índice Térmico Normalizado de las anomalías térmicas detectadas por el sistema MODVOLC 2013

MONITOREO DE LA EMISIÓN DE GASES (SO₂) DOAS, MINI-DOAS, COSPEC Y OMI (NASA)

La tasa de emisión de SO₂ del volcán Popocatepetl es medida a través de la red de espectrómetros DOAS del Instituto de Geofísica de la UNAM, de forma continua y en tiempo casi-real, desde inicios de 2011. Además, se realizan mediciones discretas con el equipo COSPEC y algunas veces MINIDOAS. A partir de la crisis registrada en julio de 2013, además de la red de monitoreo de gases del Instituto de Geofísica, la Subdirección de Riesgos Volcánicos del CENAPRED analiza los reportes diarios emitidos por la NASA de la masa de SO₂ medida sobre el Popocatepetl, con el sensor OMI (Figura 51). Las variaciones medidas por la red DOAS-COSPEC y a través del sensor OMI tienen una alta correspondencia, por lo que las mediciones son equiparables.

En general, durante el primer trimestre de 2014, aunque las mediciones presentan fluctuaciones importantes, la tasa de emisión se mantuvo en valores promedio similares o ligeramente más altos que los registrados en el período de octubre a diciembre de 2013. Posteriormente se observó, de marzo a junio, una ligera baja en la emisión de gases. A partir de la mitad del año fue registrada una tendencia a la alza mediante los cuatro sistemas de monitoreo de gases. Sobresalen las mediciones del DOAS del 16 de septiembre, cuando se midieron 14,600 t/día, el 1º de diciembre con un valor de 12,200 t/día y el 31 de diciembre con 13,600 t/día, muy por arriba del valor medio, que fue alrededor de 4,000-5000 t/día. Tanto el MINI-DOAS como el OMI fueron sensibles a este aumento en el flujo de gases. De esta forma, la tasa de emisión terminó el año con valores elevados.

En enero el promedio fue de 5,000 t/día, mientras que en febrero y marzo fue menor a 2,400 t/día en promedio. Estos datos pueden ser subestimados, debido a la dirección de la pluma hacia el noreste donde no se tienen equipos de medición. Durante enero únicamente se realizó, el 30, una campaña de monitoreo de gases con MINI DOAS por parte del Instituto de Geofísica. El resultado obtenido fue de 2,700 t/día. Los datos DOAS registraron durante casi todo el mes valores promedio de 3,000 t/día. En febrero se realizaron, dos campañas de medición de gases con COSPEC, los días 11 y 25. Los resultados obtenidos fueron de 3,600 y 4,300 t/día, respectivamente. Los datos DOAS registraron, durante casi todo el mes, valores promedio de SO₂ de 2,500 t/día. A lo largo de marzo se realizaron dos campañas de medición de gases con COSPEC, los días 11 y 25. Los resultados obtenidos fueron de 4,900 y 5,100 t/día, respectivamente, mientras que los datos DOAS registraron, durante casi todo el mes, valores promedio de 2,900 t/día de SO₂, muy por debajo del valor base, que es de 5,000 t/día, mientras que los datos COSPEC mostraron una ligera tendencia a la alza. El valor promedio que se midió con el sistema OMI durante marzo fue de 824 t/día, que contrasta con las 6,700 t/día medidas el 5 de julio de 2013 durante la crisis volcánica de aquel mes. Los días 8 y 22 de abril los resultados obtenidos mediante el COSPEC fueron de 3,000 y 5,300 t/día, respectivamente. Los datos DOAS registraron durante casi todo el mes valores promedio de SO₂ de 2,080 t/día, aunque con valores máximos de 4,800 t/día el 8 y 15,000 t/día el 27. El valor promedio que se midió con el sistema OMI durante el mes de abril fue de 483 t/día. El 7 y 22 de mayo los resultados obtenidos con DOAS fueron de 8,300 y 2,300 t/día, respectivamente. El valor promedio que se midió con el sistema OMI durante mayo fue de 396 t/día.

En general, los tres sistemas de monitoreo de gases tuvieron un comportamiento al alza durante junio, con picos máximos entre el 17 y el 20, que relacionan bien con los eventos explosivos registrados el 18 y 19. Durante junio se realizaron dos campañas de medición de gases con COSPEC, los días 5 y 17, con resultados de 3,000 y 4,400 t/día, respectivamente, mientras que el DOAS tuvo un valor promedio de 1,300 t/día con un pico máximo de 4,600 t/día el 27 de junio. El valor promedio que se midió con el sistema OMI durante junio fue de 400 t/día, con un pico máximo, medido el 5 de junio, de 1,800 t/día. Durante julio se realizaron dos campañas de medición de gases con COSPEC, los días 1 y 15, midiendo 6,100 y 3,900 t/día, respectivamente. El DOAS obtuvo un valor promedio de 2,400 t/día con un pico máximo de 7,000 t/día el 19 de julio. El valor promedio que se midió con el sistema OMI durante el mes de julio fue de 450 t/día, con un pico máximo el 10 de julio de 1,100 t/día. Los resultados obtenidos con COSPEC los días 12 y 26 de julio fueron de 2,100 y 5,500 t/día, respectivamente. El DOAS tuvo un valor promedio de 2,100 t/día, con un pico máximo de 5,800 t/día el 14 de agosto. El valor promedio medido a través del sistema OMI fue de 300 t/día, con un pico máximo medido el 25 de agosto, de 1,000 t/día. Durante septiembre el sistema DOAS registró el pico más alto del año, 14,600 t/día el 16 de septiembre; este mismo día se presentaron más de 100 LP's. En este mes sólo se realizó una campaña para medir SO₂ con COSPEC, el 11 de agosto se midió un flujo de 2,000 t/día. El valor promedio medido a través del sistema OMI fue de 500 t/día.

Durante octubre el sistema DOAS presentó valores más bajos. El máximo de 5,900 t/día se registró el día 1º. En este mes no se realizaron campañas de COSPEC. El valor promedio medido a través del sistema OMI fue de 573 t/día, con un pico máximo medido el 30 de 1,600 t/día. En noviembre se realizaron dos campañas para la medición de gases con COSPEC los días 11 y 25 de noviembre, se obtuvieron 3,400 y 7,100 t/día, respectivamente. El valor promedio medido a través del sistema OMI fue de 890 t/día, 300 toneladas más que el mes anterior, con un pico máximo el día 15 de 3,500 t/día, 2,000 toneladas más que el pico máximo del mes anterior. Para diciembre, el sistema DOAS presentó valores promedio más bajos que el mes anterior, con un valor de 4,000 t/día, pero con pico máximo el día primero de 12,200 t/día y otro el 31 de diciembre de 13,600 t/día. Durante este mes no se realizaron campañas para la medición de

gases con COSPEC. El valor promedio medido a través del sistema OMI fue de 550 t/día, 300 toneladas menos que el mes anterior, con dos picos máximos el día 1º (3,500 t/día) y entre el 16 y 17 (2,000 t/día). En general, tanto el DOAS como el OMI, mostraron un significativo incremento a lo largo del último mes del año.

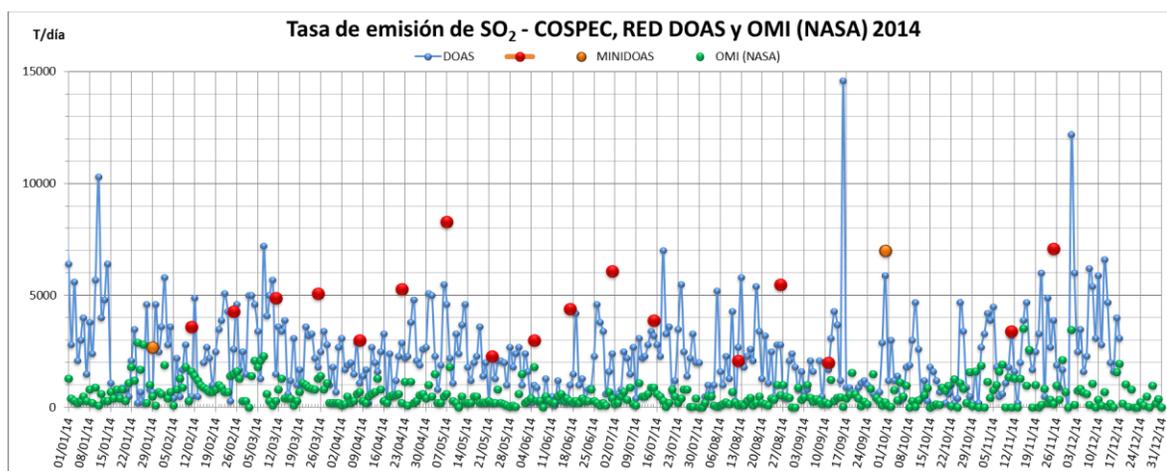


Figura 27 Mediciones obtenidas con la red DOAS-COSPEC del CENAPRED-UNAM y el sensor OMI de la NASA durante 2013

Monitoreo geoquímico de aguas

A lo largo de 2014 se realizaron siete campañas de muestreo de aguas en cinco manantiales alrededor del volcán Popocatepetl (Figura 28): en enero, abril, mayo, dos veces en agosto, septiembre y noviembre. Se midieron *in situ* temperatura, pH y conductividad (Tabla 2), parámetros para los cuales se tienen datos desde 2001 (Figura 29). Además, se tomaron muestras del agua para analizar iones en el laboratorio. Las muestras de aguas fueron entregadas al Laboratorio de Química Analítica del Instituto de Geofísica de la UNAM y al Laboratorio de Muestras Ambientales del CENAPRED, para su análisis.

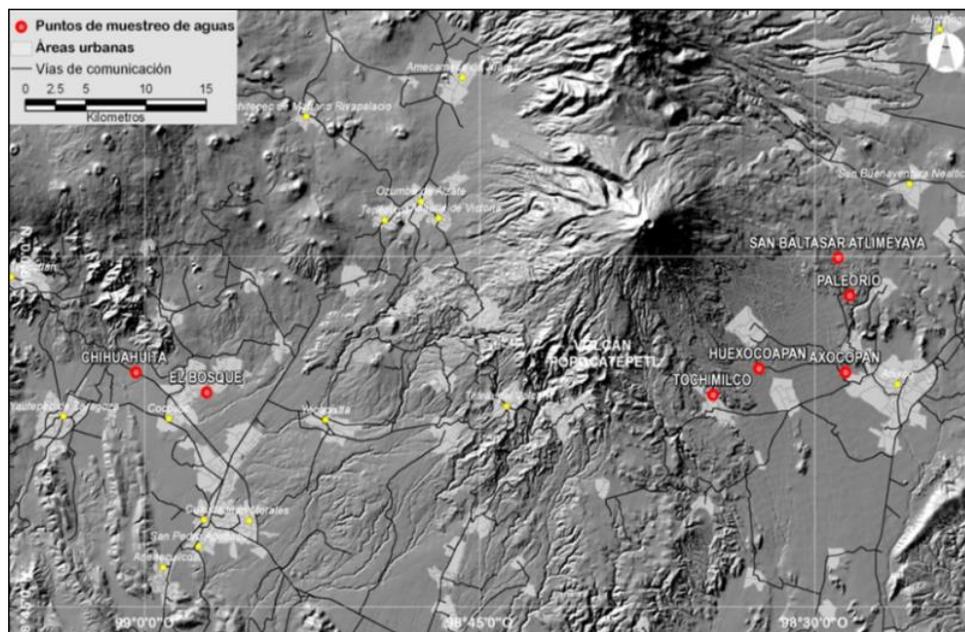
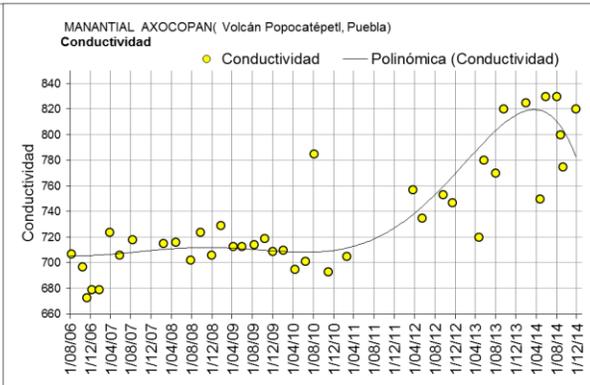
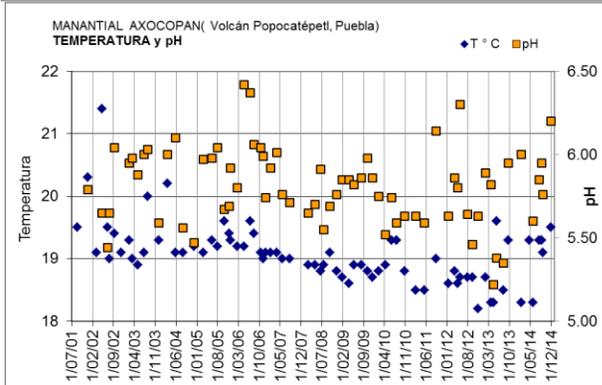
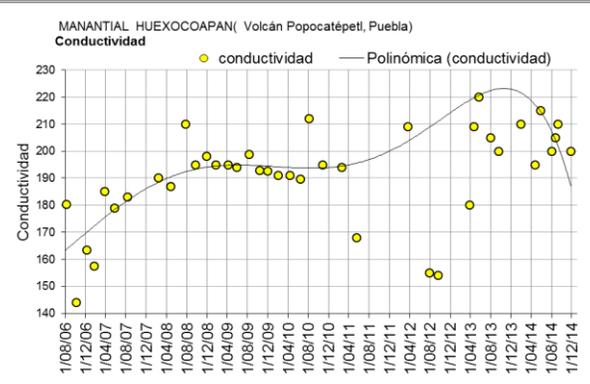
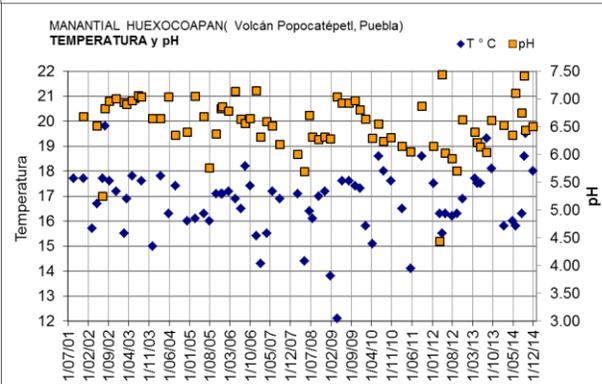
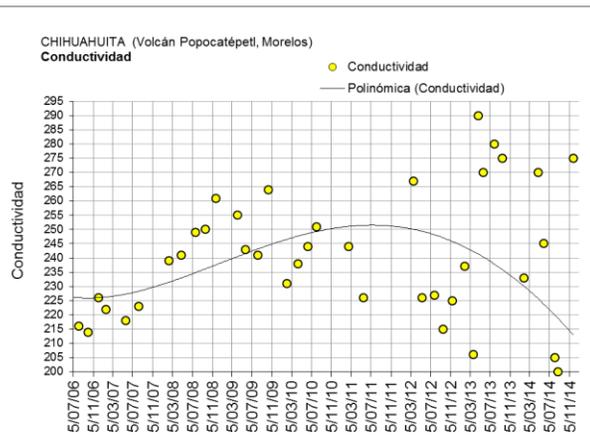
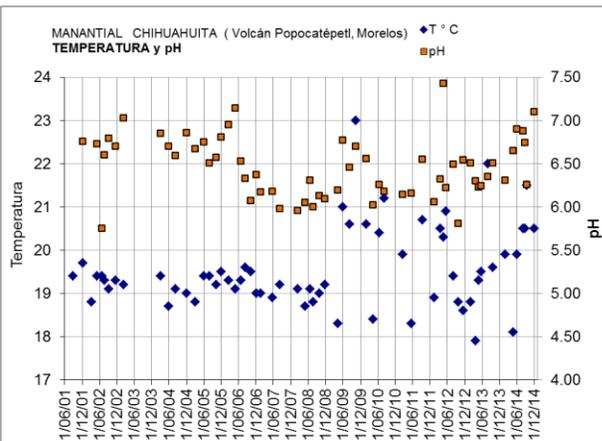


Figura 28 Ubicación de los manantiales que forman parte de la red de monitoreo hidrogeoquímico del Popocatepetl

En lo que se refiere a los datos obtenidos en campo, no se registraron cambios significativos en la temperatura y el pH de los manantiales durante los muestreos de la primera mitad del año (Tabla 2). Sin embargo, en los dos muestreos realizados durante agosto se observó una ligera disminución en el pH de todos los manantiales, tendencia que se mantuvo hasta el último muestreo del año, en noviembre (Tabla 2).

PUNTO DE MUESTREO	FECHA	T °C	pH	CONDUCTIVIDAD (μS/cm)
CHIHUAHUITA	30/01/2014	18.1	6.65	233
	24/04/2014	19.9	6.9	270
	28/05/2014	20.5	6.875	245
	04/08/2014	20.5	6.74	230
	26/08/2014	21.5	6.259	215
	09/09/2014	20.5	7.1	90
	27/11/2014	19.9	7.17	275
HUEXOCOAPAN	29/01/2014	16	6.34	210
	24/04/2014	15.8	7.1	195
	28/05/2014	16.3	6.74	215
	04/08/2014	18.6	7.41	210
	26/08/2014	19.5	6.43	205
	09/09/2014	18	6.5	210
	27/11/2014	15.8	7.38	200
AXOCOPAN	29/01/2014	19.3	6.55	825
	24/04/2014	18.3	5.6	750
	28/05/2014	19.3	5.85	830
	04/08/2014	19.3	5.95	830
	26/08/2014	19.1	5.76	800
	09/09/2014	19.5	6.2	775
	27/11/2014	18.3	6.23	820
SAN BALTASAR ATLIMEYAYA	29/01/2014	19.6	6.41	198
	24/04/2014	12.6	6.3	179
	28/05/2014	19.5	6.835	185
	04/08/2014	23.7	6.6	180
	26/08/2014	24	6.69	175
	09/09/2014	23	6.9	180
	27/11/2014	12.6	7.27	190
TOCHIMILCO	30/01/2014	13.6	6.75	185
	28/05/2014	13.5	6.436	185
	04/08/2014	15	6.92	180
	26/08/2014	14.5	6.52	175
	09/09/2014	14	6.8	90
	27/11/2014	13	6.87	185

Tabla 2 Datos de temperatura, pH y conductividad de los manantiales del Popocatepetl 2013



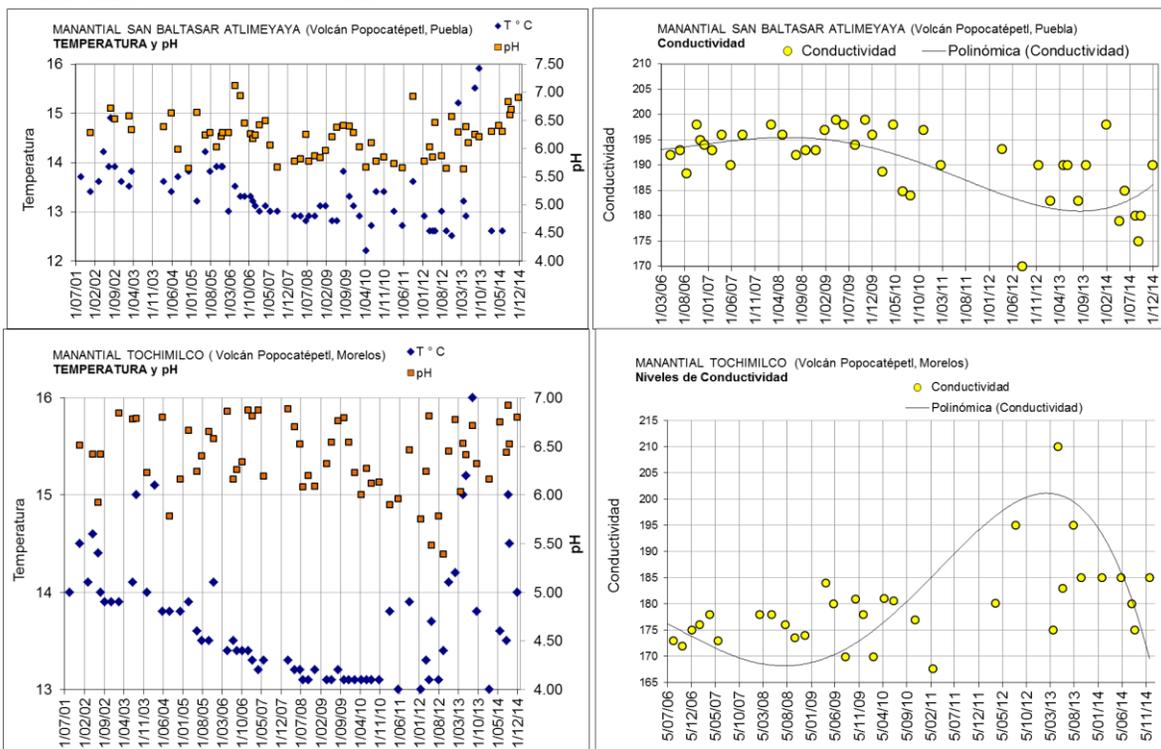


Figura 29 Datos de temperatura, pH y conductividad, desde 2001 a septiembre de 2013 medidos en siete manantiales alrededor del Popocatepetl

El Laboratorio de Química Analítica de la UNAM y el Laboratorio de Muestras Ambientales del CENAPRED reportaron que, para los muestreos realizados durante el primer semestre del año, no se observaron cambios importantes en las concentraciones de iones mayores. Se mantuvo la presencia de boro en el manantial Axocopan, en concentraciones ligeramente por arriba del límite de detección.

Para el muestreo del 4 de agosto no se presentaron variaciones significativas respecto de los resultados históricos del volcán. Sin embargo, comparando con los datos del primer semestre del año, en la muestra de Huexocoapan aumentó la concentración de cloruros y disminuyó la concentración de bicarbonatos, sulfatos, sodio, potasio, magnesio y calcio, llegando en algunos casos a las concentraciones que se tenían en muestreos anteriores. En el caso de cloruros, aumentó 40% la concentración en Chihuahuita y disminuyó 60% en Tochimilco. De las cinco muestras analizadas, en cuatro se encontró boro, una mayor concentración en Axocopan y Chihuahuita, y concentraciones en el límite de detección en Huexocoapan y San Baltazar.

Para el 26 de agosto disminuyó la concentración de calcio (2-50%) y sodio (12-22%) y aumentó el contenido de sulfatos (5-20%) y flúor (2-17%). En el caso particular de Huexocoapan, se observó una disminución en la concentración de sulfatos (33%), cloruros (47%) y potasio (20%). Finalmente, a diferencia del muestreo de inicios de mes, no se encontró boro en las muestras analizadas, por arriba del límite de detección del método utilizado, que es de 0.25 mg/L. El laboratorio de Muestras Ambientales del CENAPRED reportó que, de las cinco muestras analizadas, sólo en San Baltazar se encontró boro, en una concentración de 0.38 mg/l. Puede deducirse que a inicios de agosto se presentó un importante incremento en el aporte de los gases volcánicos al sistema acuífero, que precedió al emplazamiento del domo 52.

Para septiembre ambos laboratorios encontraron que las concentraciones de iones mayores fluctuaron ligeramente respecto a fines de agosto, sin presentar tendencias definidas. La concentración de boro en Axocopan se incrementó ligeramente a 0.3 ppm y se mantuvo por debajo del límite de detección en otros sitios. Además, se encontró que continúa el incremento de CO₂ en Axocopan y Chihuahuita, aunque se observó un ligero decremento en Atlimeyaya y Huexocoapan. No se detectó presencia de sulfuros en ninguna de las muestras.

Por otro lado, analizando los datos obtenidos en septiembre, se observó un aumento de calcio (20-40%) en todas las muestras a excepción de San Baltazar, que disminuyó 26%, y un aumento de sodio (30-50%) en Chihuahuita, Huexocoapan y Tochimilco. De manera particular, la muestra de Chihuahuita presentó un aumento de cloruros, calcio y sodio en un 25 %, potasio y sulfatos en un 16%. De las cinco muestras analizadas, sólo en Axocopan se encontró boro, en una concentración de 0.40 mg/l.

En el último muestreo del año, llevado a cabo en noviembre, el Laboratorio de Química Analítica del Instituto de Geofísica de la UNAM, detectó boro en uno de los manantiales (Axocopan), con una concentración menor aproximadamente en 50% respecto a la determinada en septiembre. Las concentraciones de CO₂ calculadas con los datos de pH medidos en el laboratorio mostraron un aumento en Atlimeyaya (casi cinco veces respecto al muestreo anterior y similar a la medida en enero de 2014), mantuvieron casi el mismo valor en Axocopan (aproximadamente 100%) y Chihuahuita (aproximadamente 35%). No se detectó presencia de sulfuros en ninguna de las muestras. El Laboratorio de Muestras Ambientales del CENAPRED reportó que, en general, no se presentaron variaciones significativas respecto al rango de las concentraciones de los resultados históricos del volcán.

Los resultados de ambos laboratorios indican que a partir del segundo semestre del año aumentó ligeramente el aporte de gases volcánicos hacia el acuífero.

OBSERVACIONES DEL DOMO

Durante 2014 se realizaron siete vuelos de reconocimiento al cráter del volcán Popocatepetl, que fueron complementados con informes proporcionados por el United States Geological Survey.

Durante febrero de 2014 se realizaron dos vuelos con el apoyo de la Secretaría de Marina-Armada de México, en un avión Casa-235, con personal del CENAPRED y de la misma Secretaría de Marina-Armada de México.

Durante el vuelo del 11 de febrero pudo observarse claramente el interior del cráter, lo que permitió confirmar que el domo número 48 (Figura 30) continuó su crecimiento lento desde noviembre de 2013, rellorando parcialmente el cráter interno y alcanzado un diámetro de unos 200 m. Este domo estaba confinado dentro del cráter interno que se formó en julio de 2013, y a unos 50 m por debajo del nivel promedio del piso del cráter principal.

Mediante la cámara FLIR (infrarroja térmica) del avión de la SEMAR fue posible definir con precisión los límites del domo en el interior del cráter interno, gracias a su elevada temperatura relativa (Figura 31).

Desde el vuelo anterior, realizado el 22 de noviembre de 2013, el nivel del domo se elevó menos de 10 metros, lo que implica un volumen aproximado de 242,000 m³, es decir, 275 m³ diarios.



Figura 30 Detalle del cráter interno, donde se alojaba el domo 48, de unos 200 m de diámetro

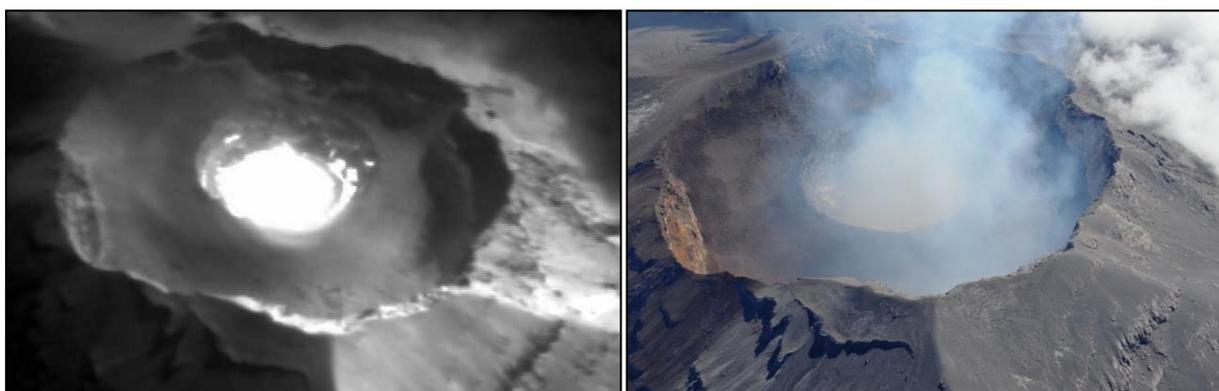


Figura 31 Imágenes infrarroja (izquierda) y visible (derecha) del cráter del Popocatepetl

Después de varios meses de relativa calma, entre el 19 y el 22 de febrero se presentaron varias explosiones que destruyeron el domo 48, por lo que se solicitó un vuelo para comprobarlo y analizar sus remanentes. Dicho vuelo fue realizado el 26 de febrero. Ese día, por la madrugada (2:30 h), dio inicio un tren de exhalaciones continuas y muy pequeñas, que duró hasta el día siguiente y en el que se contabilizaron más de 800 eventos de periodo largo, entre *pulgas* y exhalaciones.

Durante el vuelo de ese día pudo observarse claramente el interior del cráter (Figura 32), lo que permitió confirmar que el domo 48 fue destruido por las explosiones ocurridas los días 21 a 23 de febrero. En su lugar quedó un agujero en forma de embudo, de unos 80 m de profundidad respecto del piso del cráter principal (Figura 33), en cuyo fondo pudo verse el incipiente domo 49, de unos 30 m de diámetro y 10 m de espesor, que probablemente inició su crecimiento esa misma madrugada.



Figura 32 Vista general del cráter del Popocatepetl con las principales dimensiones marcadas



Figura 33 Izquierda, detalle del cráter interno, el embudo formado por la destrucción del domo 48, y en el fondo el domo 49, con unos 30 m de diámetro, y emitiendo una exhalación. Derecha, detalle del domo 49, de unos 30 m de diámetro y 10 m de espesor

Durante todo marzo, el nivel de actividad fue sumamente bajo, aunque en todo momento se observó, por las noches, incandescencia sobre el cráter, lo que indica que el domo se mantuvo caliente. Sin embargo, desde principios de abril pudo registrarse un leve incremento en el nivel de actividad, con la presencia de un mayor número de eventos de periodo largo por día acompañando el crecimiento del domo 49, así como algunas explosiones que lanzaron fragmentos incandescentes hacia las laderas externas y produjeron columnas eruptivas de cenizas y gases, de hasta 2 km de altura, como las ocurridas el 13 de abril. El mayor crecimiento del domo debe haber ocurrido principalmente entre los días 13 y 18 de abril, cuando se detectaron varios episodios de tremor armónico de baja amplitud.

Según observaciones del USGS, mediante sensores remotos (Pallister, *com. pers.*), para el 13 de abril el diámetro del domo había alcanzado entre 70 y 100 m, y para el 21 de abril tenía un diámetro superior a los 150 m y estaba desinflado en el centro. No se detectaron cambios en el domo en el resto del mes. El incremento de actividad durante abril culminó en una serie de explosiones en la última semana del mes, algunas de las cuales generaron columnas de ceniza de hasta 2 km de altura y lanzaron fragmentos incandescentes a distancias de hasta 500 m desde el cráter, que luego rodaron ladera abajo hasta la base del cono principal, a 2 km del cráter.

El único vuelo realizado durante junio fue el día 9; las condiciones de nubosidad, así como la intensa emisión de vapor de agua, únicamente permitieron confirmar la presencia de un nuevo domo (No. 50), confinado dentro del cráter interno, sin que se lograra una estimación de sus dimensiones (Figura 34).



Figura 34 Vistas del interior del cráter el 9 de junio, mostrando la fuerte emanación de gases a partir del domo situado en el cráter interno

Mediante la cámara FLIR (infrarroja térmica) con que cuenta el avión de la SEMAR, se pudo detectar una anomalía térmica en la denominada “franja rocosa”, situada en la parte alta de la ladera noroeste, en la misma zona en que ocasionalmente se ha observado la presencia de fumarolas cuando el sistema del volcán se encuentra presurizado (Figura 35).

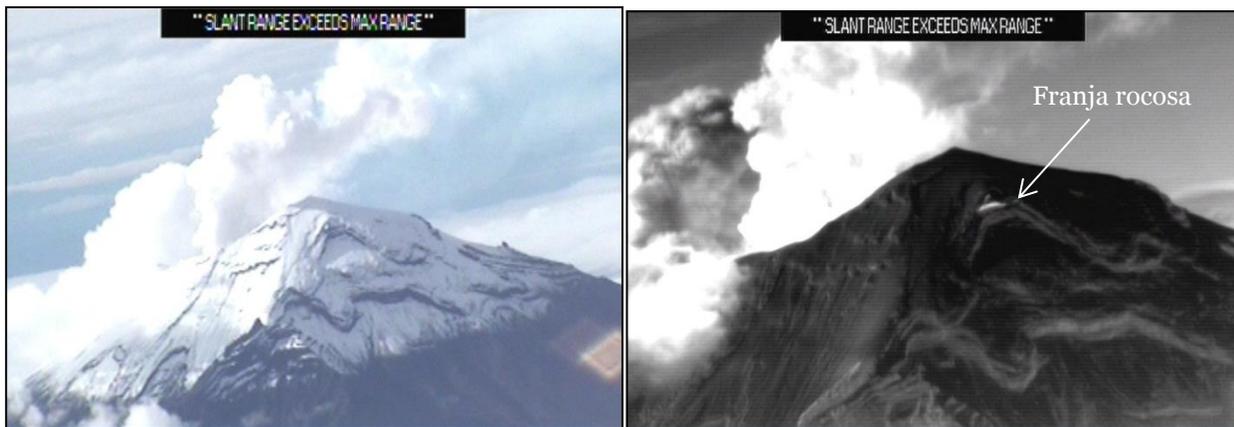


Figura 35 Izquierda: imagen visible. Derecha: imagen infrarroja con la anomalía térmica en la “franja rocosa” del flanco noroeste

Sin embargo, informes proporcionados por el USGS y el análisis de la sismicidad permitieron seguir la evolución del domo No. 50. La primera indicación de su aparición en el fondo del cráter interno se vio el 2 de junio. Para el 4 de junio, día en el que se alcanzó el máximo de exhalaciones, alcanzaba dimensiones de 155 x 125 metros. El número de LP's diario fue disminuyendo paulatinamente y el domo se mantuvo creciendo lentamente hasta alcanzar, el 16 de junio, dimensiones de 175 x 155 m y un espesor de 20 m, lo que permitió calcular un volumen mínimo de $4.26 \times 10^5 \text{ m}^3$.

El 18 y 19 de junio se presentaron explosiones que generaron columnas de cenizas de hasta 2.5 km de altura y que posiblemente marcaron la destrucción del domo 50, puesto que para el 25 de

junio se pudo observar, en las imágenes satelitales, que el domo conservaba un diámetro de 175 m, pero la porción central se había desinflado y su ápice hundido por debajo de los bordes. Entre el 8 y el 11 de julio se presentaron explosiones que generaron columnas de cenizas, que marcaron la destrucción del domo 50. Alrededor del 12 de julio se emplazó otro domo (No. 51), de 70 m de diámetro y espesor estimado en 10 m, por encima de la superficie desinflada del domo 50. El único vuelo realizado durante julio fue el día 30; las condiciones de nubosidad, así como la intensa emisión de vapor de agua, únicamente permitieron confirmar la presencia de ese nuevo domo, confinado dentro del cráter interno, sin que se lograra una estimación de sus dimensiones (Figura 36).

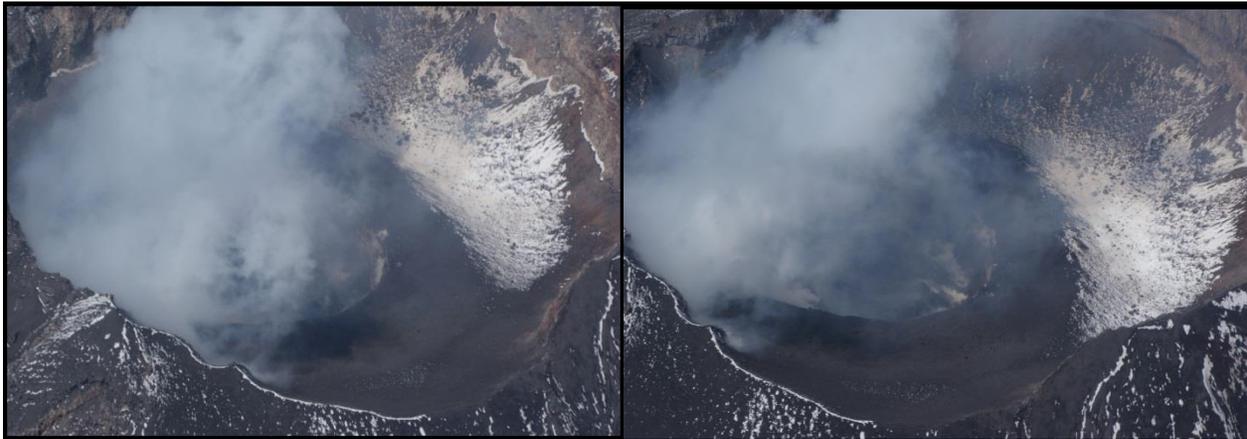


Figura 36 *Vistas del cráter el 30 de julio, mostrando la fuerte emanación de gases a partir del domo situado en el cráter interno*

Durante agosto no se realizaron sobrevuelos al volcán. Sin embargo, información proporcionada por el USGS confirmó que hasta el 26 de agosto no se registró crecimiento del domo 51; en cambio, la superficie del mismo presentó una marcada subsidencia. El 27 de agosto inició el emplazamiento del domo 52, que fue seguido por las dos explosiones registradas el día 31. Para el 2 de septiembre este domo había alcanzado 160 m de diámetro, presentando una boca central y anillos de presión concéntricos en su superficie. El 14 de octubre se pudo realizar un sobrevuelo, con apoyo de la Policía Federal, y se pudo ver que el cráter interno había aumentado su diámetro alcanzando unos 350 m, y no se observaron restos del domo 52; en su lugar se encontró un relleno de tefra (Figuras 37 y 38). Pudo observarse también que la mayor parte de las emisiones de vapor de agua provenían de una fisura en la pared noreste del cráter interno, mientras que las emisiones con ceniza, de un color gris pardo, se originaban en el fondo del cráter, en la zona cubierta de tefra (Figura 38).

Durante el vuelo del 6 de noviembre se pudo percibir que la actividad de la noche del 4 al 5 de noviembre depositó abundantes fragmentos sobre la ladera norte (Figura 39).



Figura 37 Detalle del cráter interno, mostrando el piso formado por tefras, en el que se ven algunos pequeños cráteres producto de las últimas exhalaciones importantes



Figura 38 Detalle del cráter interno. Puede verse que las emisiones de vapor de agua, de color blanco a gris claro, se originan en una fisura de la pared noreste del cráter, mientras que las emisiones con ceniza, como la pequeña del centro, se originan en la porción cubierta de tefra del fondo del cráter.



Figura 39 Vista del cono del volcán Popocatepetl; la zona cubierta de material oscuro en la ladera norte (derecha) corresponde al área donde estuvieron cayendo fragmentos incandescentes durante la actividad del 4-5 de noviembre

El cráter interno presentaba un domo de lava (el No. 53) de color café, con un diámetro de alrededor de 250 m y un grosor de alrededor de 30, en cuyo centro se presentó un nuevo crecimiento de unos 70 m de diámetro, de color más oscuro, casi negro. Información proporcionada por el United States Geological Survey confirma que este domo se emplazó durante el episodio eruptivo del 4-5 de noviembre (figuras 40 y 41).



Figura 40 A la izquierda vista del cráter del Popocatepetl, en que se puede apreciar el cráter interno de unos 300 m de diámetro, con el fondo ocupado por el domo 53, de unos 250 m de diámetro y 30 de espesor. A la derecha, detalle del cráter interno y el domo en forma de torta. La porción más oscura al centro probablemente se emplazó la noche del 4 al 5 de noviembre. Se aprecian también depósitos amarillos de azufre en las cercanías de las fumarolas



Figura 41 Comparativo del fondo del cráter interno entre el 14 de octubre (izquierda) y el 6 de noviembre (derecha). Se puede apreciar que el nuevo domo ha ocupado todo el piso del cráter interno. Ambas fotografías fueron tomadas desde la misma dirección

Adicionalmente, el 6 de noviembre, pocas horas antes de que se realizara el sobrevuelo, se registró un derrumbe en la ladera suroeste del volcán. Durante el sobrevuelo se vio la cicatriz dejada por el derrumbe así como los fragmentos caídos (Figura 42). Este fenómeno se debe a la gelifracción, que consiste en el congelamiento y expansión del agua en las grietas de la roca, provocando rompimientos; al descongelarse el agua, los fragmentos de roca se desplazan ladera abajo. Dicho fenómeno no está directamente relacionado con la actividad del volcán.

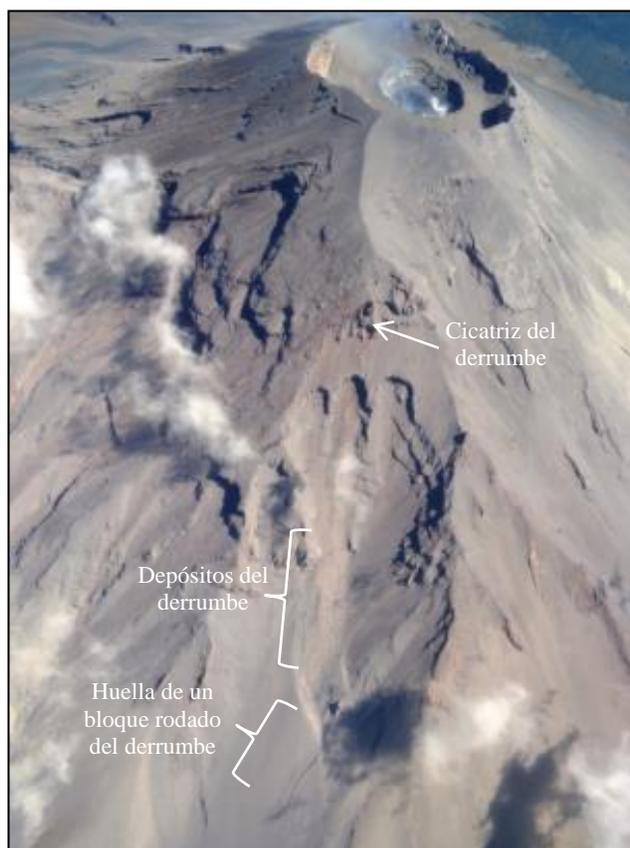


Figura 42 Cara suroeste del volcán, mostrando las huellas del derrumbe en la ladera exterior

Lo observado confirma que la actividad observada a principios de noviembre estuvo asociada al emplazamiento del domo 53 del presente periodo eruptivo. Este domo tuvo un volumen de aproximadamente 1.47 millones de m³, lo que lo hace uno de los más grandes domos emplazados desde 2011. Asimismo, si se considera que este volumen se emplazó durante el episodio registrado la noche del 4 al 5 de noviembre, la tasa de emplazamiento, de 82 m³/s, fue bastante elevada.

Información proporcionada por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) indica que el domo 53 fue destruido durante las explosiones ocurridas los días 9 y 10 de noviembre, ya que para el 10 de noviembre el fondo del cráter ya no presentaba domo, situación que se mantuvo al menos hasta el 5 de diciembre (Figura 43).

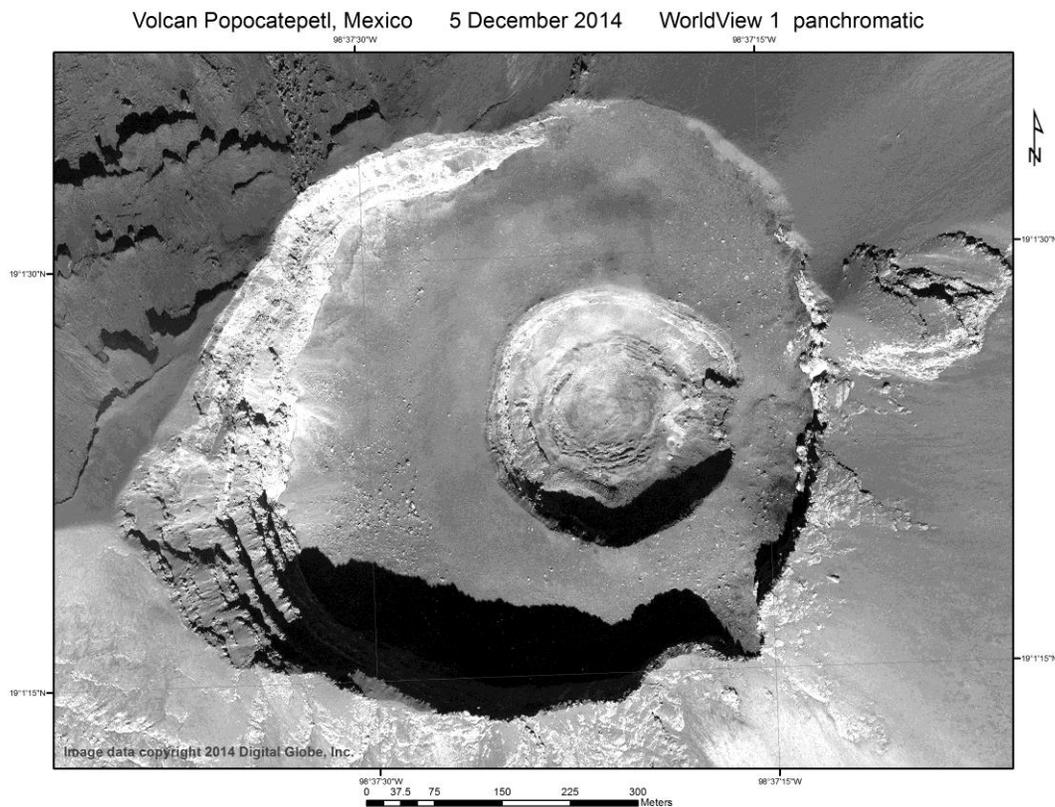


Figura 43 Imagen del cráter del Popocatépetl obtenida por el USGS mediante el satélite WorldView1, que muestra el fondo del cráter interno sin domo

Durante el vuelo del 19 de diciembre pudo corroborarse que, desde la destrucción del domo 53 por las explosiones ocurridas el 9 y 10 de noviembre de 2014, no se había vuelto a formar un domo en el interior del cráter del Popocatépetl (Figura 44). Sin embargo, información proporcionada por el USGS indica que entre el 19 y el 24 de diciembre se emplazó el domo No. 54, que alcanzó 90 m de diámetro antes de ser destruido por las explosiones ocurridas entre el 24 y el 27, cuando ya había sido totalmente destruido y cubierto de tefra. Una imagen proporcionada por el ciudadano Vico Gutiérrez Fernández, obtenida durante un sobrevuelo realizado en ultraligero el 29 de diciembre (Figura 45), confirma que hasta final de mes no se mantenía la morfología interna del cráter, sin evidencias del emplazamiento de un nuevo domo.



Figura 44 Vista del cráter del volcán Popocatepetl el 19 de diciembre; no se observa la presencia de domo



Figura 45 Imagen proporcionada por el ciudadano Vico Gutiérrez Fernández, obtenida durante un sobrevuelo realizado en ultraligero el 29 de diciembre

DIAGNÓSTICO

Durante el primer trimestre del año hubo un bajo registro de eventos de periodo largo, explosiones y tremor; sin embargo, el registro de eventos volcanotectónicos se mantuvo alto, lo que indica una acumulación de esfuerzos en el volcán. Durante estos meses el registro de anomalías térmicas fue bajo, la emisión de SO₂ se mantuvo en valores promedio, aunque la presencia de boro y la baja en pH en los manantiales indicaban un posible aporte de gases magmáticos al acuífero. En los meses de abril y mayo el número de explosiones y segmentos de tremor disminuyeron, mientras que el número de VT's y LP's aumentó, lo que sugiere que el sistema estaba presurizado y se estaban liberando esfuerzos. En junio el número de LP's se duplicó, los segmentos de tremor se triplicaron, las explosiones continuaron disminuyendo y el registro de los VT's cayó drásticamente, indicando que el volcán ya había liberado esfuerzos y tenía los conductos libres para dar paso a la salida de material. Durante julio se dio una relajación, LP's, VT's y el tremor disminuyeron mientras que el número de explosiones permaneció constante. Para agosto el sistema se comenzaba a presurizar de nueva cuenta, ya que aumentó el número de VT's, LP's, tremor y explosiones. En agosto aumentó la concentración de boro en cuatro de cinco manantiales muestreados y se observó un importante incremento en el registro de anomalías térmicas, principalmente entre los días 9 y 10, poco antes del incremento de eventos de periodo largo y cuatro días después de que se detectara un incremento en el nivel de boro de los manantiales. El valor más alto registrado fue de 0.482, que es el valor más alto registrado desde 2002, mayor aún que el registrado durante la crisis de julio de 2013. En septiembre el registro de volcanotectónicos volvió a duplicarse y los eventos de periodo largo, explosiones y tremor disminuyeron nuevamente, confirmando que el sistema se encontraba presurizado. Durante octubre disminuyeron los VT's y las explosiones y aumentó el número de eventos de periodo largo y tremor, sugiriendo conductos abiertos nuevamente. Finalmente noviembre y diciembre presentaron actividad intensa, que se manifestó con el incremento de las 4 señales sísmicas; además, tanto el DOAS como el OMI mostraron un significativo incremento a lo largo del último mes del año.

Por otro lado, desde finales de 2013 se ha observado una clara tendencia de los sismos volcanotectónicos hacia la superficie. Esta tendencia inició en octubre de aquel año con sismos localizados a más de 17 kilómetros de profundidad, los más profundos en la historia reciente del volcán, probablemente asociados a la intrusión de nuevo material magmático profundo. En aquel año, un análisis realizado por la Dra. Ana Lillian Martin a las cenizas emitidas durante uno de los eventos eruptivos dejó ver la presencia de material ferromagnesiano, de origen profundo, en las cenizas del Popocatepetl. A lo largo del 2014 se observó que, mes con mes, los VT's fueron cada vez más someros, indicando claramente el ascenso de fluidos.

Es posible entonces que, durante los primeros meses del 2015, se presente un incremento en la actividad del volcán, posiblemente caracterizado por el aumento en el número de sismos de periodo largo y periodos de tremor, que acompañen el crecimiento de domos de lava. Estos domos probablemente serán destruidos por eventos explosivos, tal como sucedió en las crisis de 2012 y 2013. Es importante resaltar que los sismos volcanotectónicos profundos que se presentaron a finales de 2013 sugieren una importante intrusión magmática, cosa que no sucedió en dichas crisis, por lo que se puede esperar que, de desarrollarse un episodio de características similares, probablemente sea de mayores magnitudes.