



Monitoreo de las Emisiones del Volcán Popocatépetl

Determinación de los niveles de concentración de partículas suspendidas, óxidos de azufre y parámetros meteorológicos en zonas potencialmente impactadas que se encuentren fuera de la cobertura de los sistemas de monitoreo.

Informe Final

Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Noviembre del 2013

Participantes

Coordinación y supervisión general del programa de mediciones

- Dra. Beatriz Cárdenas González, Directora de Investigación Experimental en Contaminación Atmosférica

Coordinación logística y operativa del programa de mediciones

- MC. Roberto Basaldud, Subdirector de Análisis Integral de la Contaminación Atmosférica
- MC. Abraham Ortíz Álvarez, Jefe de Departamento de Estudios sobre Transporte e Impacto de Contaminantes Atmosféricos

Responsable de la calibración y verificación de las unidades móviles automáticas de monitoreo atmosférico

- Oscar A. Fentanes Arriaga, Subdirector de Análisis de Sistemas de Monitoreo Atmosférico

Técnicos responsables de la operación de las unidades móviles

- Jorge Santacruz
- Daniel Ordoñez Carmona, Técnico de mantenimiento de equipo de monitoreo atmosférico
- Ricardo Pérez

Coordinación y supervisión de las campañas de muestreo de partículas

- Tec. Felipe Ángeles García, Jefe del Departamento sobre Estudios de Exposición Personal y Macroambiental

Responsable de la caracterización de partículas

- Valter Barrera, Jefe de Departamento de Determinación Gravimétrica y Morfológica de Partículas

Responsable de los análisis gravimétricos de partículas

- Blanco Jiménez Salvador, Subdirector de Investigación sobre Contaminantes Atmosféricos Análisis gravimétricos

Responsable de los análisis químicos

- María Teresa Ortuño Arzate, Subdirectora de Investigación y Caracterización Analítica de Contaminantes

Responsables del enlace e integración de la información

- Víctor Sánchez, Subdirector de Evaluación de Emisiones y Monitoreo Atmosférico
- Carmen Alejandra Sánchez Soto, Jefa del Departamento del Sistema Nacional de Información de la Calidad del Aire

Responsables del enlace e integración de la información

- Ma. Guadalupe Tzintzun Cervantes, Jefa del departamento de análisis estadístico sobre la calidad del aire

Tabla de contenido

Contenido

Participantes	2
1. Introducción	4
2. Objetivo.....	5
3. Diseño experimental	5
3.1 Selección de los sitios de medición	7
4. Descripción del equipo, propiedad del INECC, empleado durante las mediciones.....	9
4.1 Unidades móviles	9
4.2 Muestreadores de Partículas de alto y bajo volumen.	9
4.3 Muestreadores de depósito atmosférico.....	10
5. Métodos de laboratorio para el análisis de muestras.....	10
5.1 Análisis gravimétrico.....	10
6. Resultados del monitoreo manual y continuo.....	11
7. Resultados del monitoreo automático	12
8. Resultados y Conclusiones.....	15

1. Introducción

El Popocatepetl, con una altura máxima de 5500 metros sobre el nivel del mar, es un volcán activo localizado en el centro de México (latitud: 19.0166 longitud: -98.6166), en los límites territoriales de los estados de Morelos, Puebla y México. Se localiza a unos 55 km al sureste de la Ciudad de México.

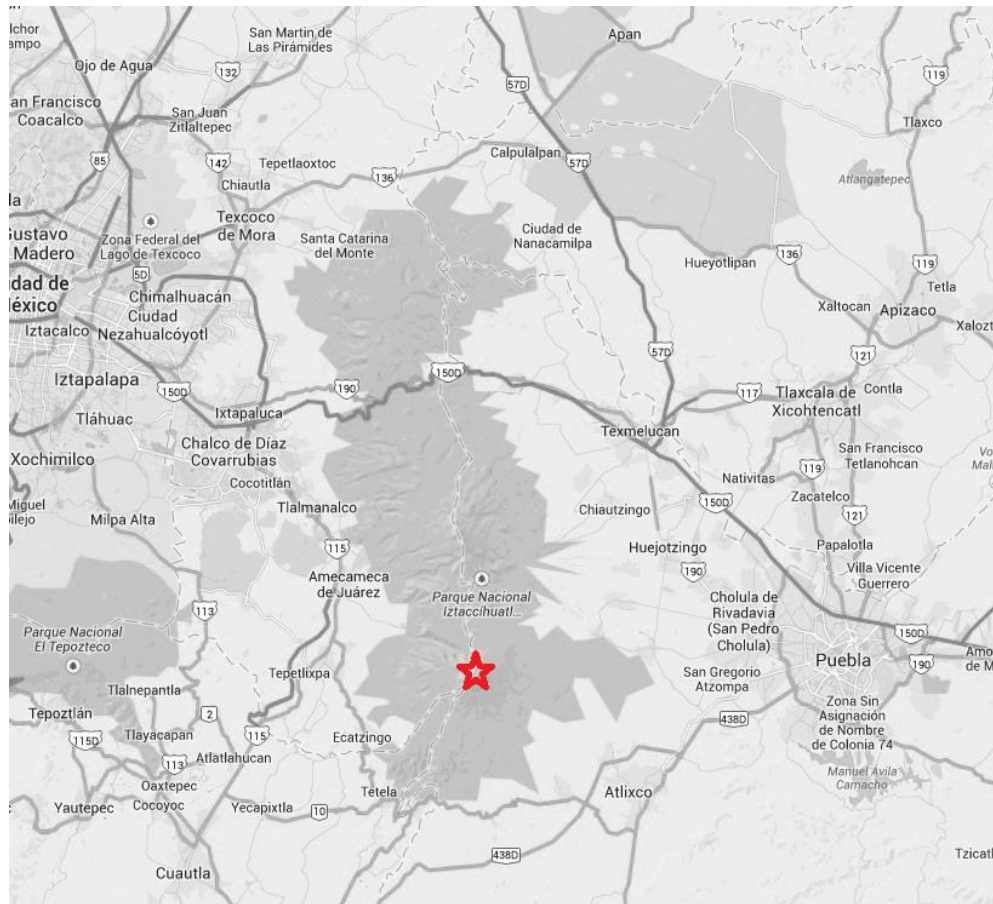


Figura 1 Ubicación y entorno del volcán Popocatepetl, en donde se puede apreciar las colindancia con los estados de México, Morelos y Puebla.

A principios del mes de mayo de 2013 se incremento la actividad del volcán Popocatepetl, manifestada por el aumento paulatino de la sismicidad y externamente con fumarolas de gases y ceniza, que son impulsadas a grandes distancias por la onda de energía térmica (calor) y la presión confinada en el magma. La ceniza se produce del desmoronamiento de las rocas líticas por la descarga de presión sobre el magma. La ceniza volcánica está compuesta por óxidos, principalmente de sílice, aluminio y hierro (80%), magnesio, calcio, sodio, potasio, plomo; metales pesados como vanadio, cromo, cobalto, níquel y zinc, y su tamaño medio se encuentra por debajo de las 50 μm . Además de la ceniza y el vapor de agua, los gases liberados son: dióxido de carbono, dióxido de azufre y en menor cantidad monóxido de carbono,

Monitoreo de las Emisiones del Volcán Popocatépetl

hidrógeno, ácido clorhídrico, helio, ácido sulfhídrico y ácido fluorhídrico. Estos productos son depositados temporalmente en la estratósfera y tropósfera, mientras son dispersados por la acción del viento y la lluvia.

Por lo descrito en el párrafo anterior se sabe que la actividad volcánica es una fuente natural de contaminación, la cual aporta una cantidad considerable de contaminantes a la atmósfera. Las emisiones de los volcanes representa riesgos para los ecosistemas y los humanos, especialmente aquellos con alguna enfermedad respiratoria, que se ubican en las inmediaciones. Es por ello que es importante el seguimiento y monitoreo de la calidad del aire en las inmediaciones del volcán, mediante la ubicación de puntos estratégicos identificados para la región, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y meteorológicas. En consecuencia es importante instalar equipos de lectura directa para medir las concentraciones ambientales de dióxido de azufre (SO₂) y equipos gravimétricos para determinar las concentraciones del material particulado en suspensión.

2. Objetivo

Generar información sobre niveles de concentración de partículas suspendidas, óxidos de azufre y parámetros meteorológicos en zonas potencialmente impactadas por las emisiones del volcán y que se encuentren fuera de la cobertura de los sistemas de monitoreo atmosférico del Gobierno del Distrito Federal (GDF), Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala a partir de dos unidades móviles del INECC, con el fin de generar información referente a los niveles de concentración de estos contaminantes, como un elemento de apoyo para la formulación de acciones preventivas.

3. Diseño experimental

Para el implementación del presente protocolo se considera la coordinación de actividades, para evitar duplicidad de actividades e identificar puntos de colaboración, con las redes de monitoreo de calidad del aire del Gobierno del Distrito Federal, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala, así como, con instituciones como son el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED), para conocer las actividades que están realizando en relación al monitoreo de las emisiones del volcán y coordinar acciones conjuntas.

Para cumplir con el objetivo del protocolo se realizará una campaña de mediciones en las inmediaciones del volcán Popocatépetl a partir del 22 de mayo del 2013. La duración de la campaña se definirá en función de la evolución de la actividad del volcán.



Figura 2 Unidades móviles, propiedad del INECC, que se utilizaron para el monitoreo de las emisiones del volcán Popocatépetl.

Para la realización de las mediciones automáticas se emplearon dos unidades móviles, propiedad del INECC, equipadas para monitoreo continuo de material particulado ($PM_{2.5}$ y PM_{10}), Dióxido de azufre (SO_2) y variables meteorológicas como son: velocidad y dirección de viento, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica.

Para la colección de muestras de partículas suspendidas, integradas de 24 horas, se instalaron equipos manuales en 3 sitios y 2 equipos para depósito atmosférico. La determinación de gravimetría de las muestras de partículas se llevo a cabo en los laboratorios del INECC.



Figura 3 Muestreadores de partículas y depósito atmosférico, empleado durante el programa de muestreo de las emisiones del volcán Popocatépetl.

3.1 Selección de los sitios de medición

Para la selección de sitios donde se instalaron los equipos automáticos y los muestreadores manuales, primero se identificaron las zonas que se encuentran fuera de la cobertura de los sistemas de monitoreo atmosférico del GDF, Estado de México, Morelos, Puebla y Tlaxcala. Posteriormente con el apoyo en las salidas del modelo de trayectoria "Hysplit del NOAA" y del modelo Fall-3D que utiliza el CENAPRED se identificaron los sitios impactados por las emisiones del volcán Popocatepetl.

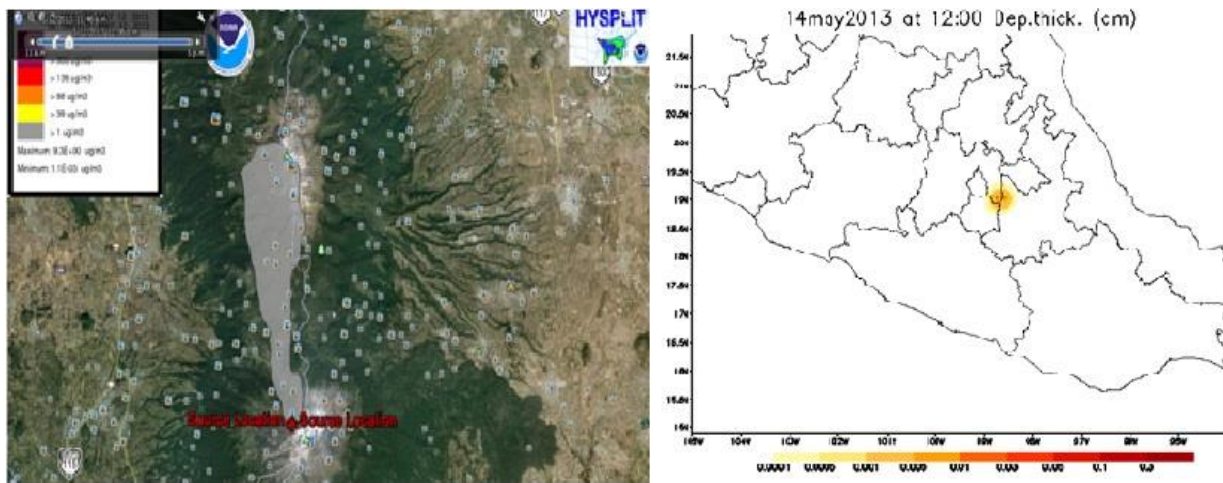


Figura 4 Salidas de los modelos Hysplit (Izq.) y Fall-3D (der) para la modelación de la dispersión de la pluma del volcán Popocatepetl

Después de realizar los ejercicios de modelación se seleccionaron los sitios enlistados en la tabla 1. Es importante mencionar que durante la puesta en marcha del programa de monitoreo de las emisiones del volcán Popocatepetl se contó con la participación de las secretarías del medio ambiente de los estados de Puebla, Hidalgo, Morelos, Tlaxcala, Estado de México y el Distrito Federal, aunque en el presente reporte solo se hará referencia a la información generada por el INECC.

Se estableció una coordinación con las redes de monitoreo del GDF, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala y Estado de México para difundir datos sobre concentraciones de PM e informar a la población

Monitoreo de las Emisiones del Volcán Popocatepetl

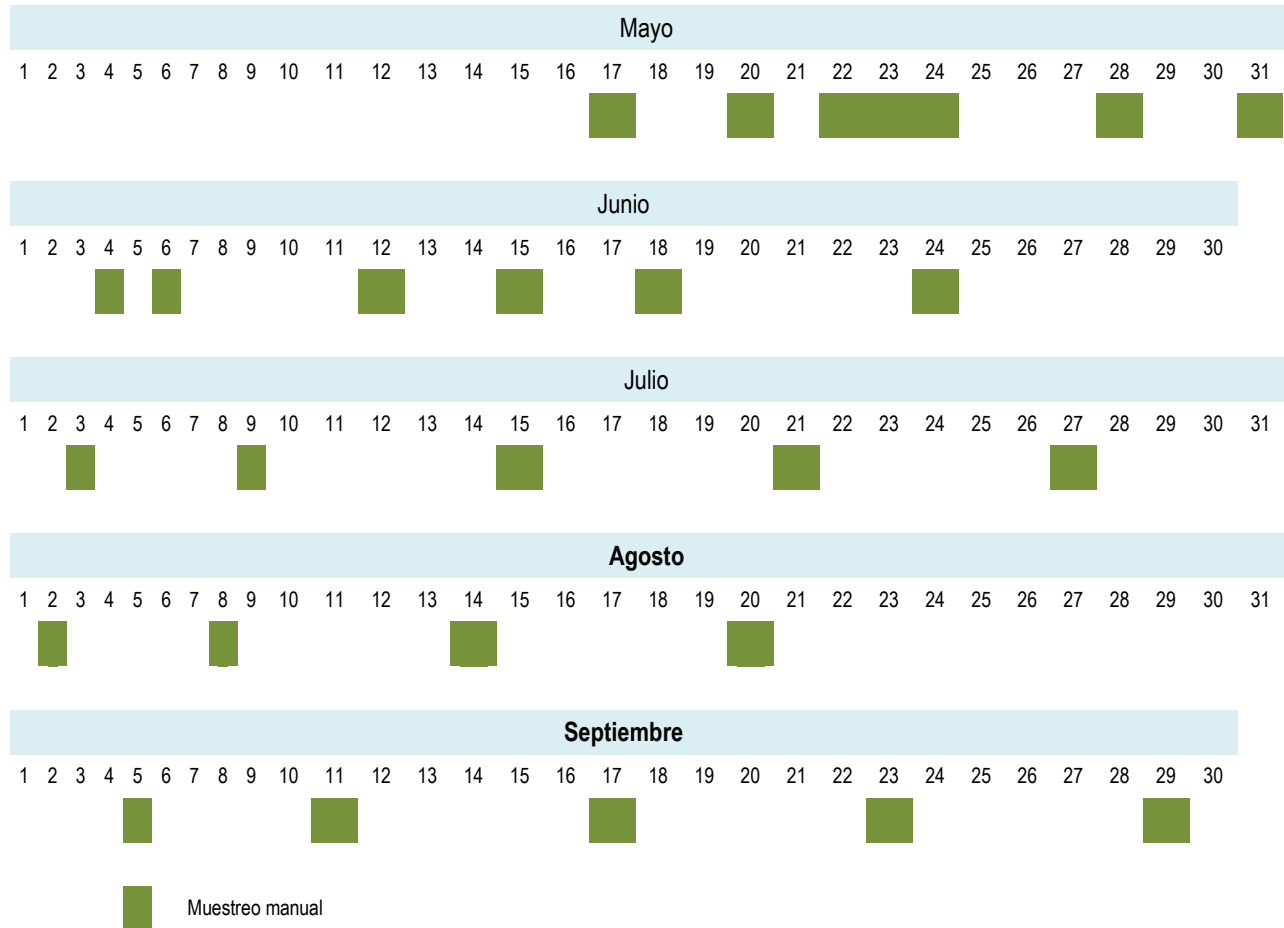
Tabla 1 Relación de sitios donde se realizó la medición y/o muestreo de la emisiones del volcán Popocatepetl.

Equipo	Sitio de Instalación	Parámetros a medir	Observaciones
Unidad Móvil (UM-INECC-01)	Huejotzingo, Puebla	PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂ y parámetros meteorológicos	
Unidad Móvil (UM-INECC-02)	Universidad Politécnica de Tlaxcala, Tlaxcala	PM _{2.5} , PM ₁₀ , SO ₂ y parámetros meteorológicos	
Muestreador de partículas, Alto volumen (MP-INECC-01)	Estación de la Red de Monitoreo Atmosférico de Puebla (Agua Santa)	PST	Muestra integrada de 24 horas
Muestreador de partículas, Alto volumen (MP-INECC-02)	Atlixco, Puebla	PST	Muestra integrada de 24 hrs
Muestreador de partículas, Alto volumen (MP-INECC-03)	Universidad politécnica de Tlaxcala	PST	Universidad politécnica de Tlaxcala, Muestra inteagrada de 24 hrs
Muestreador de partículas, Alto volumen (MP-INECC-04)	Tlaxcala, Tlaxcala	PM ₁₀	Muestra integrada de 24 horas
Muestreador de partículas, Alto volumen (MP-INECC-05)	Santa Cruz Quilehtla, Tlaxcala	PM ₁₀	Muestra integrada de 24 horas
Muestreador de partículas, Alto volumen (MP-INECC-06)	Agua Santa, Puebla	PM ₁₀	Muestra integrada de 24 horas
Muestreador de depósito atmosférico (MDA-INECC-01)	Amecameca, Estado de México		
Muestreador de depósito atmosférico (MDA-INECC-05)	Universidad Politécnica de Tlaxcala		

Después de definir los sitios de muestreo se elaboró un calendario con las fechas en las cuales se realizó el muestreo manual de partículas. Como se puede apreciar en la tabla 2 se modificó la frecuencia del muestreo en función de la actividad del volcán, al inicio se procuró tener una mayor frecuencia y al reducirse la actividad del volcán se redujo la frecuencia.

Para garantizar la calidad de la información que se generó durante la implementación del programa, personal del INECC acudió a las estaciones de las redes de monitoreo de la calidad de los estados antes mencionados, excepto a la del Distrito Federal, para realizar una verificación de la correcta operación de los equipos y muestreadores, automáticos y manuales, de material particulado y dióxido de azufre.

Tabla 2 Calendario de muestreo de material particulado



4. Descripción del equipo, propiedad del INECC, empleado durante las mediciones

4.1 Unidades móviles

El INECC dispuso de dos unidades móviles para el monitoreo continuo de los contaminantes criterio y parámetros meteorológicos. Los parámetros que se midieron fueron: velocidad y dirección del viento, temperatura, radiación, humedad relativa, O3, NO, NOX, SO2, CO, PM10, PM2.5

4.2 Muestreadores de Partículas de alto y bajo volumen.

Para la determinación de PM10 y PST se emplearon muestreadores de alto volumen (Hi-Vol) que aspiran aire del medio ambiente, a un flujo constante, dentro de un orificio de forma especial en donde el material particulado en suspensión es separado inercialmente. Pasadas 24 horas cada fracción, es colectada en un

filtro. Cabe precisar que el filtro es pesado, antes y después de su uso, con la finalidad de determinar la masa de PST o PM10 recolectado. El volumen del total del aire muestreado se corrige, siendo determinado a partir del flujo medido y el tiempo de muestreo.

4.3 Muestreadores de depósito atmosférico.

Para el muestreo de depósito atmosférico se emplearon dos colectores. El colector automático opera eléctricamente y colecta muestras de depositación húmeda y seca para su análisis químico.

El colector automático de depositación húmeda/seca tiene dos cubetas de polietileno de 3.5 galones, una etiquetada como *depositacion húmeda* y la otra etiquetada como *depositacion seca*. En la parte superior del instrumento se encuentra una cubierta automática deslizable que posee una almohadilla compresible que sella las cubetas para minimizar la contaminación de las muestras. En caso de un evento de precipitación, el instrumento cuenta con un sensor de humedad que acciona el motor para destapar la cubeta de depositación húmeda y desliza la cubierta sobre la cubeta de depositación seca. De este modo, la precipitación se acumula en la cubeta destapada de depositación húmeda, mientras que la cubeta de depositación seca se encuentra cubierta y protegida de contaminación por salpicaduras mediante el sello de la cubierta. Una vez que cesa el evento de precipitación, el sensor se seca y acciona el motor para destapar la cubeta de depositación seca y desliza la cubierta sobre la cubeta de depositación húmeda. De este modo, la depositación seca se acumula en esta cubeta, mientras que la cubeta de depositación húmeda se encuentra cubierta y protegida de la contaminación por depositación seca mediante el sello de la cubierta.

5. Métodos de laboratorio para el análisis de muestras.

A continuación se describen los métodos utilizados para el análisis de las muestras, obtenidas durante la campaña de muestreo.

5.1 Análisis gravimétrico

Para la colección de material particulado se emplearon filtros de fibra de vidrio, los cuales serán acondicionados y pesados antes y después del muestreo, el pesaje de los filtros se realizara en los laboratorios del INECC con una ultra microbalanza analítica (CAHN C-35, con una resolución mínima de 1.0 µg, incertidumbre de ± 0.005 mg, precisión: 1.0 µg, exactitud: 0.0012%) de acuerdo al procedimiento acreditado ante la entidad mexicana de acreditación (EMA). El control de calidad en laboratorio incluye: (1) acondicionamiento durante 24 horas antes y 48 horas después del monitoreo a una temperatura de 22°C ($\pm 3^\circ\text{C}$) y una humedad relativa de 40% ($\pm 5\%$); (2) uso de pulsera y tapete antiestáticos, (3) uso de filtros como blancos de laboratorio.

6. Resultados del monitoreo manual y continuo.

A continuación se presentan los gráficos con las concentraciones de partículas PM10 y PST en aire ambiente en unidades de microgramos por metro cubico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$), obtenidos del análisis gravimétrico realizado a las muestras recuperadas.

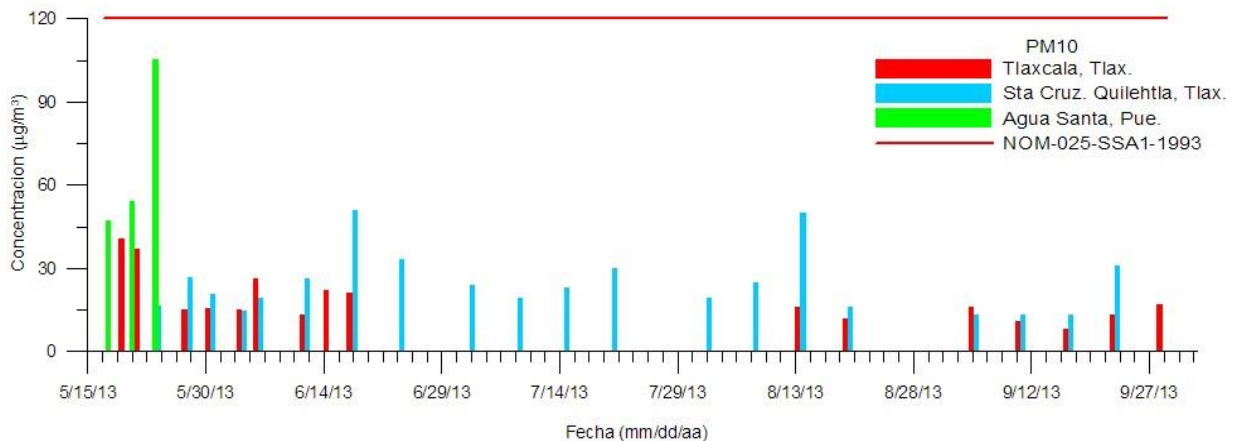


Figura 5 Resultados del análisis gravimétrico de las muestras de PM₁₀ recuperadas durante el programa de monitoreo de las emisiones del volcán Popocatépetl.

Como se puede observar en las figuras 5 y 6, no hay ningún día de muestreo en el que se sobrepasó el criterio para evaluar la calidad del aire, establecidos como el valor límite establecido en la Norma Oficial Mexicana NOM-025-SSA1-1993, Salud ambiental. Criterios para evaluar el valor límite permisible para la concentración de partículas menores a 10 micrómetros (PM₁₀) de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio de 24 horas y partículas suspendidas totales (PST) de 210 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ promedio de 24 horas

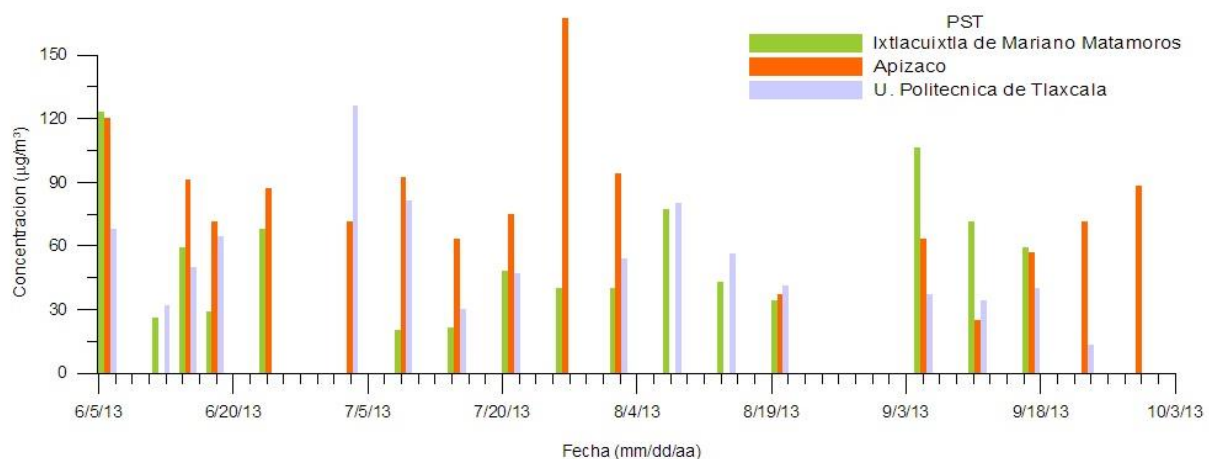


Figura 6 Resultados del análisis gravimétrico de las muestras de PM₁₀ recuperadas durante el programa de monitoreo de las emisiones del volcán Popocatépetl.

Es importante mencionar que no se puede realizar una correlación entre las concentraciones de PM_{10} y las de PST debido a que en ningún sitio se muestrearon estos dos parámetros simultáneamente.

7. Resultados del monitoreo automático

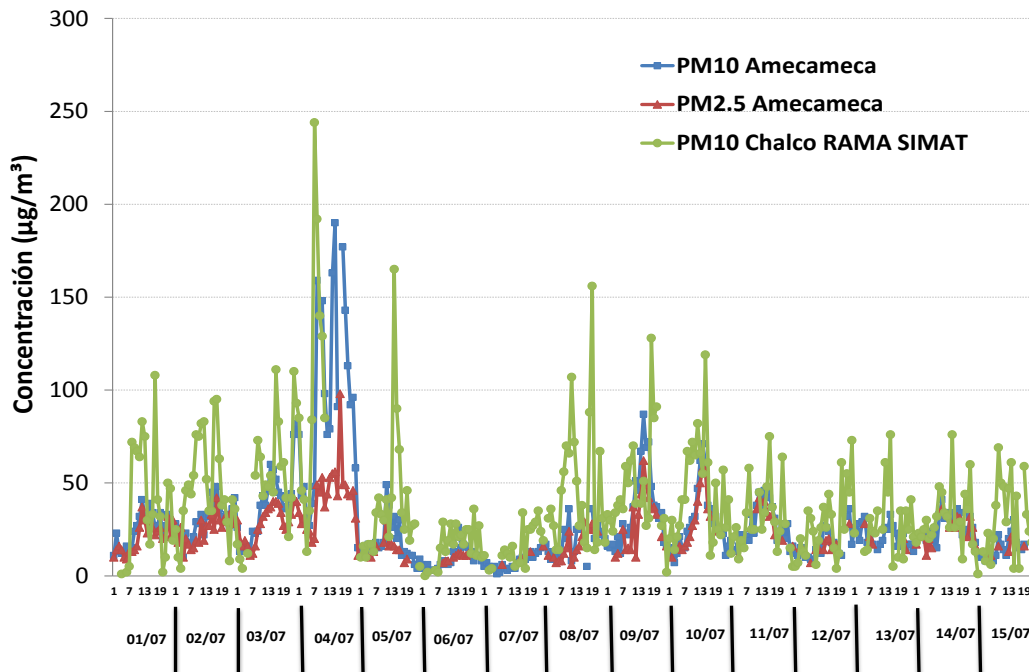


Figura 7 Datos de concentración $PM_{2.5}$ y PM_{10} vs tiempo para Amecameca y Chalco primera quincena de Julio 2013

Durante el periodo de monitoreo continuo en Amecameca y Chalco comprendido entre el 1 al 15 de Julio del 2013, se tuvo un evento significativo de emisiones reportado por CENAPRED y monitoreado por el INECC (figura 7); el 4 de julio se registraron altas concentraciones ambientales de PM_{10} en la zona de chalco y Amecameca, sin embargo solo fueron más altas durante un periodo de 3 horas, regresando las condiciones ambientales al terminar el episodio y depositar la ceniza en la zonas cercanas al Popo. Para el resto del periodo las condiciones regresaron a los niveles normales para ambas poblaciones (figura 8)

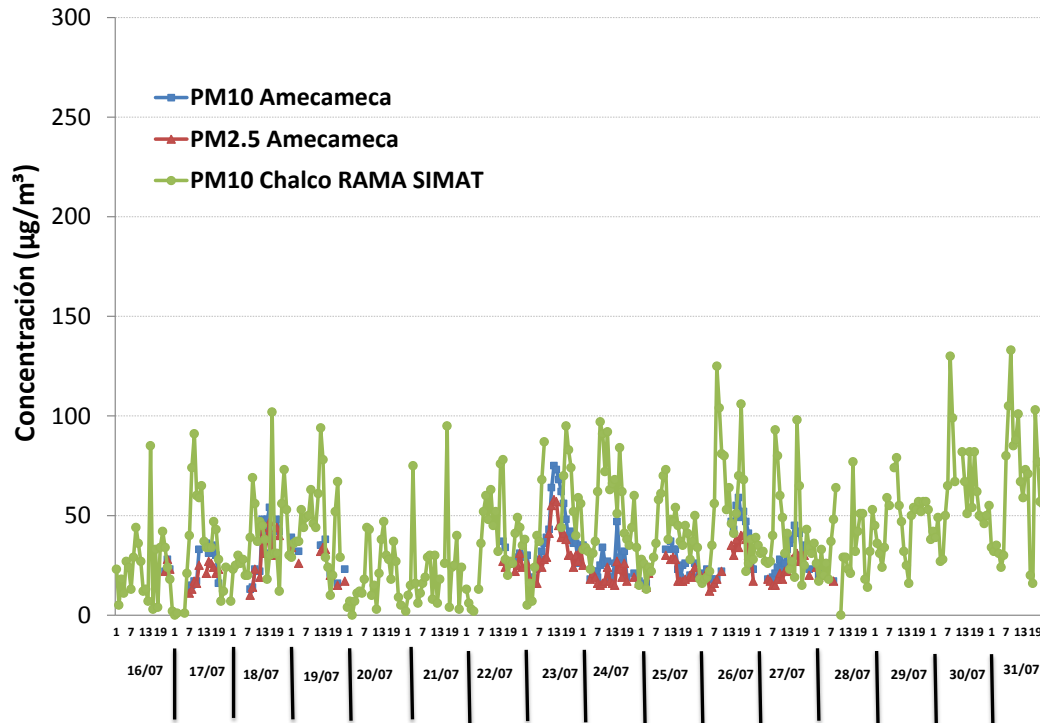


Figura 8 Datos de concentración PM 2.5 y PM 10 vs tiempo para Amecameca y Chalco segunda quincena de Julio 2013

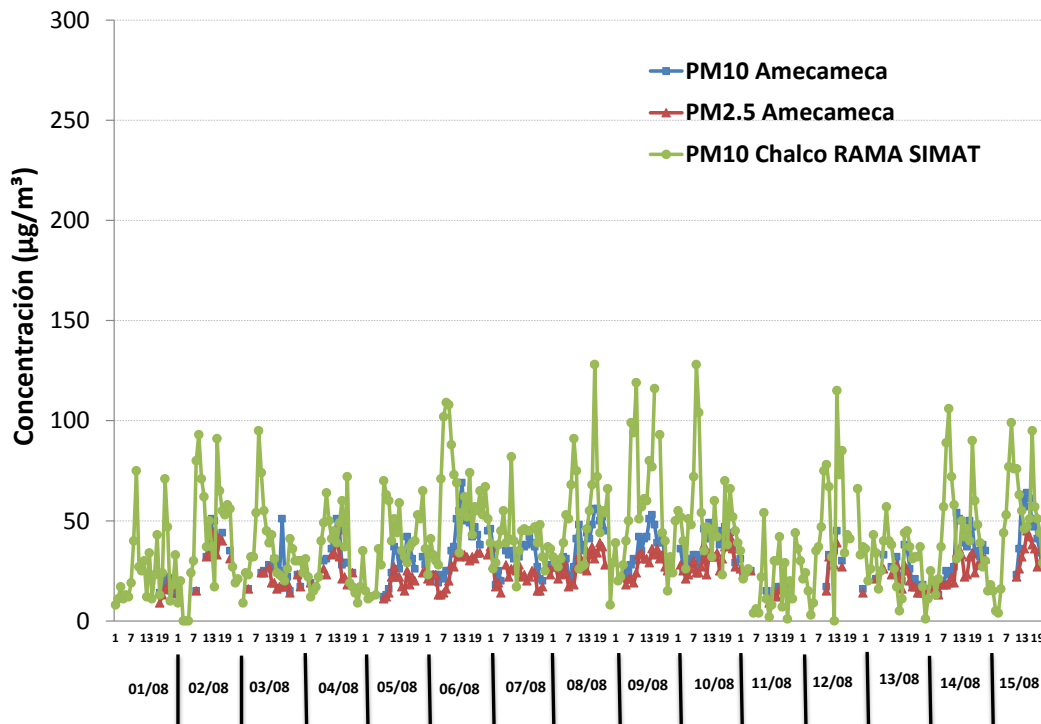


Figura 9 Datos de concentración PM 2.5 y PM 10 vs tiempo para Amecameca y Chalco primera quincena de Agosto 2013

Para los primeros 15 días de Agosto no se reportaron cambios en el comportamiento volcánico, por lo que las condiciones ambientales se mantuvieron dentro de los rangos observados con anterioridad (figuras 8 y 9)

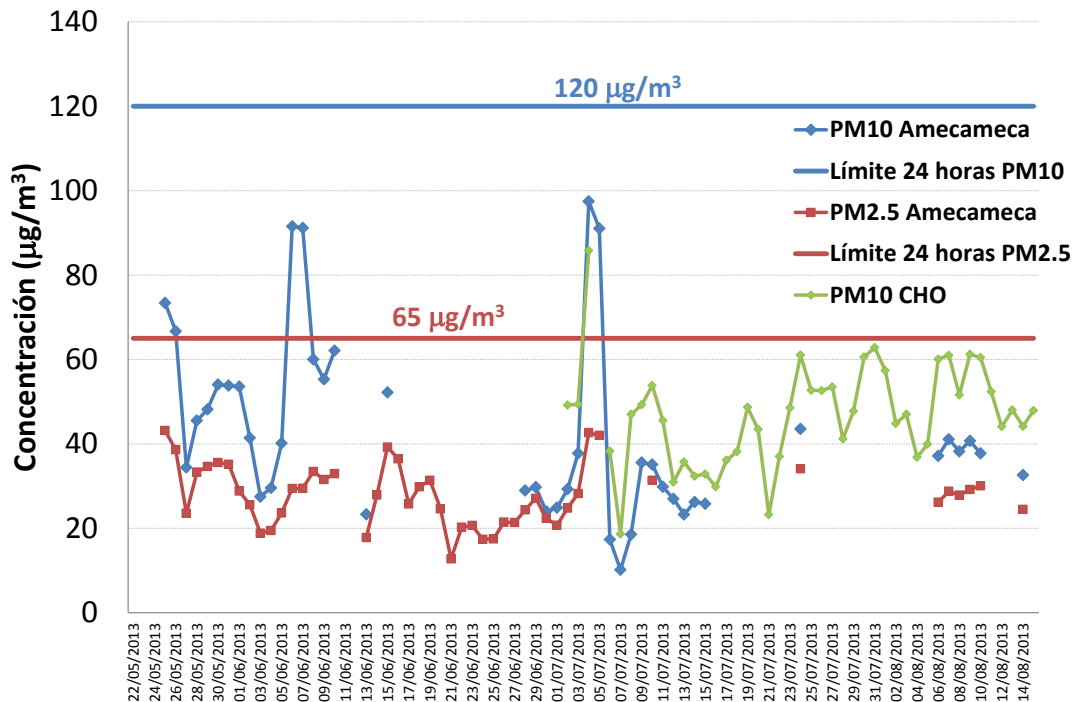


Figura 10 Datos de concentración PM 2.5 y PM 10 vs tiempo para Amecameca y Chalco Mayo-Agosto 2013

8. Resultados y Conclusiones

Como resultado del programa de monitoreo atmosférico de las emisiones del volcán Popocatépetl se determinaron los niveles de concentración superficial de partículas suspendidas y parámetros meteorológicos, en zonas potencialmente impactadas por las emisiones del volcán y que se encuentran fuera de la cobertura de los sistemas de monitoreo. Dichos resultados se presentaron ante el comité técnico-científico-CENAPRED-SEMARNAT-INECC en diversas reuniones de trabajo mediante presentaciones y se generó un boletín a SEMARNAT de los resultados de calidad del aire.

BOLETÍN



SEMARNAT
SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



COORDINACIÓN GENERAL DE COMUNICACIÓN SOCIAL

Comunicado de prensa Núm. 15/13

México, DF., a 05 de julio de 2013

SEMARNAT Y CENAPRED RECOMIENDAN A LA POBLACIÓN PROTEGERSE DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS

En las últimas 24 horas el sistema de monitoreo del volcán Popocatépetl ha registrado 99 exhalaciones, el Semáforo de Alerta Volcánica se mantiene en Amarillo Fase 2.

Con base en información de las estaciones de monitoreo atmosférico ubicadas en los municipios de Amecameca y Chalco, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales y el Centro Nacional de Prevención de Desastres de la Secretaría de Gobernación (CENAPRED) informan que en alrededores y zonas aledañas al volcán Popocatépetl las concentraciones ambientales horarias de partículas suspendidas PM10 y PM2.5 no han rebasado la norma.

En el último reporte del CENAPRED, que realiza conjuntamente con la UNAM, reportó que en las últimas 24 horas el sistema de monitoreo del volcán Popocatépetl ha registrado 99 exhalaciones, 2 horas de tremor de alta y mediana frecuencia y presencia de incandescencia, por lo que se recomienda a la población tomar medidas preventivas para proteger su salud.

- Uso de mascarillas de protección o bien cubrir nariz y boca con un pañuelo, trapo o cubre bocas.
- Si es posible, mantenerse en el interior de su casa, oficina, edificios o bien en su automóvil hasta que la contingencia haya pasado.

Monitoreo de las Emisiones del Volcán Popocatépetl

- Usar lentes y ropa de protección o bien camisas y blusas de manga larga en caso de salir al exterior, ya que la ceniza afecta la visibilidad y daña la piel. De preferencia no usar lentes de contacto.
- Proteger ojos, nariz y boca, si se tiene necesidad de salir a la intemperie.
- Lavar los ojos con abundante agua, si se ha estado expuesto a la ceniza y se presenta sensación de cuerpo extraño en los ojos. Es preferible utilizar agua potable y hervida, así como lavarse las manos antes del procedimiento. No utilizar colirios o gotas oftalmológicas. Si la sensación de cuerpo extraño persiste luego del lavado es necesario acudir al médico.
- Evitar hacer ejercicio al aire libre.
- Los niños, los adultos mayores y personas enfermas de las vías respiratorias y el corazón deben tener cuidados especiales.
- Consulte al médico en caso de presentar cualquier síntoma respiratorio que pueda estar relacionado con las cenizas del volcán.
- Tapar tinacos, cisternas, piletas y otros depósitos de agua para evitar que las cenizas contaminen el agua.
- Manténgase informado a través de la radio o la televisión sobre la evolución de la situación.

Para mayor información sobre el estado de volcán, consultar: <http://www.cenapred.gob.mx/>

Aún con los eventos de exhalaciones del volcán Popocatépetl registrados durante el periodo de proyecto no se rebasaron los límites de 24 horas de las NOM de calidad del aire especificadas por la Secretaría de salud de: partículas PM10, PM2.5 y bióxido de azufre.

Finalmente se recomienda fortalecer los sistemas de monitoreo de la calidad del aire de los estados y municipios, así como su integración en un sistema de información continua, como elemento de apoyo en la elaboración y/o evaluación de los programas de gestión de la calidad del aire