



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE QUÍMICA
LABORATORIO DE MONITOREO DEL AIRE

MINISTERIO DE AMBIENTE Y RECURSOS
NATURALES
UNIDAD DE CAMBIO CLIMÁTICO

PRIMER INFORME INDICATIVO DE MEDICIÓN DE LA
CALIDAD DEL AIRE AMBIENTE EN LAS CABECERAS
DEPARTAMENTALES DE LA REPÚBLICA DE
GUATEMALA
AÑO 2013

Guatemala, Septiembre de 2013

DIRECTORIO

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios
Rector Magnífico Universidad de San Carlos de Guatemala

Licda. Marcia Roxana Sobenes García
Ministra de Ambiente y Recursos Naturales

PhD. Oscar Manuel Cobar Pinto
Decano Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

PhD. Sergio Raúl Ruano Solares
Viceministro de Ambiente-MARN

Ing. Agrónomo César Vinicio Montero Suárez
Viceministro de Recursos Naturales-MARN

PhD. Juan Francisco Pérez Sabino,
Director Escuela de Química

Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A., Coordinador
Br. Eduardo Saquilmer, Encargo del Laboratorio
Laboratorio de Monitoreo del Aire

Ing. José Luis Rivera Castillo, Coordinador
Ing. Abelardo Pérez Zamora, Asesor
Unidad de Cambio Climático –MARN-

Agradecimientos

Se agradece a las personas de las diferentes municipalidades, Gobernaciones Departamentales y otras instituciones, así mismo a Delegados (as) o técnicos de las Delegaciones del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales -MARN- de los diferentes Departamentos y a los Señores pilotos del MARN que acompañaron la actividad de medición de la calidad del aire en el interior del país.

Por otra parte, se resalta la colaboración de las Municipalidades, Gobernaciones Departamentales y otras instituciones que permitieron hacer uso de sus instalaciones para la ubicación de los equipos de muestreo y de la realización de la medición de la calidad del aire.

Gracias a la perspectiva e iniciativa del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y de la Universidad de San Carlos de Guatemala, de sus autoridades y profesionales de la materia en de calidad del aire, en el inicio de una línea base de la concentración de contaminantes del aire, particularmente de material particulado en su fracción Partículas Totales en Suspensión (PTS) y Partículas Menores de 10 micras de diámetro (PM_{10}), se llevó a cabo la primera actividad denominada Medición de la Calidad del Aire Ambiente en las Cabeceras Departamentales de la República de Guatemala en el año 2013.

La información contenida en este informe complementa los últimos esfuerzos en la medición de la concentración de contaminantes presentes en el aire, realizados por el Laboratorio de Monitoreo del Aire de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala y de la Unidad de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

Los resultados obtenidos constituyen línea base indicativa de la concentración de material particulado en el aire ambiente.

La actividad y el informe es producto del esfuerzo de ambas instituciones, alcanzado mediante la sinergia y la coordinación en esta temática.

Finalmente, reconocimiento póstumo al Lic. Jhoni Frank Álvarez quien en vida fuera como uno de los protagonistas del monitoreo de la calidad del aire en Guatemala.

Ing. Abelardo Pérez Zamora
Septiembre 2013.

ÍNDICE

	Página
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	6
4. Objetivo	7
5. Circunstancia nacional	8
6. Características de la realización de la medición para la calidad del aire, Análisis y Unidad de medida	10
6.1 Actores en la medición de calidad del aire	10
6.2 Sitios de medición	10
6.3 Los contaminantes medidos	10
6.4 Instrumentos y principios utilizados en el análisis de la muestras	11
6.5 Unidad de medida	11
7. Resultados de la mediciones	12
8. Análisis e interpretación de los resultados	24
9. Conclusiones	27
10. Recomendaciones	28
11. Bibliografía	29
12. Anexos	31
13. Definiciones	50
14. Abreviaturas y símbolos utilizados	51

1. INTRODUCCIÓN

La información relativa a la Calidad del Aire, particularmente de la Ciudad de Guatemala data desde los años 1970 y en forma sistemática y metódica a partir de 1995. La actividad de medición de Calidad del Aire en la Ciudad de Guatemala se ha venido realizando por Laboratorio de Monitoreo del Aire de la Universidad de San Carlos de Guatemala en coordinación y sinergia con el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (Componente Calidad del Aire de la Unidad de Cambio Climático).

El monitoreo de calidad del aire en la Ciudad de Guatemala por parte de la Universidad y el Ministerio está orientado a la medición de contaminantes criterios como las Partículas Totales en Suspensión, Partículas Menores de 10 micras de diámetro, Dióxido de Azufre y Dióxido de Nitrógeno a través de 6 estaciones. Por otra parte en los últimos dos años el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH- ha instalado 4 estaciones de medición de calidad del aire particularmente en el interior del país.

Tal como se ha manifestado con anterioridad, se tiene información de la concentración de contaminantes en el aire ambiente de la Ciudad de Guatemala y de tres puntos del interior del país, es decir que tiene información del 9 % de las cabeceras departamentales y del 1.2 % del total de municipios que conforma el país.

Ante la carencia de datos de calidad del aire de varios centros poblados, se impulsó la iniciativa **Medición de la Calidad del Aire Ambiente en las Cabeceras Departamentales de la República de Guatemala, año 2013**, cuyo objetivo se orientó a medir la concentración de Partículas Totales en Suspensión (PTS) y Partículas Menores de 10 micras de diámetro (PM_{10}) en las cabeceras departamentales de los 21 Departamentos del país, para iniciar con una Línea Base de algunos contaminantes criterio.

Los contaminantes presentes en el aire guardan relación con la cantidad de habitantes, las actividades que estas realizan y adicionalmente otros factores naturales de las condiciones geográficas y topográficas del país. En este sentido se señala que la población de Guatemala es de 15, 073, 375 habitantes al año 2012 y derivada de sus actividades, en el año 2009 se generaron 5, 619, 288.5 toneladas métricas de emisiones, de los cuales 467,390 toneladas métricas corresponden a material particulado en su fracción PM_{10} y $PM_{2.5}$; adicionalmente a través datos provenientes de sensores remotos se ha establecido la presencia y el espesor de aerosoles en el territorio nacional.

Por otra parte, la concentración de contaminantes presentes en el aire ambiente se encuentran influenciados por el viento tanto por su velocidad como su trayectoria, el Atlas Climatológico del INSIVUMEH señala que la velocidad del viento promedio es 1.4 metros/segundo y cuenta con diferentes direcciones, así mismo en el informe del MARN relacionado a la calidad del aire y las variables meteorológicas, indica que en el

país se registran dos tipos de trayectoria de masa de aire retrasada, una proveniente del Norte y otra que proviene del Sur.

En Guatemala se encuentran definidos dos épocas durante el año, en verano se registran incendios forestales, zafra y quema por actividades agronómicas, estas actividades contribuyen en emisiones y por lo tanto su concentración en el aire ambiente. Por otra parte, en la época de invierno los contaminantes emitidos son precipitados por la lluvia.

Cabe mencionar, que para la realización de las actividades de la medición de la calidad del aire en las cabeceras departamentales del país, la actividad estuvo a cargo del Laboratorio de Monitoreo del Aire de la USAC y de la Unidad de Cambio Climático (temática calidad del aire) del MARN; en las diferentes localidades se contó con la participación de las Delegaciones Departamentales del MARN y apoyo de parte de las Gobernaciones Departamentales, Municipalidades y otras instituciones en cuanto a la ubicación de los instrumentos de medición de calidad del aire.

Los sitios de muestreos fueron ubicados generalmente en la parte central de las cabeceras departamentales, considerando la disponibilidad de energía eléctrica y la seguridad para la protección de los instrumentos de medición.

En cada sitio se realizó una medición de Partículas Totales en Suspensión (PTS) y Partículas Menores de 10 micras (PM10); en algunos casos se midió Dióxido de Azufre (SO₂). Los resultados se reportan en el informe en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Las mediciones en las diversas cabeceras departamentales fueron realizadas entre los meses de febrero y julio del año 2013, entre sus resultados se resalta que el promedio de la concentración de contaminantes $65.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para Partículas Totales en Suspensión y $46.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para Partículas menores de 10 micras de diámetro.

Con respecto a los contaminantes identificados, las concentraciones de Partículas Totales en Suspensión identificadas en las cabeceras departamentales, se encuentran por debajo del límite establecido de $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas y en cuanto a las Partículas menores de 10 micras de diámetro, las cabeceras departamentales de Cuilapa (Santa Rosa), Jutiapa, Jalapa, Quetzaltenango, El Quiché y Puerto Barrios (Izabal) superan los valores contenidos en el documento Guías de la Calidad del Aire Actualización Mundial OMS 2005, de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas.

Finalmente, se concluye que el aire muestreado en las cabeceras departamentales del país, muestran contaminación por material particulado; las actividades antropogénicas y el aspecto meteorológico como el viento y la lluvia influyen en la concentración de material particulado en el aire ambiente.

2. ANTECEDENTES

En cuanto a la calidad del aire a nivel de superficie en la Ciudad de Guatemala, se han venido realizando algunos estudios que datan del año 1970 en el marco del Proyecto RED PANAIRE. Así mismo en los años 1974 y 1980 se realizaron estudios puntuales por la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC) y de manera sistemática a partir de 1995 por el Laboratorio de Monitoreo del Aire de la Universidad de San Carlos de Guatemala¹.

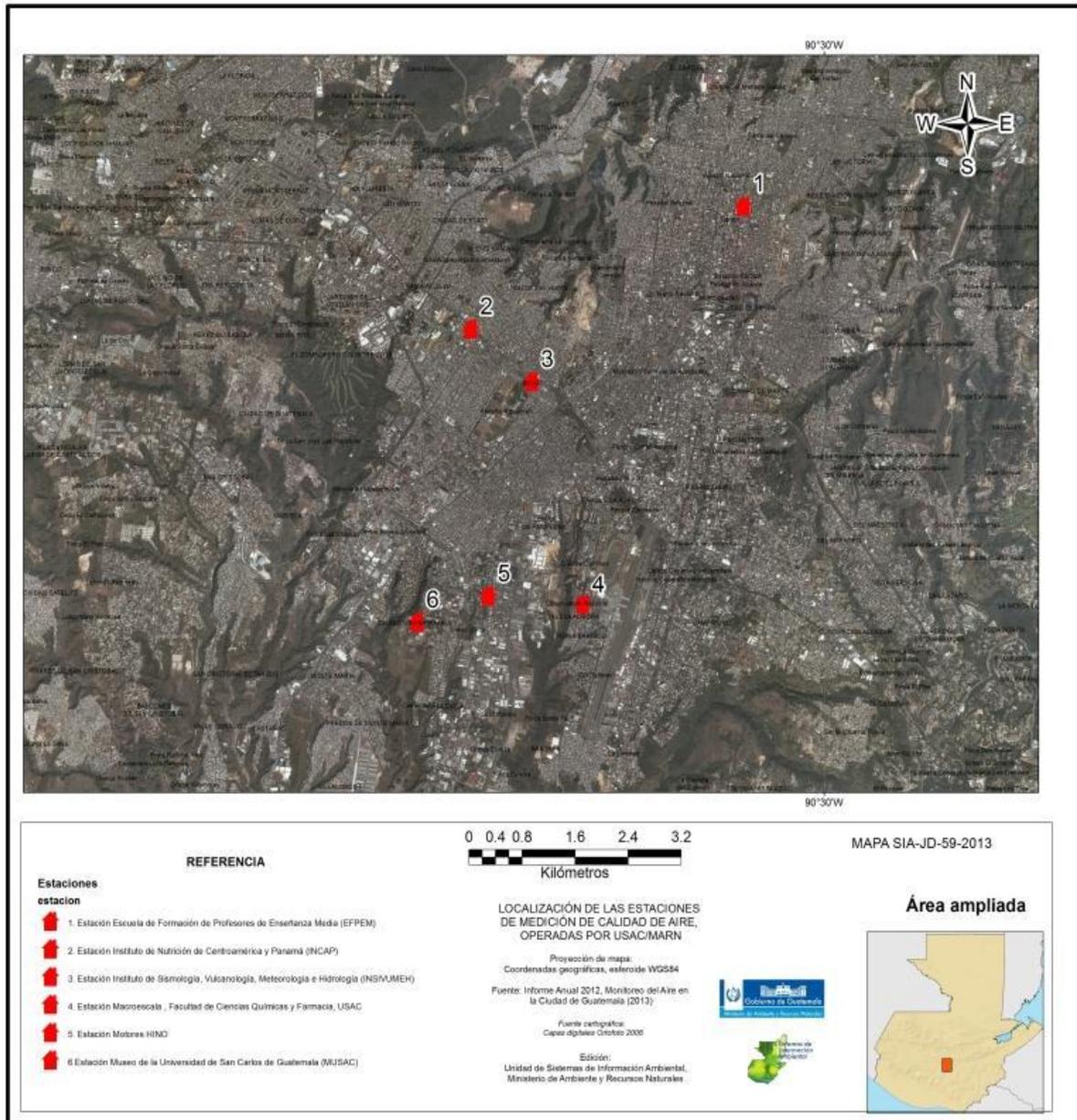
La Universidad de San Carlos de Guatemala y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, de manera coordinada a partir del año 2010 han venido realizando la actividad de medición de la calidad del aire en la Ciudad de Guatemala, en 6 estaciones que se ilustran en el Mapa No. 1.

Los resultados de los monitoreo de calidad del aire se han presentado y publicado, particularmente los informes 2010, 2011 y 2012² de monitoreo de calidad del aire en la Ciudad de Guatemala se ha realizado de manera conjunta.

¹Universidad de San Carlos de Guatemala. 2009. Serie de informes de monitoreo de calidad del aire de 1996 a 2009.

² USAC/MARN 2013. Informe Anual de Monitoreo del Aire en la Ciudad de Guatemala 2012.

Mapa No. 1
Localización de las estaciones de medición
de la calidad del aire operadas por USAC/MARN



Fuente: Mapa elaborado por la Unidad de Sistemas de Información Ambiental con base a datos del Informe Anual 2012 Monitoreo del aire en la Ciudad de Guatemala, USAC-MARN.

Los esfuerzos de la USAC y del MARN en cuanto a la medición de contaminantes del aire se ha orientado a cuantificar los contaminantes siguientes: Material Particulado (Partículas Totales en Suspensión -PTS-, Partículas Menores de 10 micras de diámetro -PM10-), Dióxido de Azufre, Dióxido de Nitrógeno y Lluvia Ácida.

Por otra parte, el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología -INSIVUMEH- reporta la CALIDAD DEL AIRE 25 DE DICIEMBRE DE 2012 “NAVIDAD”³, señala que cuenta con 4 estaciones de monitoreo continuo de la calidad del aire los cuales se encuentran ubicados en Radio Sonda (Ciudad de Guatemala), Concepción (Escuintla), Labor Ovalle (Quetzaltenango) y Puerto Barrios (Izabal). Así mismo el INSIVUMEH en su reporte se refiere a los contaminantes criterio y señala la concentración de estos contaminantes en las cuatro estaciones.

³ BECA 01-2013, informe de calidad del aire emitido por el INSIVUMEH.

3. JUSTIFICACIÓN

Tal como se ha señalado en el capítulo antecedentes, la medición y monitoreo de calidad del aire se ha llevado a cabo únicamente en cuatro departamentos del país, es decir que únicamente se tiene información de la concentración de contaminantes criterio presentes en el aire en 9 % de las cabeceras departamentales y 1.2 % del total (333) de municipios que conforma el territorio nacional⁴.

Ante tal circunstancia, la iniciativa de **Medición de la Calidad del Aire Ambiente en las Cabeceras Departamentales de la República de Guatemala, año 2013** se orientó medir la calidad del aire en los 22 departamentos que conforma la República de Guatemala en el período de febrero de julio de 2013.

En virtud de la gama de contaminantes presentes en el aire y de los escasos recursos con que se cuenta, se priorizó la medición de material particulado en su fracción Partículas Totales en Suspensión y Partículas Menores de 10 micras de diámetro, siendo el material particulado uno de los contaminantes de mayor riesgo en la salud de la población, como los efectos respiratorios y cardiovasculares.

⁴ Tomado del Portal del INE Guatemala, Proyección de Población por municipio 2008-2020.

4. OBJETIVO

Medir la concentración de material particulado en su fracción Partículas Totales en Suspensión (PTS) y Partículas Menores de 10 micras de diámetro (PM_{10}) para Línea Base de algunos de los contaminantes criterio en las cabeceras departamentales de los 22 Departamento del país.

5. CIRCUNSTANCIA NACIONAL

El territorio nacional tiene una extensión de 108,889 kilómetros cuadrados y con una población de 15, 073, 375 habitantes al año 2012⁵.

Con respecto a las emisiones contaminantes del aire, el Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio del aire, Guatemala año 2009⁶, señala que en el 2009 se emitieron 5,619,287 toneladas métricas de contaminantes criterio; estas emisiones provinieron de diferentes fuentes tales como: fuentes fijas, fuentes móviles y fuentes de área.

Entre los contaminantes emitidos en el año 2009 reportados en el inventario, el material particulado en su fracción PM₁₀ y PM_{2.5} ascendió a 467,390 toneladas métricas/año.

Por otra parte, el informe Aerosoles Atmosférico en Guatemala (2010)⁷, señala la presencia y concentración de aerosoles en la atmósfera sobre el territorio nacional. Los aerosoles son partículas sólidas y líquidas cuyo tamaño oscila de 0.1 a 10 micras de diámetro, la presencia de estos compuestos es indicador de contaminación del aire.

La concentración de contaminantes medidos en una estación, de igual manera se encuentra influenciada por las condiciones meteorológicas como el viento en su dirección y velocidad, época del año como el invierno o verano, condiciones topográficas, entre otros.

Con respecto a la velocidad del viento, el Atlas Climatológico del Departamento de Investigación y Servicios Meteorológicos⁸ contiene la velocidad del viento anual por áreas. Del promedio de los valores de las áreas resulta el valor de velocidad del viento anual del país con un valor de 5.04 kilómetros/hora que equivale a 1.4 metros/segundo.

En cuanto a la dirección del viento, según la información contenida en el Informe Anual 2012 Monitoreo del Aire en la Ciudad de Guatemala, USAC/MARN, “la mayoría del año los vientos provienen del noreste”⁹, así mismo el Informe del Comportamiento de la Calidad del Aire y las Variables Meteorológicas en la Estación

⁵ Estimaciones de la Población total por municipio. Período 2008-2020, presentado por el Instituto Nacional de Estadística Guatemala

⁶ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales et al., presenta el inventario de emisiones provenientes de las diferentes fuentes

⁷ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2010, presenta informe de la concentración de aerosoles con datos provenientes de la teleobservación.

⁸ Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. 2004. Presenta el Atlas Climatológico que contiene la velocidad del viento del país.

⁹ USAC/MARN, 2013 (p. 8), contenido en el informe anual de monitoreo de calidad del aire en la ciudad de Guatemala

denominada Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá¹⁰, indica “generalmente se registran dos tipos de trayectoria de masa de aire retrasa, una proveniente del Norte y otra que proviene del Sur”, “la altura de inicio y desplazamiento de la trayectoria de masa de aire cercana a la superficie de la tierra (suelo) influyen en la concentración de contaminantes” y “la leve variación de dirección entre los datos de superficie y la trayectoria de masapuede ser por obstáculos (edificios y arboles) existentes en el área donde se encuentra localizada la estación”.

Por otra parte, el Atlas Climatológico¹¹, señala que existen diferentes direcciones del viento, según las observaciones de la red meteorológica nacional al periodo 1980 a 2002; es decir corresponden a datos de superficie. Sin embargo estos valores pudieron haberse cambiado por la dinámica del sistema climático en la actualidad.

Específicamente la ubicación geográfica y las condiciones topográficas en que se localiza de la Ciudad de Guatemala, permite la circulación del viento proveniente del noreste predominantemente durante del año, lo cual representa una adecuada dilución y dispersión de los contaminantes gaseosos y particulado hacia la región sur del país; sin embargo la circulación y dispersión de los contaminantes pueden no ser suficientes, pudiendo correr el riesgo de inversiones térmicas principalmente en la época seca.

Las condiciones de altitudes de Guatemala oscilan entre los 0 a 4200 metros sobre nivel del mar, la parte mas alta del país se registra en la cima del Volcán Tajumulco.

En cuanto la época de verano o lluviosa, en la época seca la contaminación del aire generalmente se incrementa debido a actividades antropogenicas como los incendios forestales, zafra, quema de sabanas y rastrojos. En la época lluviosa, la concentración de contaminantes en el aire ambiente registra descenso, particularmente la concentración de aerosoles en la atmósfera medidos en profundidad óptica de aerosoles reportados el informe Aerosoles Atmosféricos en Guatemala 2009, muestra descenso en la época de invierno e incremento en la época seca.

¹⁰ MARN (Unidad de Cambio Climático) 2012. Documento inédito que muestra una relación indicativa de la concentración de contaminantes y las variables meteorológicas.

¹¹ Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. 2004. presenta el Atlas Climatológico que contiene la dirección predominante del viento modal anual del país.

6. CARACTERÍSTICAS DE LA REALIZACIÓN DE LA MEDICIÓN PARA LA CALIDAD DEL AIRE, ANÁLISIS Y UNIDAD DE MEDIDA

Entre los elementos que caracterizan la realización de las mediciones, se encuentran las instituciones que directamente llevaron a cabo la actividad, los lugares considerados como sitios en la que mayor existe afluencia de la población y la medición de contaminantes considerados como criterio, es decir de mayor significancia en la salud de la población.

6.1 Actores en la medición de calidad del aire

Los principales actores de la actividad de Medición de la Calidad del Aire Ambiente en las Cabeceras Departamentales de la República de Guatemala, año 2013, lo constituyeron el Laboratorio de Monitoreo del Aire de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Unidad de Cambio Climático (tema Calidad del Aire) del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales; adicionalmente se contó con el apoyo de las Delegaciones Departamentales del MARN con la facilitaron la coordinación con autoridades locales. Se hace mención del apoyo recibido por las Gobernaciones Departamentales, Municipalidades y otras instituciones en las que se incluye algunas Delegaciones del MARN, por permitir la instalación de los instrumentos de medición de calidad del aire en sus edificios.

6.2 Sitios de medición

Particularmente, los sitios o lugares de muestreo se consideraron como criterio fundamental a los establecimientos públicos como los edificios de las Gobernaciones Departamentales, municipalidades, entre otros; en virtud que estos establecimientos se localizan usualmente en la parte central de los centros urbanos y adicionalmente cuenta con energía eléctrica y seguridad para la protección de los instrumentos utilizados para muestrear la calidad del aire. No está demás mencionar que por otros factores tales como las condiciones de infraestructura, facilidad de energía eléctrica, seguridad, entre otros, se instalaron los instrumentos en otros establecimientos.

En cada sitio se realizó una medición de Partículas Totales en Suspensión y Partículas Menores de 10 micras; en algunos casos se midió Dióxido de Azufre.

6.3 Los contaminantes medidos

Entre los contaminantes medidos se encuentra el material particulado en su fracción Partículas Totales en Suspensión (PTS) y Partículas Menores de 10 micras de diámetro (PM₁₀), adicionalmente y tomando en cuenta la disponibilidad de recursos se midió el contaminante denominado Dióxido de Azufre (SO₂). Particularmente para el caso del contaminante Dióxido de Azufre, en algunas cabeceras departamentales

se identificó la concentración de estos contaminantes, en otras no se determinó y en otras cabeceras departamentales no se muestreo este contaminante.

6.4 Instrumentos y principios utilizados en el análisis de las muestras

Las mediciones del material particulado, PTS y PM₁₀, fueron realizadas mediante el uso de impactores de alto y bajo volumen, respectivamente. En la medición de dióxido de azufre (SO₂), se utilizó un equipo de difusión activa.

Los métodos analíticos utilizados para el análisis de las muestras fueron Gravimetría para muestras de material particulado recolectadas de los impactores de alto y bajo volumen y el método de la Pararosanilina con análisis espectrofotométrico para las muestras de dióxido de azufre.

En el análisis de las muestras se utilizó como referencia la presión atmosférica que se registra en la Estación denominada Macroescala, que se localiza en el Edificio T-10 Facultad de CCQQ y Farmacia, Ciudad Universitaria, Zona 12, latitud 14.585043 ° y longitud -90.554842 °

6.5 Unidad de medida para el reporte

Los resultados de las muestras se reportan en µg/m³.

7. RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

En la Tablas No. 1, 2, 3, 4 y 5 se presentan el orden en que se realizó la medición de calidad del aire en el interior del país, las fechas de realización, contaminantes medidos, la localización de los sitios de medición y algunas particularidades de las condiciones del tiempo en el momento en que se instalaron los instrumentos de medición. En cuanto a la georeferenciación de los sitios de medición, se utilizó la información que presenta la plataforma Google Earth Plus¹².

¹² Programa similar a un Sistema de Información Geográfica, gratuito; que muestrea aspectos geográficos como ciudades, calles, etc.

Tabla No. 1

Cuadro resumen de los resultados del muestreo de material particulado en las cabeceras departamentales de Guatemala febrero a julio 2013

Orden	Lugar	Fecha	Contaminantes medidos / Concentración detectada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Latitud y longitud de los sitios de medición	Observaciones y temperatura, humedad relativa al momento de la instalación de los instrumentos
			Partículas Totales en Suspensión	Partículas Menores de 10 micras	Dióxido de Azufre		
1	Retalhuleu (cabecera)	05/02/2013	70	41	N.D	Lat 14.535725 ° Long - 91.677891 °	Época seca. Apagón eléctrico durante el muestreo. Actividades de zafra en los alrededores. 639.8 mm Hg, 34.9 ° C y 22 % de humedad.
2	San Marcos (cabecera)	06/02/2013	76	48	N.M	Lat 14.965300 ° Long - 91.794474 °	Época seca. Apagón eléctrico durante el muestreo. Actividad de reconstrucción debido al pasado terremoto. 640.2 mm Hg, 17 ° C y 54 % de humedad.
3	Sololá (cabecera)	19/02/2013	145	46	N.D	Lat 14.770786 ° Long - 91.183396 °	Época seca. Fuerte viento. Mucho polvo el aire. Actividad de quema de leña en los alrededores. 639.5 mm Hg, 28 ° C y 22 % de humedad.

Fuente: Registro del Laboratorio de Monitoreo del Aire de la USAC y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales 2013.

Tabla No. 2

Cuadro resumen de los resultados del muestreo de material particulado en las cabeceras departamentales de Guatemala febrero a julio 2013

Orden	Lugar	Fecha	Contaminantes medidos / Concentración detectada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Latitud y longitud de los sitios de medición	Observaciones y temperatura, humedad relativa al momento de la instalación de los instrumentos
			Partículas Totales en Suspensión	Partículas Menores de 10 micras	Dióxido de Azufre		
4	Quetzaltenango (cabecera)	20/02/2013	122	76	2.08	Lat 14.849350 ° Long -91.533544 °	Época seca, próximo a terminal de autobuses. 639 mm Hg, 29 ° C y 18 % de humedad.
5	El Quiché (cabecera)	04/03/2013	65	52	N.M	Lat 15.031635 ° Long - 91.152730 °	Época seca. Incendios provocados en los alrededores. 640.2 mm Hg, 26.2 ° C 15 % de humedad.
6	Totonicapán (cabecera)	04/03/2013	107	21	N.M	Lat 14.911803 ° Long - 91.360352°	Época seca. Bastante actividad de quema de leña. Apagón eléctrico durante el muestreo. 640.2 mm Hg, 21.7 ° C y 21 % de humedad.
7	Huehuetenango (cabecera)	06/03/2013	42	35	N.D	Lat 15.321557 ° Long - 91.470152 °	Época seca. Fuerte viento. 641.3 mm Hg, 23.8 ° C y 19% de humedad.

Fuente: Registro del Laboratorio de Monitoreo del Aire de la USAC y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales 2013.

Tabla No. 3

Cuadro resumen de los resultados del muestreo de material particulado
en las cabeceras departamentales de Guatemala
febrero a julio 2013

Orden	Lugar	Fecha	Contaminantes medidos / Concentración detectada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Latitud y longitud de los sitios de medición	Observaciones y temperatura, humedad relativa al momento de la instalación de los instrumentos
			Partículas Totales en Suspensión	Partículas Menores de 10 micras	Dióxido de Azufre		
8	Baja Verapaz (Salamá)	2/04/2013	85	34	1,76	Lat 15.101987 ° Long -90.318638 °	Época seca. Ambiente caluroso. 639.5 mm Hg, 35.4 ° C y 16 % de humedad.
9	Alta Verapaz (Cobán)	2/04/2013	59	37	3,45	Lat 15.470530 ° Long -90.373353 °	Época seca. 639.5 mm Hg, 31 ° C y 31 % de humedad
10	Suchitepéquez (Mazatenango)	29/04/2013	40	31	0,96	Lat 14.534834 ° Long -91.503136 °	Registro de lluvia. 637.6 mm Hg, 35.9 °C y 33 % de humedad.
11	Escuintla (Escuintla)	29/04/2013	55	48	3,84	Lat 14.300439 ° Long -90.785653 °	Registro de lluvia Nublado, actividad eléctrica. 637.6 mm Hg, 31 ° C, 42 % de humedad.
12	Santa Rosa (Cuilapa)	16/04/2013	133	118	4,61	Lat 14.275820 ° Long -90.298842 °	Ambiente caluroso. 639.4 mm Hg, 33.8 °C y 21 % de humedad.
13	Jutiapa (Jutiapa)	16/04/2013	118	104	4,7	Lat 14.287720 ° Long -89.893745 °	Ambiente caluroso. Equipo se desconecto por corto circuito. 639.4 mm Hg, 37.8 ° C y 16 % de humedad.

Fuente: Registro del Laboratorio de Monitoreo del Aire de la USAC y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales 2013.

Tabla No. 4

Cuadro resumen de los resultados del muestreo de material particulado en las cabeceras departamentales de Guatemala febrero a julio 2013

Orden	Lugar	Fecha	Contaminantes medidos / Concentración detectada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Latitud y longitud de los sitios de medición	Observaciones y temperatura, humedad relativa al momento de la instalación de los instrumentos
			Partículas Totales en Suspensión	Partículas Menores de 10 micras	Dióxido de Azufre		
14	Jalapa (Jalapa)	18/04/2013	118	100	3,95	Lat 14.634299 ° Long - 89.981162 °	Se observa quema de arbustos en los alrededores. Viento con dirección norte-sur. 637.5 mm Hg, 30.6 ° C y 26 % de humedad.
15	Zacapa (Zacapa)	13/05/2013	31	28	N.D	Lat 14.973140 ° Long - 89.532485 °	Fuerte viento. 639.8 mm Hg, 32.6 ° C y 29 % de humedad.
16	Chiquimula (Chiquimula)	13/05/2013	39	30	N.D	Lat 14.800890 ° Long - 89.546754 °	Fuerte viento. Trabajos de construcción dentro de la municipalidad. 639.8 mm Hg, 32.3 ° C y 21 % de humedad.
17	Petén (San Benito)	27/05/2013	24	29	N.D	Lat 16.911715 ° Long - 89.891135 °	Actividad lluviosa. 639.1 mm Hg, 26.2 ° C y 72 % de humedad.
18	Izabal (Río Dulce)	27/05/2013	6	21	N.M	Lat 15.655456 ° Log - 88.997187 °	Actividad lluviosa. 639.1 mm Hg, 32.2 ° C y 58 % de humedad.

Fuente: Registro del Laboratorio de Monitoreo del Aire de la USAC y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales 2013.

Tabla No. 5

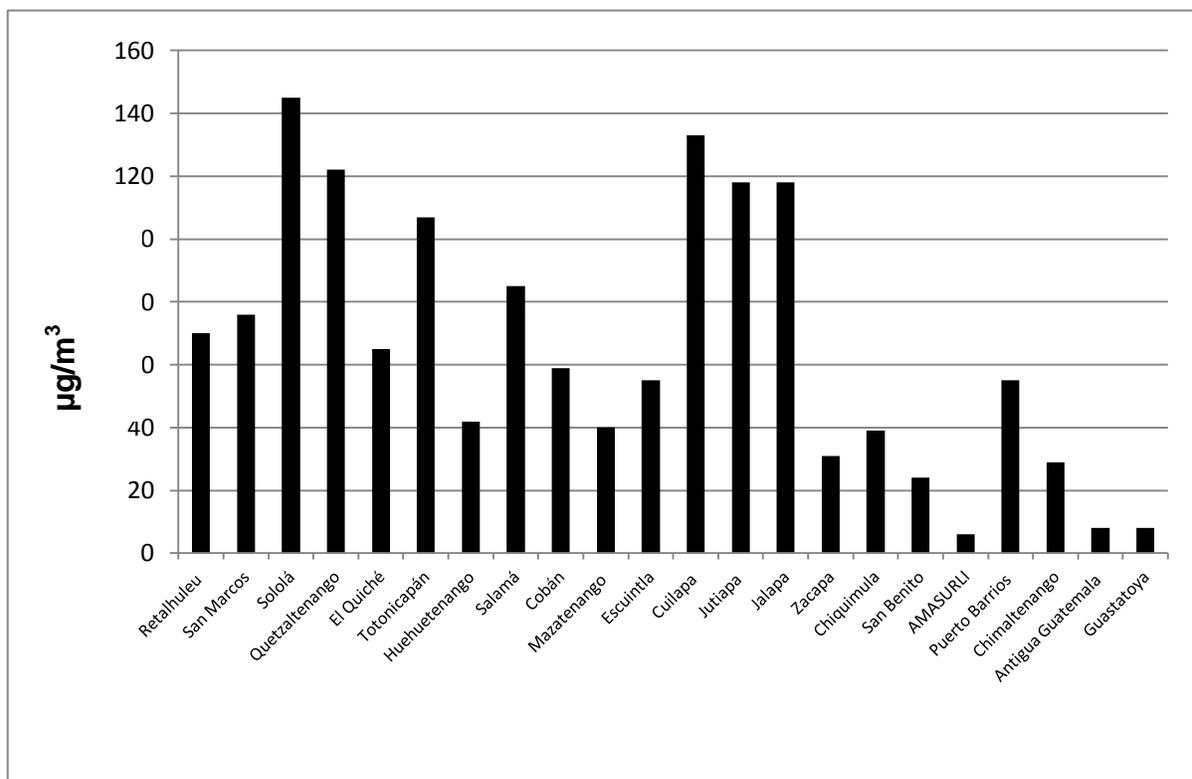
Cuadro resumen de los resultados del muestreo de material particulado en las cabeceras departamentales de Guatemala febrero a julio 2013

Orden	Lugar	Fecha	Contaminantes medidos / Concentración detectada ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			Latitud y longitud de los sitios de medición	Observaciones y temperatura, humedad relativa al momento de la instalación de los instrumentos
			Partículas Totales en Suspensión	Partículas Menores de 10 micras	Dióxido de Azufre		
19	Izabal (Puerto Barrios)	29/05/2013	55	51	N.D	Lat 15.729363 ° Long - 88.599324 °	Soleado 637.6 mm Hg, 39.9 ° C y 47 % de humedad.
20	Chimaltenango (Chimaltenango)	2/07/2013	29	21	N.M	Lat 14.660005 ° Long - 90.822326 °	Actividad lluviosa. 639.1 mm Hg, 21 ° C y 59% de humedad.
21	Sacatepéquez (Antigua Guatemala)	2/07/2013	8	20	N.M	Lat 14.557367 ° Long - 90.733380 °	Soleado 639.1 mm Hg, 29.9 ° C y 43 % de humedad.
22	El Progreso (Guastatoya)	4/07/2013	8	29	N.M	Lat 14.851977 ° Log -90.070661 °	Soleado. Equipo TPS sufrió un desperfecto durante muestreo. 639.8 mm Hg, 33 ° C y 40 % de humedad.

Fuente: Registro del Laboratorio de Monitoreo del Aire de la USAC y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales 2013.

En la Gráfica No. 1, se presenta la concentración de Partículas Totales en Suspensión identificadas en las muestras recolectadas en cada cabecera departamental de febrero a julio de 2013.

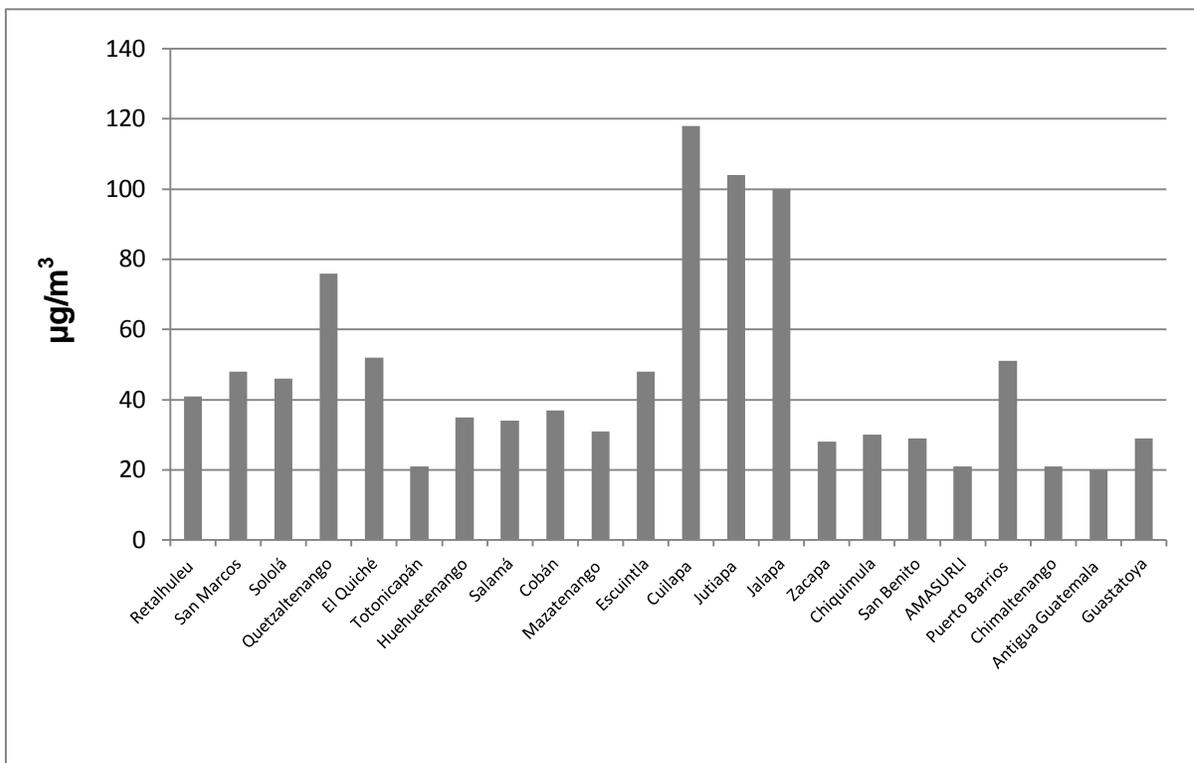
Gráfica No. 1
 Concentración de Partículas Totales en Suspensión de las
 muestras tomadas en las cabeceras Departamentales de Guatemala 2013



Fuente: Elaboración propia con los datos contenidos en la Tabla No. 1 Cuadro resumen de los resultados del muestreo de material particulado en las cabeceras departamentales de Guatemala febrero a julio 2013.

En la Gráfica No. 2, se presenta la concentración de Partículas Menores de 10 micras de diámetro identificadas en las muestras recolectadas en cada cabecera departamental de febrero a julio de 2013.

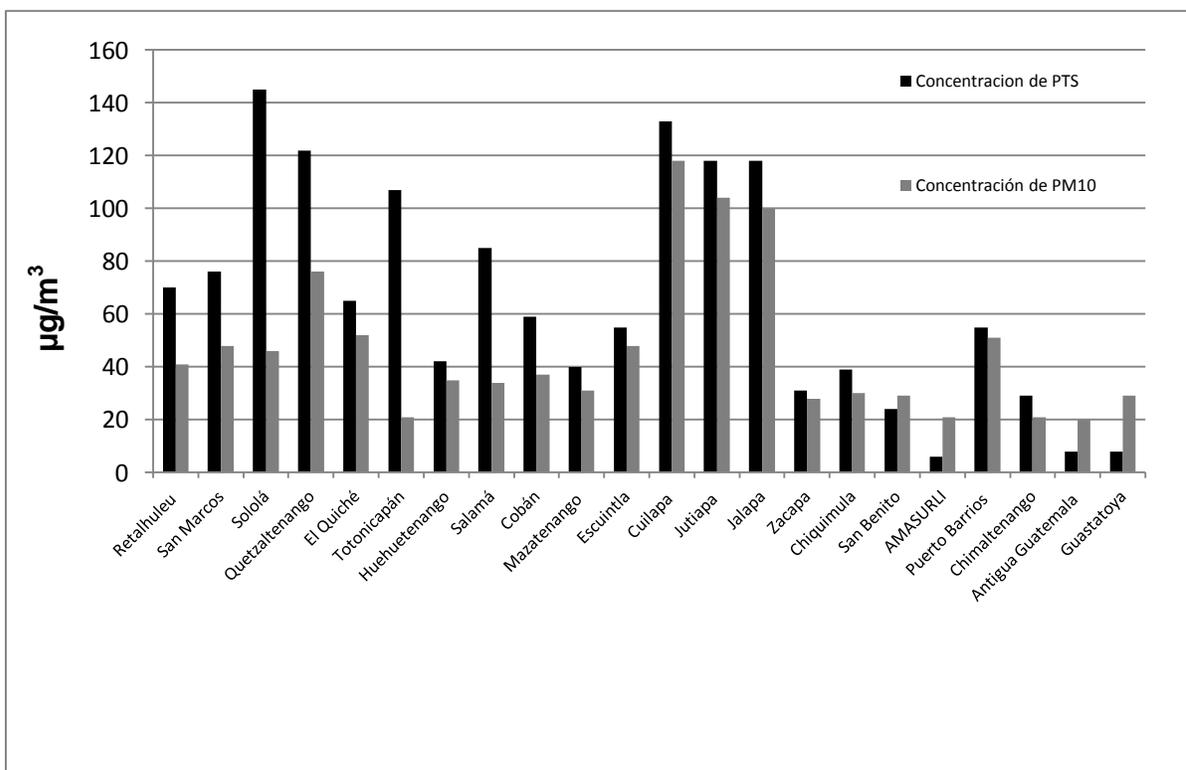
Gráfica No. 2
 Concentración de Partículas Menores de 10 micras de diámetro de las muestras tomadas en las cabeceras Departamentales de Guatemala 2013



Fuente: Elaboración propia con los datos contenidos en la Tabla No. 1 Cuadro resumen de los resultados del muestreo de material particulado en las cabeceras departamentales de Guatemala febrero a julio 2013.

La Grafica No. 3, presenta comparativamente la concentración de Partículas Totales en Suspensión y Partículas Menores de 10 micras de diámetro entre localidades muestreadas durante febrero a julio de 2013.

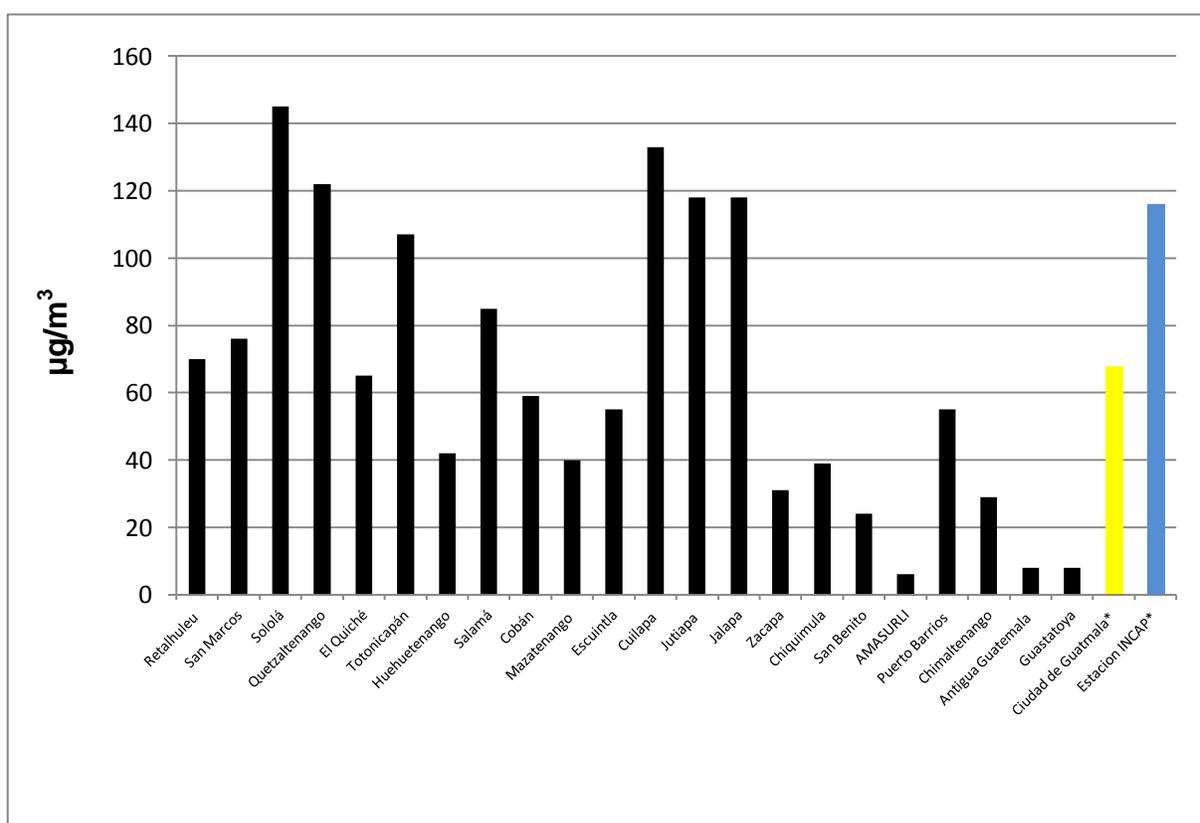
Gráfica No. 3
Comparación de la Concentración de Partículas Totales en Suspensión y
Partículas Menores de 10 micras de diámetro de las muestras tomadas en las
cabeceras Departamentales 2013



Fuente: Elaboración propia con los datos contenidos en la Tabla No. 1 Cuadro resumen de los resultados del muestreo de material particulado en las cabeceras departamentales de Guatemala febrero a julio 2013.

Para fines comparativos, en la Grafica No. 4 se muestra la concentración de Partículas Totales en Suspensión identificadas en las cabeceras departamentales del interior del año 2013 y la concentración de Partículas Totales en Suspensión reportadas en el informe USAC/MARN 2013¹³, correspondiente a la concentración de este contaminante en la ciudad de Guatemala y particularmente la estación del INCAP en el año 2012 en promedio de 24 horas.

Gráfica No. 4
Comparación de la Concentración de Partículas Totales en Suspensión de las cabeceras Departamentales 2013, de la Ciudad de Guatemala y de Estación INCAP 2012

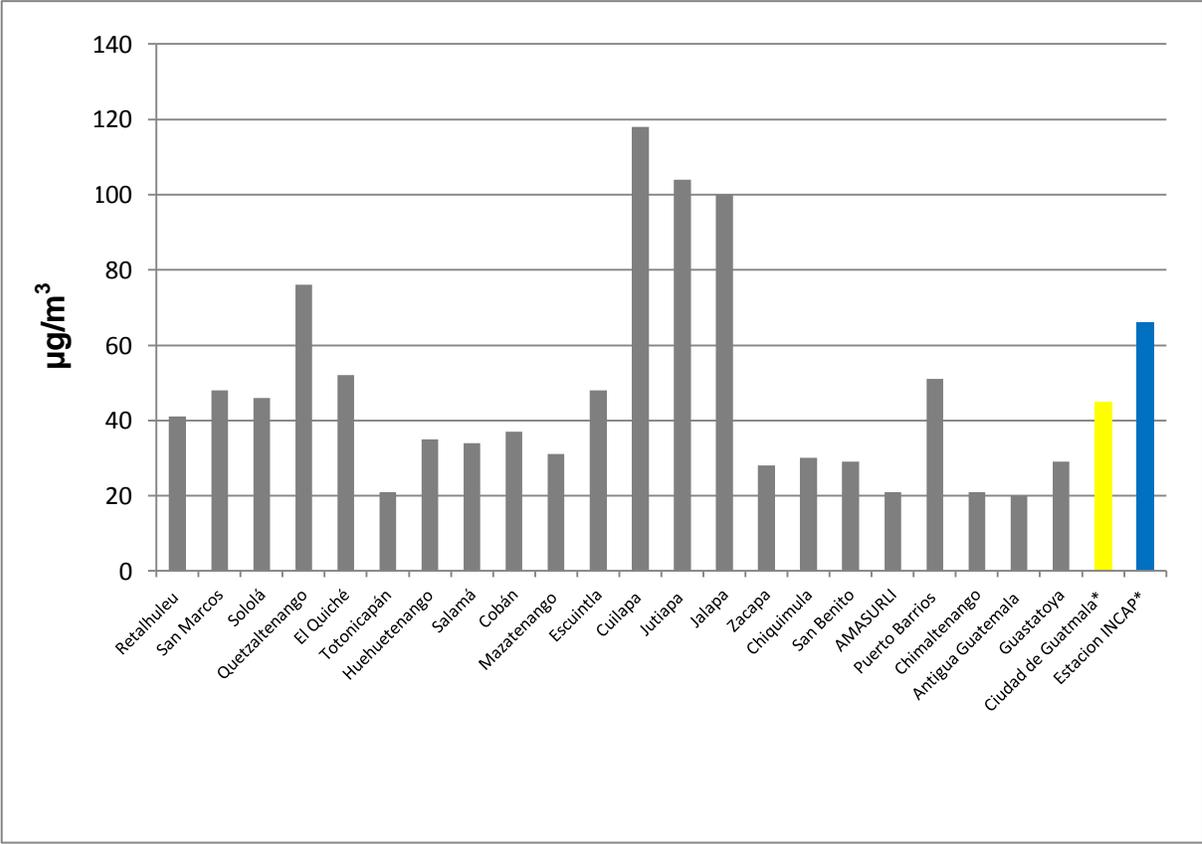


Fuente: Elaboración propia con los datos de muestreo de material particulado en las cabeceras departamentales de Guatemala 2013 y 2012

¹³ INFORME ANUAL 2012 MONITOREO DEL AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Así mismo, en la Gráfica No. 5 se muestra la concentración de Partículas Menores de 10 micras de diámetro identificadas en las cabeceras departamentales del interior del año 2013 y la concentración de Partículas Menores de 10 micras de diámetro reportadas en el informe USAC/MARN 2013¹⁴, correspondiente a la concentración de este contaminante en la ciudad de Guatemala y particularmente la estación del INCAP en el año 2012 en promedio de 24 horas.

Gráfica No. 5
Comparación de la Concentración de Partículas Menores de 10 micras de diámetro
de las cabeceras Departamentales 2013,
de la Ciudad de Guatemala y de Estación INCAP 2012

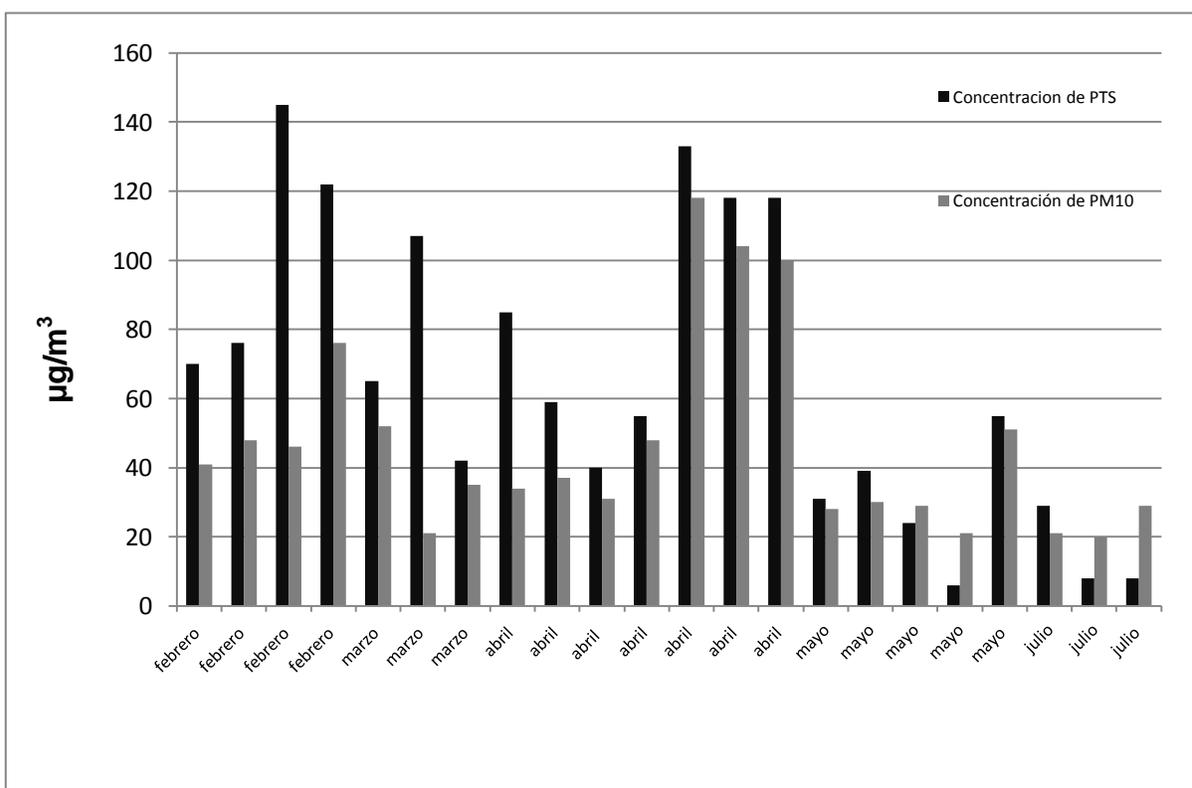


Fuente: Elaboración propia con los datos de muestreo de material particulado en las cabeceras departamentales de Guatemala 2013 y 2012

¹⁴ INFORME ANUAL 2012 MONITOREO DEL AIRE EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

En la Gráfica No. 6, se presenta comparativamente la concentración de Partículas Totales en Suspensión y Partículas Menores de 10 micras de diámetro por época de realización, es decir las mediciones realizadas en la época seca que comprende los meses de febrero a abril y la época lluviosa que comprende los meses de mayo y julio.

Gráfica No. 6
 Concentración de Partículas Totales en Suspensión y
 Partículas Menores de 10 micras de diámetro
 de las muestras realizadas en verano e invierno



Fuente: Elaboración propia con los datos contenidos en la Tabla No. 1 Cuadro resumen de los resultados del muestreo de material particulado en las cabeceras departamentales de Guatemala Febrero a julio 2013.

8. ANÁLISIS DE INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El promedio de la concentración de Partículas Totales en Suspensión medidos en las cabeceras departamentales (incluye AMASURLI) de febrero a julio de 2013 es de $65.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $46.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para Partículas menores de 10 micras de diámetro en medición de 24 horas respectivamente. El promedio de Partículas Totales en Suspensión medidos en las cabeceras departamentales, levemente está por debajo del promedio registrado en la Ciudad de Guatemala en el año 2012 y las Partículas menores de 10 micras de diámetro, levemente está por encima del promedio registrado en la Ciudad de Guatemala en el año 2012.

El documento Guías de la Calidad del Aire de la Organización Mundial 2005 no presenta valor Guía para el contaminante Partículas Totales en Suspensión, pero sí se considera lo contenido en la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-SSA1-1993 Y MODIFICACIÓN A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-SSA1-1993¹⁵ con los resultados obtenidos de las mediciones en el interior del país, se puede decir que existe contaminación del aire en dichas regiones. Los valores identificados en las cabeceras departamentales del país, están por debajo de este estándar establecido de $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas.

En lo que respecta a las Partículas menores de 10 micras de diámetro, el documento Guías de la Calidad del Aire Actualización Mundial OMS 2005¹⁶, indica que para las mediciones en 24 horas la concentración de este contaminante no debe ser mayor de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas, al considerar este parámetro se puede decir que las cabeceras departamentales de Cuilapa (Santa Rosa), Jutiapa, Jalapa, Quetzaltenango, El Quiché y Puerto Barrios (Izabal) superan los valores contenidos en el documento Guías de la Calidad del Aire, es decir que el 28.57 % de las cabeceras departamentales la contaminación del aire superara el límite establecido respecto a este contaminante.

Al comparar la concentración de Partículas Totales en Suspensión y Partículas menores de 10 micras de diámetro identificadas en las cabeceras departamentales, el 14.28 % de las cabeceras departamentales muestran que la concentración de Partículas Totales en Suspensión es menor que las Partículas Menores de 10 micras de diámetro, cabe mencionar que las mediciones realizadas en San Benito (Petén), Antigua Guatemala (Sacatepéquez), Guastatoya (El Progreso) e incluso AMASURLI (Izabal) fue en época de lluvia, a pesar que en el momento de la instalación de los instrumentos de medición las condiciones del tiempo era soleado, día anterior y/ o posterior a la instalación de los instrumentos de medición hubo lluvia.

¹⁵ NOM-025-SSA1-1993 y modificación, 5. Especificaciones. Para efectos de protección a la salud de la población más susceptible, se establecen los valores de concentración máxima para PST.

¹⁶ Organización Mundial de la Salud, 2005. Presenta los valores Guía de la Calidad del Aire

La comparación de la concentración de Partículas Totales en Suspensión, medidos en las cabeceras departamentales en el 2013 con respecto al promedio anual registrado en la ciudad de Guatemala en el año 2012, el 38.09 % de las cabeceras departamentales (Retalhuleu, San Marcos, Sololá, Quetzaltenango, Totonicapán, Santa Rosa (Cuilapa), Jalapa y Jutiapa) superan el valor registrado en la Ciudad de Guatemala. Así mismo los resultados de las cabeceras departamentales 2013, comparado con los concentraciones identificadas en la Estación (INCAP) que registra la mayor contaminación en la Ciudad de Guatemala, se puede observar que los resultados de la concentración de Partículas Totales en Suspensión de los cabeceras departamentales de Sololá, Quezaltenango, Cuilapa (Santa Rosa), Jutiapa y Jalapa superan los valores registrados en la Estación INCAP de la Ciudad de Guatemala.

En cuanto a las Partículas menores de 10 micras de diámetro, el 42.86 % de las cabeceras departamentales superan al promedio anual registrado en la ciudad de Guatemala y el 19.05 % de cabeceras departamentales superan el valor registrado en la Estación INCAP de la Ciudad de Guatemala en el año 2012 respectivamente.

En términos generales la concentración de Partículas Totales en Suspensión es mayor que las Partículas menores de 10 micras de diámetro en el aire ambiente, sin embargo en mediciones realizadas en la época de invierno en algunos casos la concentración de Partículas Totales en Suspensión es menor que las Partículas menores de 10 micras de diámetro, como el caso de las mediciones realizadas en San Benito (Petén), AMASURLI, Antigua Guatemala (Sacatepequez) y Cuilapa (Santa Rosa).

La mayor concentración de Partículas Totales en Suspensión respecto a las Partículas menores de 10 micras de diámetro, se encuentra asociado a la quema de sabanas, zafrá, incendios forestales, emisiones de fuentes difusas, entre otras, en las cuales la combustión generalmente es deficiente resultando partículas de mayor tamaño. Adicionalmente en la época de verano existe desgaste y arrastre de partículas provocados por el viento, particularmente proveniente de suelos sin cobertura, actividades agrícolas, entre otros.

Por otra parte la menor concentración de PTS identificados en la época de invierno se debe a que la lluvia lava o precipita las partículas de mayor tamaño como las PTS. En tanto que las PM_{10} tienden a mantenerse y a no precipitarse fácilmente con la lluvia.

Las mediciones de dióxido de azufre realizadas en algunas cabeceras departamentales, señalan la presencia de este contaminante y se asume que provienen únicamente del sector transporte por el uso de hidrocarburo con contenido de azufre.

En cuanto a los resultados del Dióxido de azufre, particularmente en la que se señala no determinado (N.D), este puede atribuirse a las condiciones meteorológicas del lugar y a la estabilidad atmosférica, es decir por ser el dióxido de azufre un gas

tiende a desplazarse hacia la parte alta de la capa de aire en vez de desplazarse horizontalmente sobre la superficie del suelo.

9. CONCLUSIONES

- 9.1 El aire muestreado en las cabeceras departamentales del país, muestran contaminación por material particulado.
- 9.2 Las concentraciones de Partículas Totales en Suspensión identificadas en cabeceras departamentales del país, está por debajo de los niveles de la Norma Mexicana respecto a este contaminante.
- 9.3 Para la concentración de partículas menores de 10 micras de diámetro determinadas en cabeceras departamentales del país, más de una cuarta parte de localidades están por encima de los límites y otras localidades se encuentran próximo al Valor Guía sugerido por la OMS.
- 9.4 La concentración de Partículas Totales en Suspensión determinadas en algunas cabeceras departamentales, superan al promedio anual registrados en la Ciudad de Guatemala en el año 2012 respecto a este contaminante.
- 9.5 Las actividades antropogénicas y las condiciones meteorológicas como el viento de la época seca, influyen en la concentración de material particulado en el aire ambiente.
- 9.6 La lluvia, como variable meteorológica, influye en la baja concentración de material particulado en el aire ambiente.

10. RECOMENDACIONES

- 10.1 Fortalecer la medición de material particulado y dióxido de azufre en las cabeceras departamentales y municipios del interior del país, para la conformación de una línea base de contaminantes criterio del aire.
- 10.2 Aumentar las mediciones de contaminantes criterio, en las localidades en que se registraron altas y bajas concentraciones de material particulado para el fortalecimiento del presente estudio.
- 10.3 Complementar el contenido de este informe con el informe Anual de Monitoreo del Aire en la Ciudad de Guatemala en el 2014.
- 10.4 Promover en el marco de las investigaciones, incluyendo el desarrollo de tesis de carreras a fines a esta temática, en los departamentos de la república, el tema calidad del aire y su relación con las variables meteorológicas.
- 10.5 Desarrollar estudios de emisiones de contaminantes criterios y sus fuentes en los departamentos de la República, así como la aplicación de la teledetección para la calidad del aire.
- 10.6 Informar y comunicar los resultados del presente informe a los diversos actores y sectores de los departamentos del país, en el marco de las acciones de Educación Ambiental y de Participación Pública como prioridad institucional.

11. BIBLIOGRAFÍA

Instituto Nacional de Estadística. Proyección de Población por municipio 2008-2020. Leído de la <http://www.ine.gob.gt/np/poblacion/index.htm> el 15 de julio de 2013. Guatemala.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. (2004). Atlas Climatológico Velocidad del viento promedio anual y Dirección predominante del viento modal anual. Guatemala.

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. 2013. Calidad del Aire del 25 de diciembre de 2012 “Navidad”. Guatemala.

Google Earth Plus. Leído el 23 de julio de 2013.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Aerosoles Atmosféricos en Guatemala. Guatemala.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2012. Comportamiento de la Calidad del Aire y las Variables Meteorológicas en la Estación denominada Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (inédito). Guatemala, 2012.

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales et al. 2012. Inventario de Emisiones de Contaminantes Criterio del aire. Guatemala año 2009. Guatemala.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-SSA1-1993 Y MODIFICACIÓN A LA NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-025-SSA1-1993. Fecha de Publicación: 26 de septiembre de 2005. Leído de <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/025ssa193.html> el 23 de julio de 2013.

Organización Mundial de la Salud. (2005). Guías de Calidad del Aire. Actualización Mundial 2005. Organización Mundial de la Salud. Organización Panamericana de la Salud. 2005.

Universidad de San Carlos de Guatemala y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2013. Informe Anual de Monitoreo del aire en la Ciudad de Guatemala. Guatemala.

Universidad de San Carlos de Guatemala y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2010, 2011 y 2012. Informe Anual de Monitoreo del aire en la Ciudad de Guatemala. Guatemala.

Universidad de San Carlos de Guatemala. 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005. 2006, 2007, 2008 y 2009. Informe Anual de Monitoreo del aire en la Ciudad de Guatemala. Guatemala.

Universidad de San Carlos de Guatemala y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. 2013. Registro de Análisis de Calidad del Aire. Guatemala, 2013.

12. ANEXOS

Punto de medición en el Edificio de la Gobernación
Departamental de Retalhuleu



Punto de medición en el Edificio de la Gobernación
Departamental de San Marcos



Punto de medición en el Edificio de la Gobernación
Departamental de Sololá



Punto de medición en el Edificio de los Bomberos Voluntarios de Quetzaltenango (Salida a San MARCOS)



Punto de medición en el Edificio Delegación
MARN en El Quiché



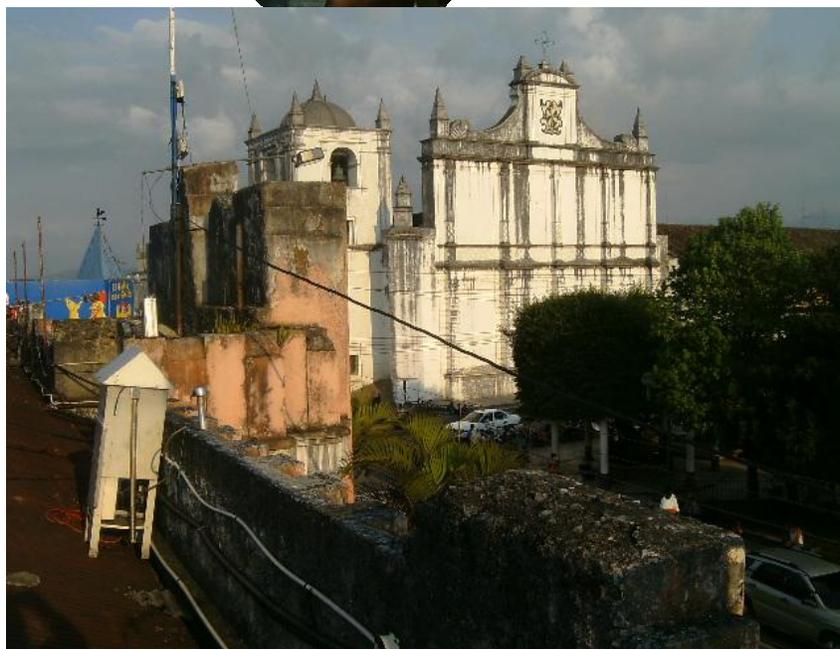
Punto de medición en el Edificio del
Centro de Bienestar Social de Totonicapán



Punto de medición en el Edificio de la Gobernación
Departamental de Huehuetenango



Colocación de instrumentos en Municipalidad de Cobán
Departamental de Alta Verapaz



Punto de medición en el Edificio de la Gobernación de Salamá
Departamental de Baja Verapaz



Colocación de instrumentos en Municipalidad de
Cuilapa (Santa Rosa)



Instrumentos instalados en la terraza de la Gobernación Departamental de Jutiapa, Profesional de la USAC, piloto y vehículo de apoyo del MARN frente al edificio de la Gobernación Departamental



Instrumentos instalados en la terraza de la Gobernación
Departamental de Jalapa



Delegada Departamental del MARN acompañando la actividad
de medición de calidad del aire en Escuintla
(terraza de la Gobernación Departamental de Escuintla)



Punto de medición Municipalidad Departamental de Zacapa,
Asesor, piloto y vehículo de apoyo del MARN utilizado en la actividad.



Punto de medición de calidad del aire en Chiquimula
(Terraza de la Municipalidad departamental de Chiquimula)



Punto de medición de calidad del aire en Santa Elene Petén
(7ª. Avenida entre 6ta y 7ª calle Zona 1)



Punto de medición de calidad del aire en la Terraza del edificio
del Ministerio de Desarrollo en Puerto Barrios
(12 Calle entre 6ta y 7ª Avenida)



Punto de medición de calidad del aire en Rio Dulce
(Terraza de la Delegación del MARN, AMASURLY)



Punto de medición de calidad del aire en Chimaltenango
(Terraza de la Delegación del MARN)



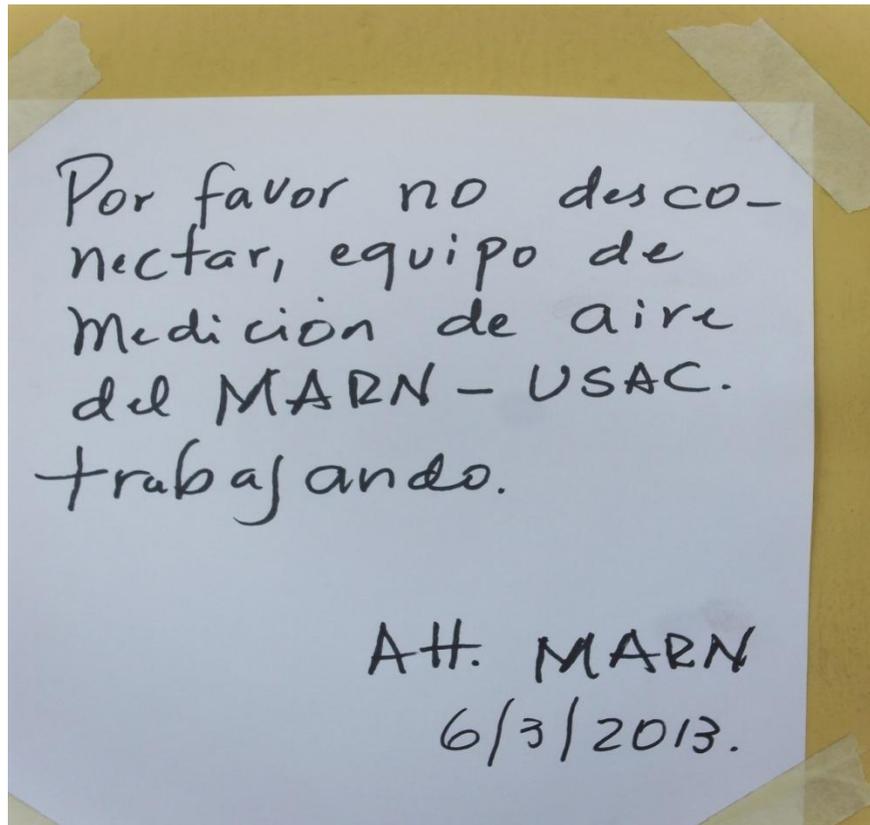
Instrumentos instalados en la terraza de la Municipalidad de Antigua Guatemala Departamental de Sacatepéquez



Punto de medición de calidad del aire en el Progreso
(Terraza de la Municipalidad departamental del Progreso Guastatoya)



Notas solicitando respetar la conexión eléctrica de los equipos, para evitar pérdida de medición



13. DEFINICIONES

Contaminantes criterio: Son los contaminantes que se han identificado como perjudiciales para la salud y el bienestar de los seres humanos, en base a estudios públicos de calidad del aire; así mismo han sido objeto de evaluaciones para establecer límites permisibles de contaminantes en el aire ambiente.

Dióxido de Azufre: Gas incoloro e irritante que se origina principalmente de las actividades humanas en los procesos de combustión industrial y de transporte cuando se utilizan combustibles con contenidos de azufre. Entre sus efectos: afecciones respiratorias, debilitamiento de las defensas pulmonares, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares ya existentes. El dióxido de azufre reacciona rápidamente con el agua para formar ácido sulfúrico, componente de la lluvia ácida. La lluvia ácida produce decoloración de las plantas y daños a materiales.

Partículas Totales en Suspensión -PTS-: Son aquellas partículas diminutas sólidas y líquidas presentes en el aire en gran número, originadas principalmente por procesos de combustión de productos derivados del petróleo y carbón vegetal utilizados en actividades industriales, domésticas y de transporte, así como en otros procesos industriales (molido de piedra, fabricación de cemento, etc.). También tienen origen natural en las erupciones volcánicas, procesos de erosión y en los incendios forestales. Entre sus efectos: Irritación de las vías respiratorias, aumento en la susceptibilidad al asma y resfriado común, deterioro de materiales y monumentos históricos, interferencia con la fotosíntesis y disminución de la visibilidad.

Partículas menores de 10 micras de diámetro PM_{10} : Son todas aquellas partículas sólidas o líquidas dispersas en el aire con un diámetro menor a 10 micrómetros. Por lo regular se conforman por polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen. Se originan principalmente en los procesos de combustión industrial, doméstica y de transporte. Naturalmente se producen por erosión, erupciones volcánicas e incendios forestales. Entre sus efectos: capacidad de penetrar profundamente por el tracto respiratorio produciendo graves irritaciones a las vías respiratorias, agravar el asma y las enfermedades cardiovasculares.

Microgramo: Unidad de masa equivalente a la millonésima parte o porción de un gramo.

14. ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS UTILIZADOS

AMASURLI	Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Izabal y del Río Dulce
N.D	No detectado
N.M	No muestreado
PTS	Partículas Totales en Suspensión
PM ₁₀	Partículas menores de 10 micras de diámetro
SO ₂	Dióxido de azufre
µg/m ³	Microgramo por metro cúbico