



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala



Gobierno de Guatemala
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

**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**

**INFORME ANUAL 2011
MONITOREO DEL AIRE EN LA CIUDAD DE
GUATEMALA**



Guatemala, Marzo de 2012

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

Licda. Michelle Melissa Martínez Kelly
Viceministra de Recursos Naturales-MARN

PhD. Juan Francisco Pérez Sabino,
Director Escuela de Química

Lic. Jhoni Frank Alvarez Castañeda
**Coordinador Laboratorio de Monitoreo del Aire
Elaboración**

Ing. Abelardo Pérez Zamora, Asesor
Ing. Julio César Campos Paiz, Consultor
Unidad de Cambio Climático –MARN-

Lic. Pablo Ernesto Oliva Soto, M.A.
**Secretario Académico Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Asesoría y Revisión del Informe**

Br. Herberth Alejandro Ismatul Rejopachi
Br. Juan José Ixcamparij López
Br. Elizandra Hernandez Hernández
Colaboradores

Agradecimientos

- A los estudiantes de la carrera de Química que realizaron sus prácticas de EPS y EDC durante el año 2011, ya que sin su colaboración no hubiera sido posible la determinación de los parámetros presentados en este informe.
- Museo de la Universidad de San Carlos de Guatemala –MUSAC-.
- Instituto Nacional de Sismología, vulcanología, meteorología e hidrología -INSIVUMEH-.
- Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá –INCAP-.
- Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Programa de EDC de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Departamento de Análisis Inorgánico de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Departamento de Química General de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Departamento de Fisicoquímica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Fiscalía de Delitos Contra el Ambiente, Ministerio Público.
- Unidad de Cambio Climático, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. -MARN-.
- Laboratorio ECOQUIMSA, Guatemala.
- Laboratorio RGH, Guatemala.
- Laboratorio GEOAMBIENTE, Guatemala.

Hoy en día la República de Guatemala cuenta con aproximadamente 14 millones habitantes, de los cuales en la ciudad capital y sus alrededores habitan aproximadamente 3 millones, número que se eleva durante el día debido a las múltiples actividades que se desarrollan en el área metropolitana, incluyendo el transporte automotor terrestre que para el año 2010 ascendió a 2,064,035 vehículos registrados a nivel nacional, de los cuales más del 50% de dicho parque vehicular tienen más de 12 años de edad; así mismo de las actividades y procesos industriales. Por lo anterior la matriz ambiental “aire” se ve diariamente afectado en forma negativa.

En la Ciudad de Guatemala opera el Laboratorio de Monitoreo del Aire (LMA), como laboratorio de investigación que pertenece a la Escuela de Química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En dicho Laboratorio se han realizado desde el año 1994 informes anuales que incluyen los resultados de la determinación de contaminantes criterio como lo son partículas totales en suspensión (PTS), partículas totales en suspensión en su fracción menor a 10 micrómetros (PM_{10}), estudios ocasionales de partículas totales en suspensión en su fracción menor a 2.5 micrómetros ($PM_{2.5}$), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3) y monóxido de carbono (CO), estos dos últimos no medidos para el año 2011, lluvia ácida, así como estudios de caracterización del material particulado. Además de apoyar y brindar soporte a todas las investigaciones que se relacionen con el tema.

En el marco de coordinación y sinergia para el monitoreo de la calidad del aire en el municipio de Guatemala, a partir de junio de 2010, la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales han venido realizando esfuerzos conjuntos para aumentar el número de muestreos de contaminantes atmosféricos, teniendo como resultado de dicho esfuerzo una mayor periodicidad en las mediciones.

Como parte del proceso de coordinación USAC-MARN, actualmente se miden los siguientes cinco contaminantes: PTS, PM_{10} , SO_2 , NO_2 y lluvia ácida. Dichos parámetros conocidos como “contaminante criterio” servirán para referirnos a la calidad de aire en la ciudad de Guatemala durante el año 2011. Así mismo, vale la pena indicar que se cuenta con 6 puntos de muestreo ubicados estratégicamente en la ciudad de Guatemala.

El diagnóstico de la Normativa Técnica sobre Calidad del Aire en Centro América, elaborado por la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo –CCAD-, del año 2007, ubica a Guatemala en clara desventaja, en relación a lo que el resto de la región ya tiene elaborado, y en varios casos implementado, en el tema de legislación y normativa, principalmente esta última, para regular la calidad del aire.

En este sentido, el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales en el marco de la Gobernanza Ambiental ha venido impulsado una propuesta de Reglamento

relacionado a las emisiones de gases y partículas provenientes de vehículos automotores terrestres y de manera inicial se cuenta con una Propuesta-Borrador de Norma de Calidad del Aire Ambiente que próximamente será socializado con diversos actores y sectores de la sociedad guatemalteca.

Para sustentar lo indicado anteriormente, es necesario fortalecer el monitoreo del aire en la ciudad de Guatemala, así como su implementación en el interior del país. La utilización de equipo automático, el incremento en el número de muestreos y en el número de puntos de muestreo, es una labor que se podrá realizar solamente si se trabaja en conjunto en forma interinstitucional; es decir dentro de la rectoría ambiental del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y respetando la competencia que en el tema de calidad del aire tienen las demás instituciones sean estas del sector académico, sector privado, científico y tecnológico.

En el marco de coordinación y sinergia para el monitoreo de la calidad del aire en el municipio de Guatemala, a partir de junio de 2010, la Universidad de San Carlos de Guatemala y el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales han venido realizando esfuerzos conjuntos para aumentar el número de muestreos y como resultado de dicho esfuerzo se vio ampliado y mejorado los resultados presentados en los últimos dos informes relativos al monitoreo de la calidad del aire de la Ciudad de Guatemala.

Por último a partir del mes de agosto del año 2011 se da inicio a el proyecto FODECYT, 036-2011 denominado “Evaluación de Impacto del parque automotor en la calidad del aire de la Ciudad de Guatemala, por medio de la determinación de partículas totales en suspensión en su fracción menor a 2.5 micrómetros (PM_{2.5})”, financiado por parte de la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología - SENACYT-, Universidad de San Carlos de Guatemala y Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, el cual vendrá a seguir fortaleciendo el monitoreo de la calidad del aire en la ciudad capital, brindando resultados de impacto a la población a partir del año 2012.

En resumen se puede indicar que hay esfuerzos institucionales a pesar de las circunstancias de cada institución, sin embargo la sinergia y la coordinación potencializan las actividades sobre esta temática.

Jhoni Frank Alvarez Castañeda
Marzo 2012.

INDICE

1. Resumen	7
2. Caracterización de la Ciudad de Guatemala	8
3. Puntos de Muestreo	9
4. Partículas Totales en Suspensión (PTS)	12
5. Partículas Totales en Suspensión en su Fracción PM_{10}	15
6. Dióxido de Nitrógeno (NO_2)	19
7. Dióxido de Azufre (SO_2)	23
8. Lluvia ácida	26
9. Conclusiones	28
10. Recomendaciones	29
11. Referencias	30

1. RESUMEN

En este Informe del Laboratorio de Monitoreo del Aire se presentan los resultados obtenidos durante el periodo comprendido de enero a diciembre del año 2011, en algunos puntos de muestreo de la Ciudad de Guatemala. Los parámetros o contaminantes criterio medidos en la mayoría de estaciones de muestreo fueron: Material particulado (MP): partículas totales en suspensión –PTS- y partículas totales en suspensión en su fracción –PM₁₀-. Contaminantes gaseosos tóxicos: dióxido de nitrógeno –NO₂- y dióxido de azufre –SO₂- , así como la determinación de lluvia ácida.

Los resultados obtenidos confirman que en el aire de los puntos de muestreo localizados en la Ciudad de Guatemala si existe contaminación dado los resultados de las muestras colectadas y analizadas. Sin embargo, no todos exceden en todas las mediciones los valores guías sugeridos, pero su sola presencia indica que de no tomarse las medidas apropiadas para su control, la calidad del aire en dichos sectores puede verse significativamente deteriorada. Es importante indicar que los valores guías utilizados son los sugeridos por las Guía de Calidad del Aire de la Organización Mundial de la Salud -2005- (excepto para partículas totales en suspensión), que establece criterios más estrictos y más significativos en lo relacionado al cuidado de la salud humana.

Los puntos de muestreo que presentan valores de mayor grado de contaminación del aire, son los localizados en zonas de alto tráfico vehicular, comparados con los localizados en zonas de bajo tráfico vehicular.

Actualmente el Laboratorio de Monitoreo del Aire en coordinación con el Unidad Cambio de Climático del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, realiza esfuerzos en conjunto para mantener y mejorar el monitoreo del aire en la Ciudad de Guatemala. Tal como se ilustra en las tablas de los contaminantes medidos, durante cada mes se tienen dos valores o mediciones que es producto del esfuerzo de cooperación de ambas instituciones mencionados en este párrafo, como es de resaltar como resultado es el incremento del número de mediciones y días medidos.

Dada la importancia de la calidad del aire en el país, se espera que otros actores se puedan unir a la red de monitoreo del aire e integrando la información; y trabajar en conjunto con otras instituciones del estado o de la sociedad civil, para fortalecer aun más el monitoreo del aire en esta Ciudad.

Finalmente se espera ampliar e incrementar en la medición de otro contaminante criterio como lo es las Partículas Totales en Suspensión en su fracción menor a 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) e implementar el monitoreo del aire en los centros urbanos más importantes del interior del país.

2. CARACTERIZACION DE LA CIUDAD DE GUATEMALA:

Tabla No.1 Parámetros de caracterización de la Ciudad de Guatemala:

PARÁMETRO	VALOR*
Área del valle de la Ciudad de Guatemala: principalmente conformada por la cuenca del río de Las Vacas y la cuenca del río Villa Lobos	850 Km ²
Altura: depende de la región del área metropolitana, la cual se conforma desde el valle central hasta las montañas periféricas.	De 1500 a 2300 msnm
Precipitación pluvial: depende de la región del área metropolitana. El valor presentado es para la región central del valle.	1100 – 1200 mm de lluvia (l/m ² /año)
Épocas Climáticas: 2 épocas climáticas, época seca y época lluviosa.	Época Lluviosa: de mayo a octubre Época Seca: de noviembre a abril
Vientos: la mayoría del año los vientos provienen del noreste.	Noreste Sur

*Fuente: INSIVUMEH.

La situación geográfica de la Ciudad de Guatemala cuenta con la condición orográfica de poseer una vía libre para la circulación del viento proveniente del noreste la mayor parte del año, lo cual representa una adecuada dilución y dispersión de los contaminantes gaseosos y particulados, ya que los mismos pueden ser transportados por el viento, lo que favorece un continuo sistema de limpieza del aire de la ciudad, sin embargo dicha circulación puede no ser suficiente corriendo el riesgo de inversiones térmicas, principalmente en la época seca.

En la época lluviosa se tiene un promedio de precipitación pluvial de 1100 a 1200 mm de lluvia para el centro del valle de la ciudad, lo cual puede provocar que algunos contaminantes del aire se depositen en el suelo. Esto se puede corroborar en los resultados obtenidos desde 1995 en donde para algunos contaminantes se observa un descenso de los valores en la época lluviosa.

3. PUNTOS DE MUESTREO EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

Los puntos de muestreo se han localizado tomando en cuenta factores técnicos que permiten realizar un análisis representativo de la calidad del aire en ciertas áreas de la Ciudad de Guatemala. Entre otros, los factores principales son el tráfico vehicular, la densidad poblacional, la densidad industrial, el flujo del viento y la seguridad para colocar el equipo de muestreo. En base a lo anterior se han establecido tres tipos de puntos de muestreo, los ubicados en una zona urbana (con alto tráfico vehicular), los ubicados en una zona residencial (con bajo flujo vehicular) y los ubicados en un punto de medición a macro escala (con una extensa área de cobertura).

3.1. PUNTOS DE MUESTREO UBICADOS EN ZONA URBANA (Alto tráfico vehicular)

3.1.1. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá –INCAP-:

- **Dirección:** Calzada Roosevelt, 6-25, Zona 11.
- **Coordenadas:** N14°36.968' W 90°32.393'
- **Altitud:** 1527 msnm
- **Parámetros medidos:** PTS, PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂ y lluvia ácida.



Fig. No.1 Estación ubicada en el INCAP
(Fuente: LMA)

3.1.2. Escuela de Formación de Profesores de Enseñanza Media –EFPEM-:

- **Dirección:** Avenida Petapa, entrada a la USAC, Zona 12.
- **Coordenadas:** N14°35.264' W 90°32.731'
- **Altitud:** 1504 msnm
- **Parámetros Medidos:** NO₂.

3.1.3. CALZADA SAN JUAN:

- **Dirección:** Motores Hino de Guatemala, S.A. Calzada San Juan, Zona 7.

- **Coordenadas:** N14°37.362' W 90°32.885'
- **Altitud:** 1540 msnm
- **Parámetros Medidos:** NO₂.

3.1.4. CENTRO HISTÓRICO

- **Dirección:** Museo de la Universidad de San Carlos, 9ª.Avenida y 10ª. Calle, Zona 1.
- **Coordenadas:** N14°38.326' W 90°30.657'
- **Altitud:** 1508 msnm
- **Parámetros medidos:** PTS, PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂ y lluvia ácida.

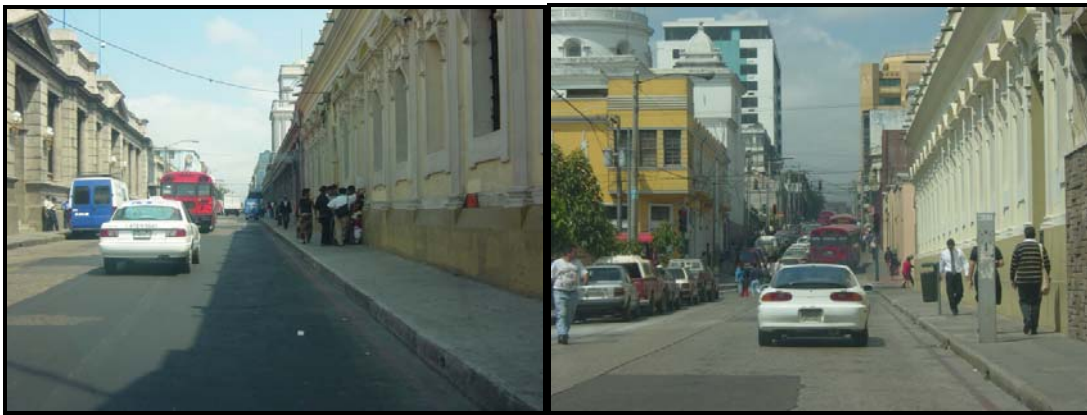


Fig. No. 2 Estación ubicada en el MUSAC, Zona 1.
(Fuente: LMA)

3.2. PUNTO DE MUESTREO UBICADO EN ZONA RESIDENCIAL (Bajo tráfico vehicular)

3.2.1. Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e hidrología -INSIVUMEH-:

- **Dirección:** 7ª. Avenida 14-57, Zona 13.
- **Coordenadas:** N14°35.243' W 90°31.959'
- **Altitud:** 1516 msnm
- **Parámetros medidos:** PTS, PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂ y lluvia ácida.



Fig. No.3 Estación ubicada en el INSIVUMEH
(Fuente: LMA)

3.3. PUNTO DE MUESTREO UBICADO A MACROESCALA

3.3.1. USAC:

- **Dirección:** Edificio T-10 Facultad de CCQQ y Farmacia, Ciudad Universitaria, Zona 12.
- **Coordenadas:** N14°35.101' W 90°33.284'
- **Altitud:** 1522 msnm
- **Parámetros medidos:** PTS, PM₁₀, PM_{2.5}, NO₂, SO₂ y lluvia ácida.



Fig. No.4 Estación ubicada en la USAC.
(Fuente: LMA)

Nota: Las mediciones de coordenadas y altitud se realizaron con GPS.

4. PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSION -PTS-

Las partículas totales en suspensión se conocen como PTS, y se definen como 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.

Efectos principales: 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.

Valores Guía: Para este contaminante los valores guías sugeridos son los valores de referencia que utilizó la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos –EPA- que para una medición de 24 horas es de 240 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y para un promedio anual es de 75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Antecedentes: Las partículas totales en suspensión han sido el contaminante más significativo para la Ciudad de Guatemala desde que se inicio con este proyecto en 1995, ya que la mayoría de los promedios anuales han rebasado el valor guía sugerido. Los principales factores de emisión de partículas para la ciudad son el parque automotor, emisiones industriales, calles no asfaltadas, las erupciones del volcán de pacaya, la erosión y los incendios forestales en ciertas épocas del año. A pesar de que actualmente este parámetro ya casi no es utilizado a nivel internacional como contaminante criterio, sigue siendo útil como un registro histórico para realizar otro tipo de estudios de caracterización de partículas o determinación de algunos metales pesados, entre otros parámetros.

Resultados: a continuación se presenta la tabla y gráfica de los resultados correspondientes a los puntos de muestreo para la Ciudad de Guatemala durante el año 2011, así como la comparación de promedios anuales desde 1995.

Tabla No.2

Resultados Mensuales de Partículas Totales en Suspensión –PTS- para 2011

Unidad de concentración: microgramos/metro cúbico

ESTACION	ENE	ENE	FEB	FEB	MAR	MAR	ABR	ABR	MAY	MAY	JUN	JUN	JUL	JUL	AGO	AGO	SEP	SEP	OCT	OCT	NOV	NOV	DIC	DIC	PA
USAC	nm	38	53	68	64	99	92	99	37	55	24	29	25	26	39	29	31	31	7	45	34	26	30	43	45
MUSAC	nm	68	35	65	90	42	93	55	36	25	29	35	24	28	56	20	nm	36	12	29	nm	23	nm	nm	42
INCAP	nm	98	132	90	60	98	136	52	187	120	95	31	85	98	55	81	113	nm	56	77	100	92	120	85	94
INSIVUMEH	nm	87	43	82	52	83	nm	68	42	30	26	nm	29	32	63	16	25	31	21	41	37	26	46	55	45

nm: No muestreado.

PA: Promedio Anual.

 Valor que sobrepasa el límite sugerido

Gráfico No.1
Resultados Mensuales PTS 2011

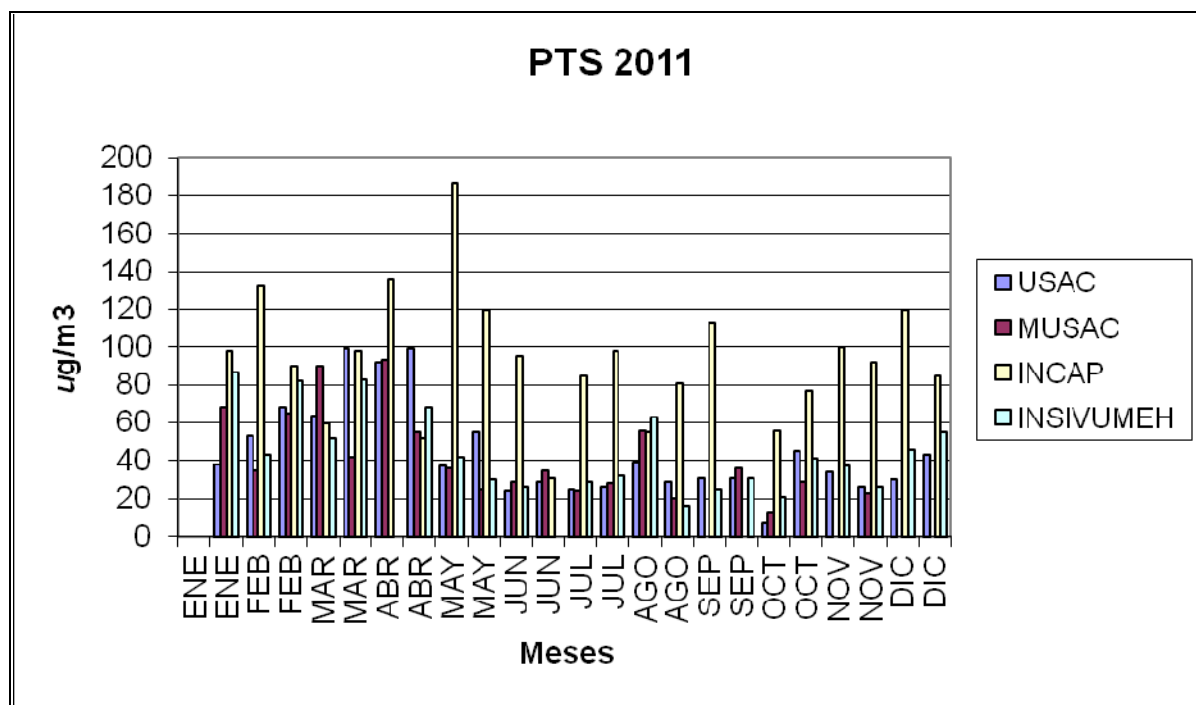


Tabla No.3 Medición más alta y más baja de PTS para el año 2011:

Punto más contaminado (promedio anual)	INCAP. : $94 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Punto menos contaminado (promedio anual)	MUSAC: $42 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Medición más alta del año	INCAP: (May) $187 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Medición más baja del año	USAC : (Oct) $7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
% de mediciones que sobrepasaron el límite sugerido (medición de 24 horas)	0 %

Tabla No.4 Resultados de promedio anual para PTS 1995-2011

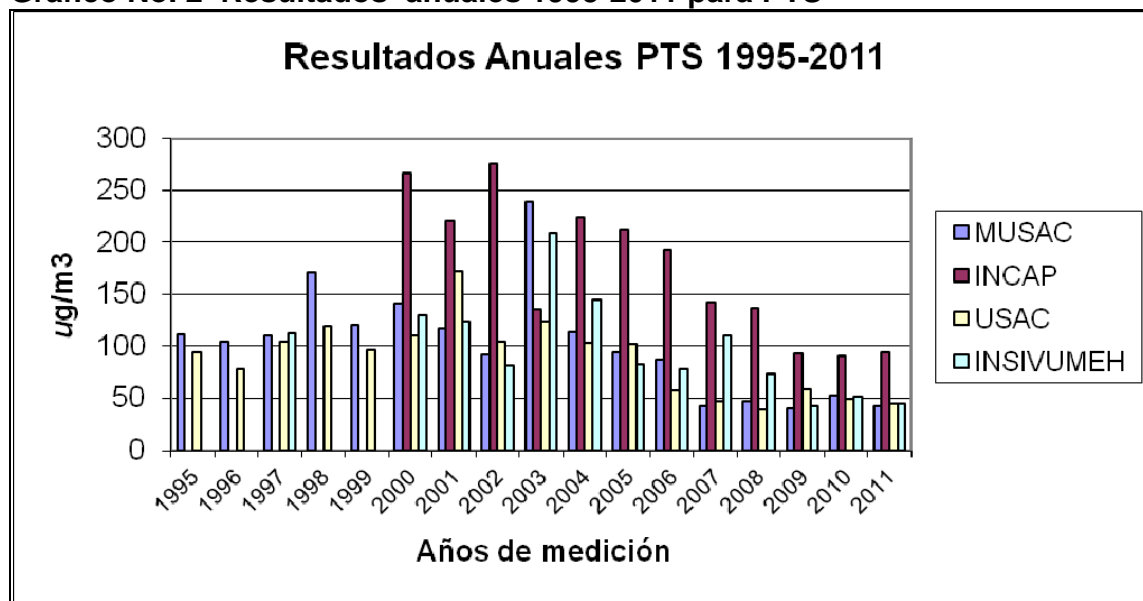
ESTACION/AÑO	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
MUSAC	112	105	110	171	121	141	117	92	239	114	94	87	42	47	40	53	42
INCAP	0	0	0	0	0	266	220	276	136	224	213	193	143	137	93	91	94
USAC	94	78	104	119	97	110	172	105	124	103	102	57	47	39	59	49	45
INSIVUMEH	0	0	113	0	0	130	124	81	209	145	83	78	110	73	43	52	45

Nota: Para la USAC se midió a micro escala de 1995 a 1999, y a macro escala a partir del año 2000.

NM: no muestreado.

■ Valor que sobrepasa el límite sugerido

Gráfico No. 2 Resultados anuales 1995-2011 para PTS



Discusión: Ninguna medición sobrepasó la norma sugerida para promedio 24 horas ($240 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Se mantiene constante el hecho de que los puntos próximos a las vías de circulación vehicular fueron los que presentaron los valores más altos. Para el promedio anual ($75 \mu\text{g}/\text{m}^3$) se rebaso el límite sugerido solamente para el punto localizado en el INCAP.

Las principales medidas que se sugieren para disminuir la emisión de partículas totales al ambiente son:

- El control de emisiones vehiculares e industriales.
- Las medidas necesarias para contrarrestar o por lo menos disminuir los incendios forestales.
- Controlar las emisiones provocadas por actividades agrícolas.
- Evitar la quema de basura.
- Asfaltar calles de terracería localizadas en centros urbanos.

Metodología: muestreo de 24 horas con impactor de alto volumen. Análisis por método gravimétrico.

5. PARTICULAS TOTALES EN SUSPENSIÓN EN SU FRACCION –PM₁₀-

Las partículas totales en suspensión en su fracción PM₁₀ 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.

Efectos principales: Debido a su capacidad de penetrar más profundamente por el tracto respiratorio puede producir graves irritaciones a las vías respiratorias, agravar el asma y las enfermedades cardiovasculares.

Valores Guía: Para este contaminante los valores guías utilizados a partir de este año son los valores de referencia sugeridos por la Organización Mundial de la Salud (2005), que para una medición de 24 horas es de 50 µg/m³ y para un promedio anual es de 20 µg/m³.

Antecedentes: Las partículas totales en suspensión en su fracción respirable se han medido desde 1996, siendo uno de los contaminantes más significativo para la Ciudad de Guatemala. Los principales factores de emisión de partículas para la ciudad son el parque automotor, las actividades industriales, las erupciones del volcán de pacaya, la erosión y los incendios forestales en ciertas épocas del año.

Resultados: a continuación se presenta la tabla y gráfica de los resultados correspondientes a los puntos de muestreo para la Ciudad de Guatemala durante el año 2011, así como los correspondientes a promedios anuales desde 1996.

Tabla No.5

Partículas Totales en Suspensión PM₁₀ 2011

Unidad de concentración: microgramos/metro cúbico

ESTACION	ENE	ENE	FEB	FEB	MAR	MAR	ABR	ABR	MAY	MAY	JUN	JUN	JUL	JUL	AGO	AGO	SEP	SEP	OCT	OCT	NOV	NOV	DIC	DIC	PA
USAC	26	61	34	40	14	82	20	31	50	45	20	92	12	62	95	45	29	79	2	42	19	17	18	33	40
MUSAC	nm	89	57	69	181	91	82	106	74	64	84	35	19	26	76	36	nm	17	nm	54	106	39	nm	nm	69
INDAP	nm	86	112	93	219	104	159	174	106	123	58	23	52	72	45	nm	69	77	35	38	96	79	50	45	87
INSIVUMEH	nm	60	41	nm	128	124	82	101	69	68	45	nm	22	23	45	18	2	9	43	4	38	23	28	58	49

nm: No muestreado.

PA: Promedio Anual.

■ Valor que sobrepasa el límite sugerido

Gráfico No. 3
Resultados Mensuales PM₁₀ 2011

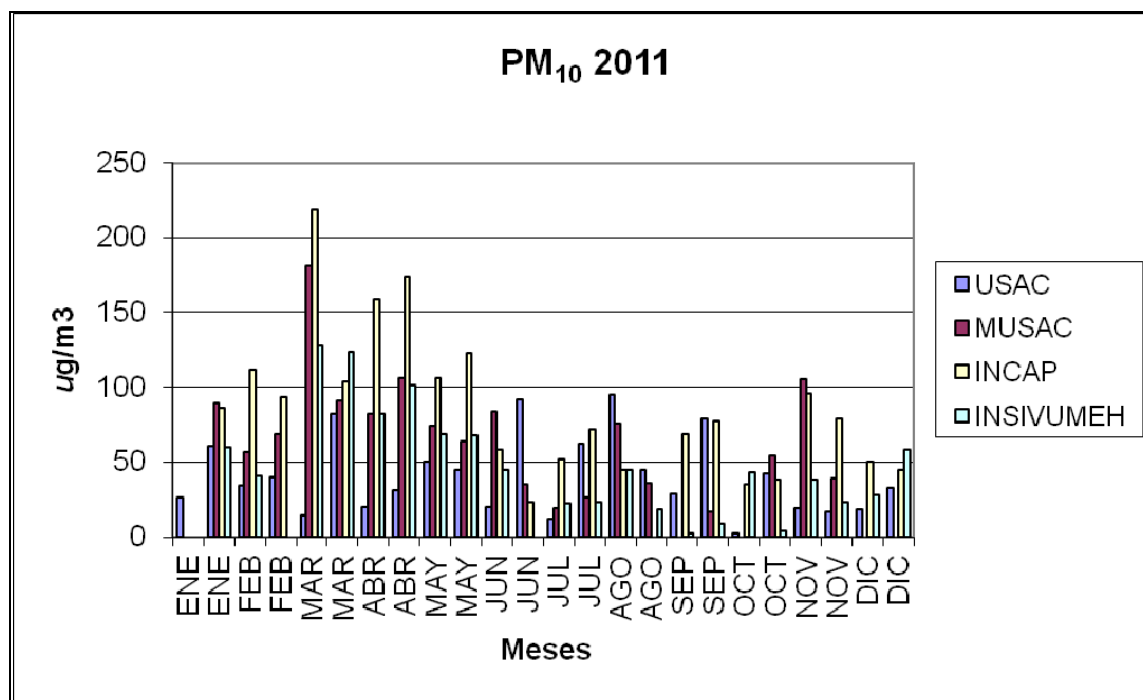


Tabla No.6: valores máximos y mínimos de resultados de partículas totales en suspensión –PM₁₀- para el año 2011:

Punto más contaminado (promedio anual)	INCAP: 87 µg/m ³
Punto menos contaminado (promedio anual)	USAC: 40 µg/m ³
Medición más alta del año	INCAP: (Mar) 219 µg/m ³
Medición más baja del año	INSIVUMEH: (Sep) 2 µg/m ³ USAC: (Oct) 2 µg/m ³
% de mediciones que sobrepasaron el límite sugerido para medición de 24 horas.	53 %

Tabla No.7 Resultados de promedio anual para PM₁₀ 1996-2011

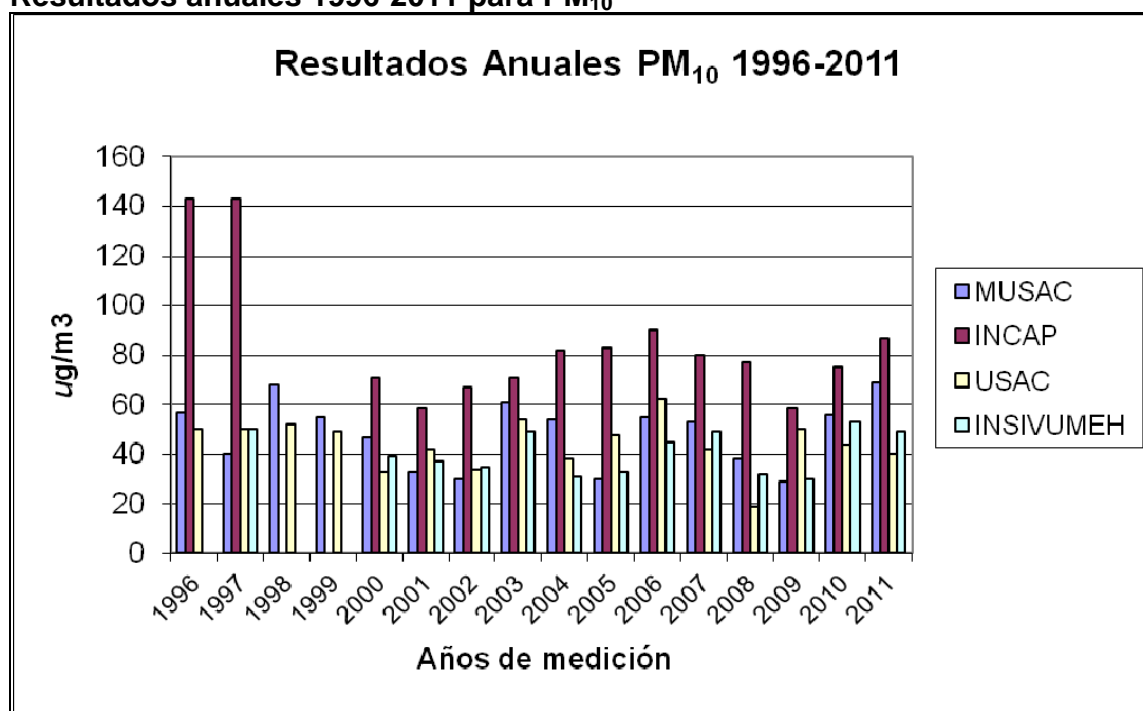
ESTACION	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
MUSAC	57	40	68	55	47	33	30	61	54	30	55	53	38	29	56	69
INCAP	143	143	0	0	71	59	67	71	82	83	90	80	77	59	75	87
USAC	50	50	52	49	33	42	34	54	38	48	62	42	19	50	44	40
INSIVUMEH	0	50	0	0	39	37	35	49	31	33	45	49	32	30	53	49

Nota: Para la USAC se midió a micro escala de 1996 a 1999, y a macro escala a partir del año 2000.
nm: no muestreado.

■ Valor que sobrepasa el límite sugerido

Gráfico No.4

Resultados anuales 1996-2011 para PM₁₀



Discusión: Entre más pequeño es el diámetro de las partículas en suspensión, más significativo es el impacto negativo que dicho parámetro tiene para la salud de la población. Para los resultados obtenidos en el año 2011, el 53% de los mismos sobrepasan el valor guía sugerido. En relación a los promedios anuales, podemos observar que en todos los puntos medidos, para todos los años, se sobrepasa el valor guía correspondiente. En los últimos tres años se observa un alza en la concentración para este contaminante. Los valores obtenidos representan un serio deterioro de la calidad del aire de los lugares muestreados. Uno de los graves problemas con este tipo de contaminante es que, al igual que algunos gases, no son fácilmente observables, pero los daños que causan es sumamente serio, principalmente a nivel del sistema respiratorio del ser humano.

En comparación con el año 2010 el promedio anual aumento para el año 2011 aproximadamente en un 7%.

Las principales medidas que se sugieren para disminuir la emisión de partículas PM₁₀ al ambiente son:

- El control de emisiones vehiculares e industriales.
- La regulación de caleras que tritura piedra e industrias que fabriquen cemento.
- Todas las medidas necesarias para contrarrestar los incendios forestales.
- Controlar las emisiones provocadas por actividades agrícolas.

- Evitar la quema de basura.
- Asfaltar, pavimentar o adoquinar calles de terracería localizadas en centros urbanos.

Metodología: muestreo de 24 horas con un impactor de bajo volumen. Análisis por método gravimétrico.

6. DIÓXIDO DE NITRÓGENO -NO₂-

El dióxido de nitrógeno es un gas color pardo o rojizo, no inflamable y venenoso. Es un precursor del ozono y la lluvia ácida (al combinarse con el agua del aire forma ácido nítrico el cual puede provocar deposición o lluvia ácida). Se origina principalmente por procesos de combustión de fuentes industriales, doméstica y por transporte.

Efectos principales: Las exposiciones directas pueden incrementar la susceptibilidad a infecciones respiratorias y disminuyen la eficiencia respiratoria y la función pulmonar en asmáticos. Las exposiciones cortas provocan problemas respiratorios principalmente en niños, siendo los síntomas más comunes la tos, resfriados e irritación de garganta. El dióxido de nitrógeno causa daños a bosques y sistemas acuáticos así como a edificios y monumentos históricos. También provoca la corrosión de metales debido a la lluvia ácida.

Valores Guía: Para este contaminante el valor guía sugerido es el valor de referencia de la Organización Mundial de la Salud (OMS, guía 2005) que para un promedio anual es de 40 µg/m³. Es de hacer notar que dicha referencia es la que se considera más apropiada para la metodología utilizada, ya que la misma como tal, no tienen valor de referencia internacional.

Antecedentes: El dióxido de nitrógeno se mide en la Ciudad de Guatemala desde 1995 reportando valores que sobrepasan el límite de referencia, aunque las mediciones más altas se reportaron para 1996 y 1997, actualmente se ha observado cierta tendencia al incremento en la concentración de dicho contaminante.

Resultados: a continuación se presenta la tabla y gráfica de los resultados correspondientes a los puntos de muestreo para la Ciudad de Guatemala durante el año 2011, así como los promedios anuales correspondientes desde 1995.

Tabla No.8

Dióxido de nitrógeno NO₂ 2011

Unidad de concentración: microgramos/metro cúbico

ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PA
USAC	1	3	31	23	19	24	24	18	3	12	44	44	20
MUSAC	36	40	75	40	30	27	38	24	13	12	52	56	37
INCAP	56	62	63	50	33	36	45	48	20	34	43	66	46
INSIVUMEH	31	35	28	18	19	23	24	15	7	19	25	40	24
EFPEM	nm	39	42	35	32	35	33	30	20	26	38	57	35
CSJ	69	47	47	59	34	40	45	39	22	34	31	46	43

Nm: No muestreado

PA: Promedio Anual.

 Valor que sobrepasa el límite sugerido

Gráfico No. 5
Resultados Mensuales NO₂ 2011

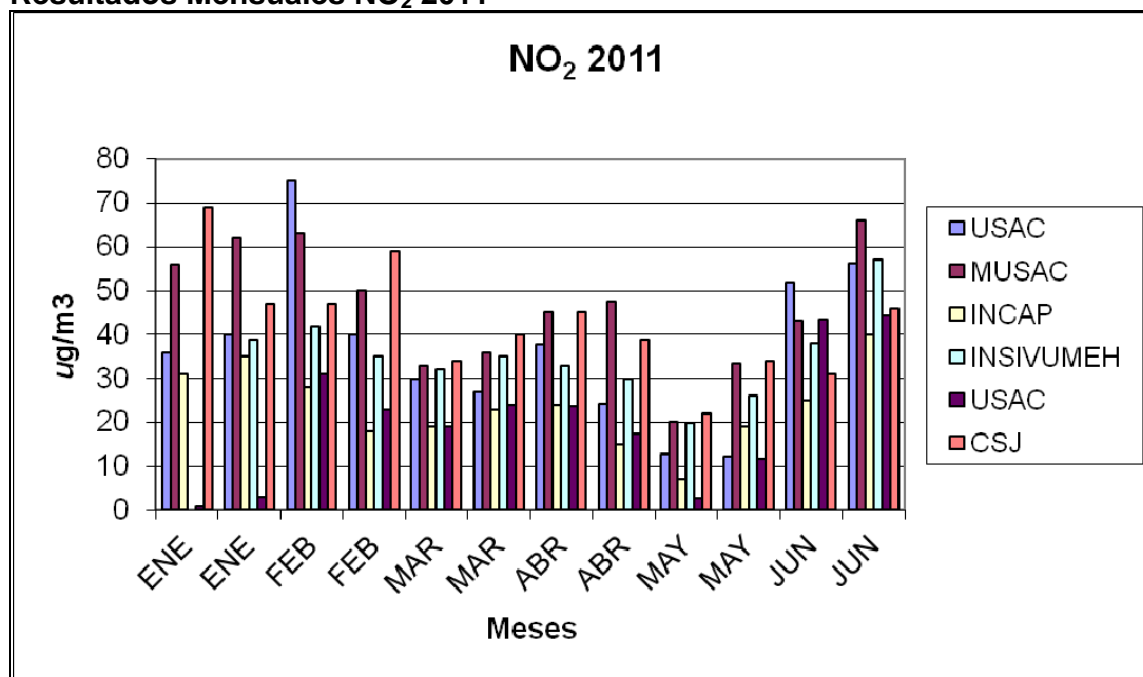


Tabla No.9: Valores máximos y mínimos de resultados de dióxido de nitrógeno –NO₂- para el año 2011:

Punto más contaminado (promedio anual)	INCAP: 46 µg/m ³
Punto menos contaminado (promedio anual)	USAC: 20 µg/m ³
Medición más alta del año	Calz. San Juan: (Ene) 69 µg/m ³
Medición más baja del año	USAC: (Ene) 1 µg/m ³
% de mediciones que sobrepasaron el límite sugerido	35 %

Tabla No.10 Resultados de promedio anual para NO₂ 1995-2011

ESTACION/AÑO	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
MUSAC	46	54	46	42	56	38	39	25	34	30	31	28	25	37	17	21	37
INCAP	56	63	88	48	82	60	43	38	35	41	41	41	38	38	20	27	46
USAC	20	25	33	23	23	16	20	21	27	22	31	17	20	19	12	13	20
INSIVUMEH	NM	NM	36	26	29	19	20	17	23	23	24	21	19	21	11	16	24
EFPEM	55	60	87	49	52	39	36	38	47	45	46	45	36	32	25	26	35
C.SAN JUAN	52	52	76	43	49	35	38	39	44	40	47	43	37	41	26	34	43

*2005: de enero a junio.

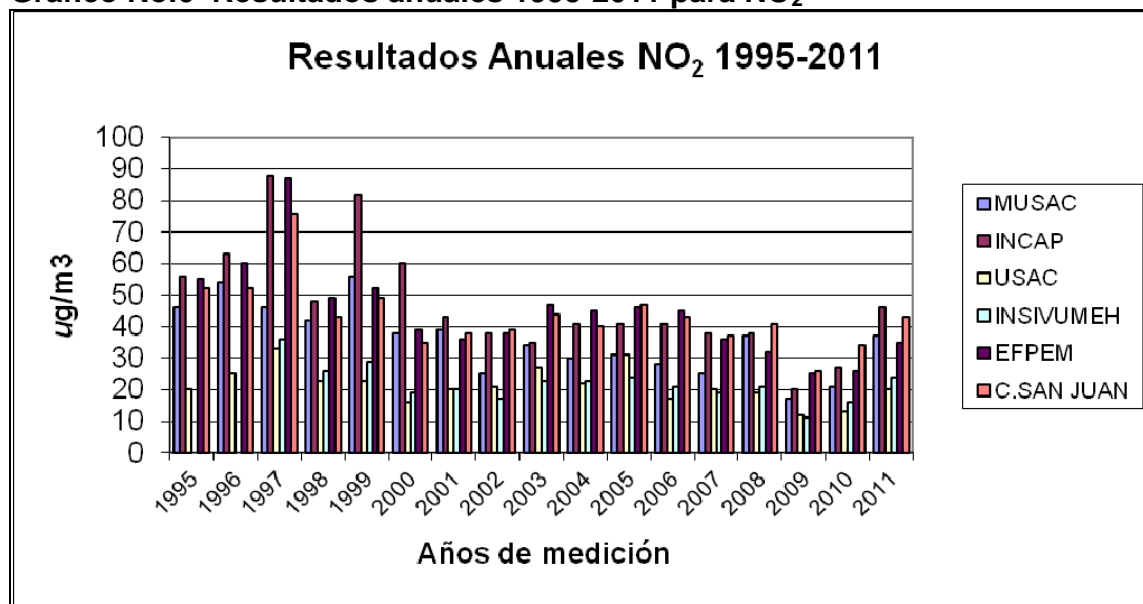
**en el 2002 se cambio el sitio del trébol al INCAP

Nota: Para la USAC se midió a micro escala de 1995 a 1999, y a macro escala a partir del año 2000.

NM: no muestreado.

Valor que sobrepasa el límite sugerido

Gráfico No.6 Resultados anuales 1995-2011 para NO₂



Discusión: Al igual que en años anteriores, los puntos localizados en las zonas de alto tráfico vehicular mostraron los resultados más elevados respecto a este contaminante, siendo el punto de muestreo más alto el localizado en el área de la Calzada San Juan. Para los resultados obtenidos en el año 2011, el 35% de los mismos sobrepasan el valor guía sugerido. El problema radica en las exposiciones a corto y largo plazo para este gas, ya que se constituye en un motivo de riesgo para la salud de las personas, animales y vegetación expuesta a dicho contaminante.

En comparación con el año 2010 el promedio anual aumento para el año 2011 aproximadamente en un 50%.

El dióxido de nitrógeno puede reaccionar con la humedad del aire y dependiendo de las condiciones meteorológicas predominantes, convertirse en un componente de la lluvia ácida.

Las principales medidas que se sugieren para disminuir la emisión de dióxido de nitrógeno al ambiente son el control de emisiones vehiculares e industriales, siendo la principal fuente de emisión la debida al parque automotor, lo cual se puede comprobar en la estación de muestreo localizada en el INCAP, Calzada San Juan y EFPEM, las cuales presentaron los promedios anuales más altos, y en donde circulan una gran cantidad de vehículos. También se sugiere implementar todas las medidas necesarias para contrarrestar o por lo menos disminuir los incendios forestales y la quema de basura. En la estación del INCAP se puede considerar que parte de los contaminantes detectados se emiten por la actividad del basurero de la zona 3.

Metodología: muestreo de 1 mes por difusión pasiva. Análisis por método espectrofotométrico.

7. DIOXIDO DE AZUFRE –SO₂–

Gas incoloro e irritante que se origina principalmente en los procesos de combustión industrial y de transporte cuando se utilizan combustibles con contenidos significativos de azufre. Naturalmente se producen por erupciones volcánicas. El dióxido de azufre reacciona rápidamente con el agua para formar ácido sulfúrico, componente de la lluvia ácida.

Efectos principales: en la respiración, afecciones respiratoria, debilitamiento de las defensas pulmonares, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares ya existentes, en altas concentraciones puede provocar la muerte. Al combinarse con el agua y formar lluvia ácida produce decoloración de las plantas y daños a materiales.

Valores Guía: Para este contaminante los valores guías o normas utilizados son los valores de referencia de la Organización Mundial de la Salud (guía 2005) que para una medición de 24 horas es de 20 µg/m³.

Antecedentes: El dióxido de azufre se ha medido en limitadas ocasiones como proyectos temporales del Laboratorio de Monitoreo del Aire, por ejemplo en el año 1997, de donde se obtuvieron valores relativamente bajos en los puntos de muestreo correspondientes. Los principales factores de emisión de dióxido de azufre para la ciudad son el parque automotor diesel y las actividades industriales que utilizan como combustible diesel y bunker.

Resultados: a continuación se presenta la tabla y gráfica de los resultados correspondientes a los puntos de muestreo para la Ciudad de Guatemala durante el año 2011.

Tabla No.11

Dióxido de azufre SO₂ 2011

Unidad de concentración: microgramos/metro cúbico

ESTACION	ENE	ENE	FEB	FEB	MAR	MAR	ABR	ABR	MAY	MAY	JUN	JUN	JUL	JUL	AGO	AGO	SEP	SEP	OCT	OCT	NOV	NOV	DIC	DIC	PA
USAC	nm	nm	2	4	2	3	2	3	1	1	4	5	1	1	3	3	2	2	nm	nm	1	2	8	nm	3
MLSC	nm	4	1	7	1	6	1	8	3	2	5	5	7	7	4	4	nm	7	2	nm	12	nm	7	nm	9
INAP	nm	10	3	9	3	8	3	8	2	2	7	2	7	7	nm	4	8	7	2	nm	13	11	2	nm	11

Nm: No muestreado

Nd: No detectado

PA: Promedio Anual.

■ Valor que sobrepasa el límite sugerido

Gráfica No.7 Resultados Mensuales SO₂ 2011

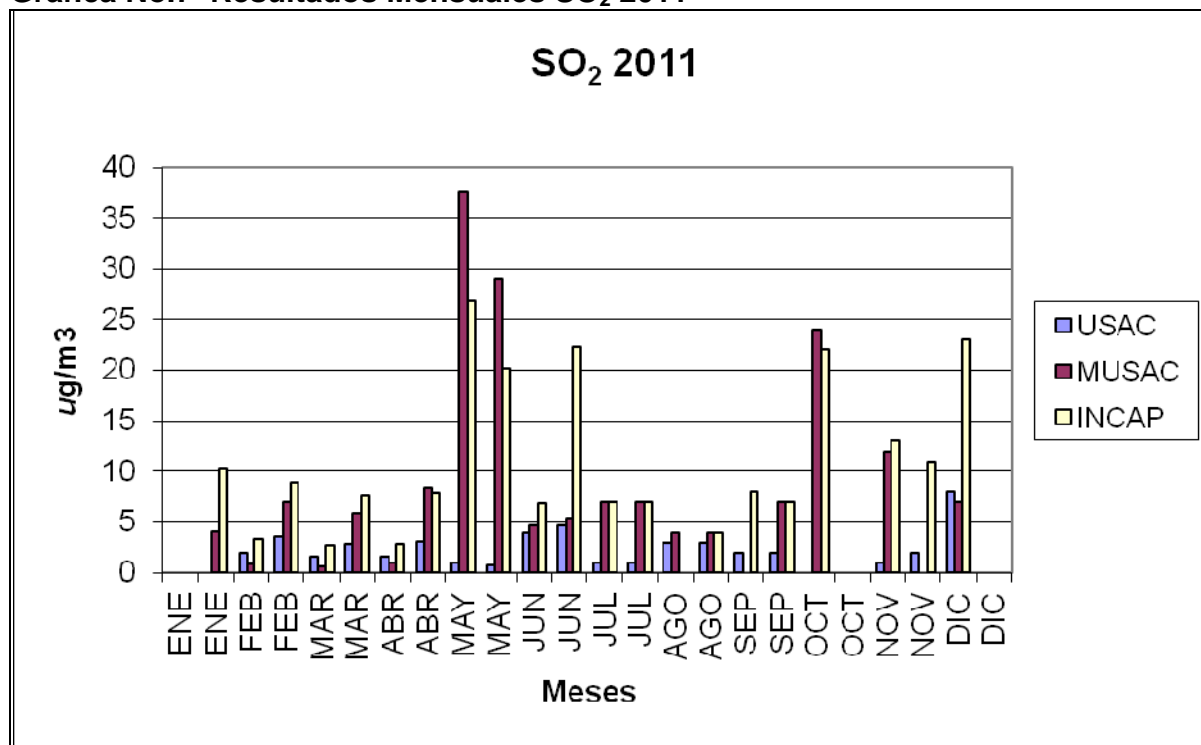


Tabla No.12: Valores máximos y mínimos de resultados de –SO₂- para el año 2011:

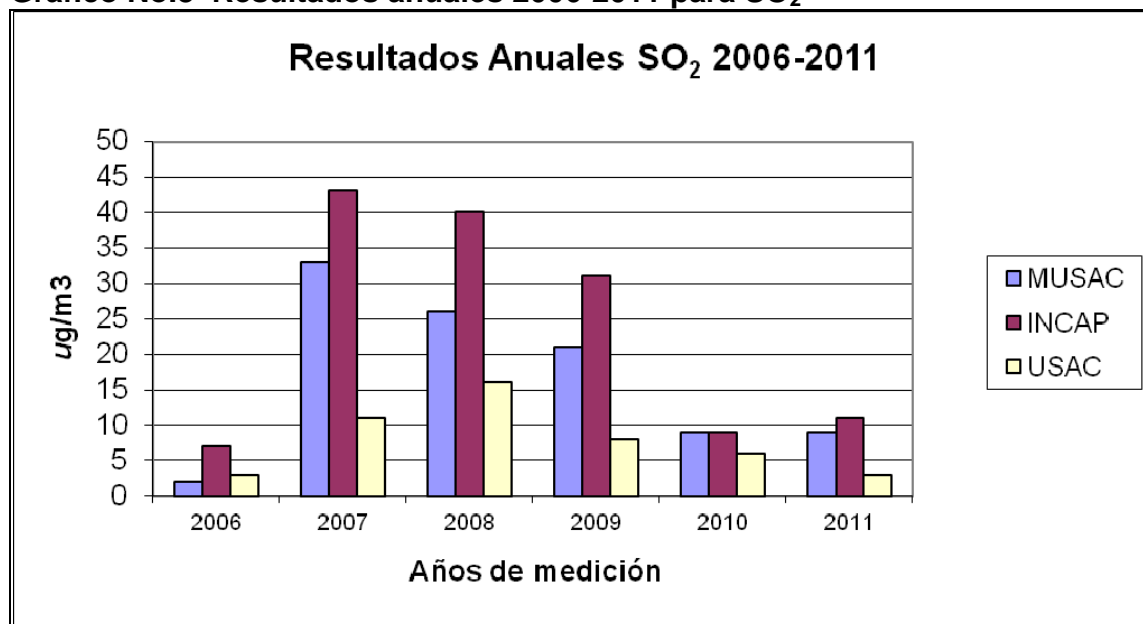
Punto más contaminado (promedio anual)	INCAP: 11 µg/m ³
Punto menos contaminado (promedio anual)	USAC : 3 µg/m ³
Medición más alta del año	MUSAC: (May) 38 µg/m ³
Medición más baja del año	MUSAC y USAC: 1 µg/m ³
% de mediciones que sobrepasaron el límite sugerido para medición de 24 horas.	14 %

Tabla No.13 Resultados de promedio anual para SO₂ 2006-2011

ESTACION/AÑO	2006	2007	2008	2009	2010	2011
MUSAC	2	33	26	21	9	9
INCAP	7	43	40	31	9	11
USAC	3	11	16	8	6	3

■ Valor que sobrepasa el límite sugerido

Gráfico No.8 Resultados anuales 2006-2011 para SO₂



Discusión: Tomando en cuenta los valores de referencia sugeridos por la Organización Mundial de la Salud (2005), se puede observar en la tabla No.11 que varios puntos sobrepasaron dicho límite, lo cual puede constituirse en un indicativo de deterioro de la calidad del aire en el sector, debido a la presencia de dióxido de azufre. En los valores de promedio anual se observa que los puntos MUSAC e INCAP resultaron con los valores más altos en comparación con el punto de muestreo USAC, observándose también una diferencia importante en relación con los resultados obtenidos en los años 2008 y 2009.

Al igual que el dióxido de nitrógeno, este gas reacciona con la humedad del ambiente y pasar a formar parte de lluvia ácida. Se sugieren las siguientes medidas para el control de dicho contaminante:

- El control de emisiones vehiculares e industriales.
- Una regulación más estricta en lo referente al contenido de azufre en los combustibles y lubricantes.
- Evitar la quema de llantas y cualquier otro material que contenga hule o gutapercha procesada, ya que presentan altos contenidos de azufre al quemarlos.

Metodología: Muestreo de 24 horas por difusión activa. Análisis por método espectrofotométrico (Método de la pararosanilina).

8. LLUVIA ÁCIDA

La deposición ácida también recibe el nombre de lluvia ácida y se origina cuando se liberan a las atmósferas contaminantes gaseosas como el dióxido de azufre y el dióxido de nitrógeno, los cuales al reaccionar con el agua del ambiente forman ácido sulfúrico y ácido nítrico respectivamente.

Efectos principales: La lluvia ácida causa Irritación de ojos, piel y tracto respiratorio, agrava las enfermedades respiratorias. Causa corrosión en los metales y deterioro en monumentos históricos. Provoca lesiones en las hojas de las plantas y limita su crecimiento, tornándolas de un color amarillento.

Valores Guía: Se considera lluvia ácida cuando el valor de pH es menor a 5.25 o cuando el cambio en el valor de pH es mayor a 1.75 unidades tendientes a la región ácida.

Antecedentes: la deposición ácida se ha medido esporádicamente desde 1995 únicamente en la estación de muestreo localizada en la Avenida Petapa, observándose un comportamiento más o menos constante dentro del límite de referencia. A partir del año 2006 se continuó con la medición de lluvia ácida en diferentes puntos de muestreo de la Ciudad de Guatemala, siendo los resultados los siguientes:

Tabla No.14 Resultados mensuales de Lluvia ácida para 2011.

Unidad de medida: Cambio en unidades de pH.

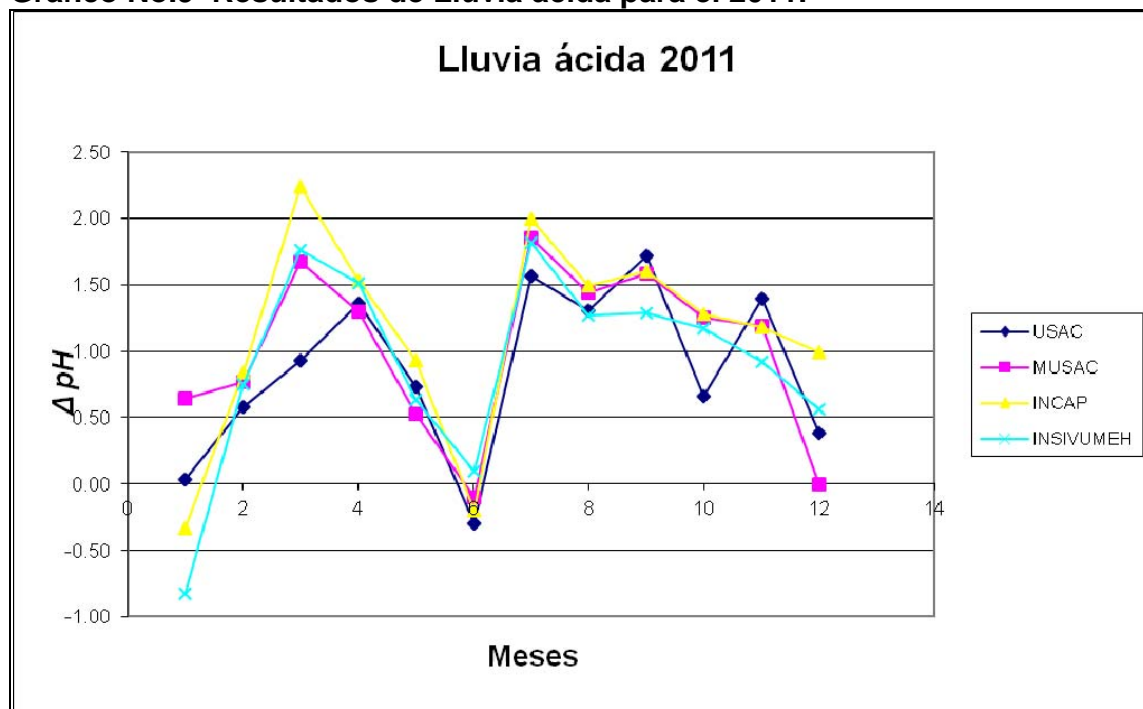
ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
USAC	0.03	0.58	0.93	1.36	0.73	-0.30	1.57	1.31	1.72	0.66	1.40	0.38
MUSAC	0.64	0.77	1.67	1.30	0.53	-0.10	1.85	1.44	1.58	1.25	1.19	nd
INCAP	-0.33	0.84	2.24	1.53	0.93	-0.20	2.00	1.49	1.60	1.28	1.18	0.99
INSIVUMEH	-0.83	0.75	1.76	1.51	0.63	0.10	1.82	1.27	1.29	1.17	0.92	0.56

nm: No muestreado.

■ Valor que sobrepasa el límite sugerido

Valores negativos indican aumento en la basicidad.

Gráfico No.9 Resultados de Lluvia ácida para el 2011.



Discusión: Como se puede observar en la tabla No.14, del total de mediciones, 5 resultaron con valores positivos para lluvia ácida, siendo estas en los meses de Marzo (época seca) y Julio (época lluviosa), lo cual es un indicativo de que en ciertas épocas del año existe lluvia ácida en dichos puntos. Lo anterior significa que existe emisión significativa de óxidos de nitrógeno y óxidos de azufre, los cuales son los precursores de la lluvia ácida. Estos resultados son un indicativo importante para confirmar el deterioro de la calidad del aire en la ciudad, siendo un llamado de atención para implementar a la brevedad posible las medidas necesarias (políticas, técnicas y culturales) para mitigar y controlar la emisión de contaminantes al aire. Para disminuir o controlar la lluvia ácida se deben considerar las sugerencias indicadas para el contaminante dióxido de nitrógeno y el contaminante dióxido de azufre.

Metodología: Muestreo de 15 días por deposición húmeda. Análisis por método potenciométrico.

9. CONCLUSIONES

- Existe contaminación del aire en los puntos muestreados en la Ciudad de Guatemala debido a la detección de todos los contaminantes medidos, obteniendo resultados que sobrepasan los límites de referencia sugeridos.
- El contaminante de mayor presencia en las estaciones muestreadas para la Ciudad de Guatemala fueron las partículas totales en suspensión en su fracción PM_{10} , parámetro que rebasa los valores guías de 24 horas y promedios anuales sugeridos. Dicho contaminante puede provocar daños al sistema respiratorio, entre otras afecciones.
- Las concentraciones de Dióxido de Azufre medidos, están directamente relacionado con el contenido de azufre en los combustibles que se consume en el país.
- Los valores positivos de lluvia ácida son un indicativo de la emisión de óxidos de nitrógeno y azufre así como de un deterioro significativo de la calidad del aire en los puntos de muestreo.
- Las estaciones de muestreo que presentaron mayor grado de contaminación fueron las localizadas cerca de vías con gran cantidad de tráfico vehicular.
- La época seca presenta valores de contaminación más altos para algunos contaminantes, con respecto a la época lluviosa en los puntos muestreados.

10. RECOMENDACIONES

- Continuar con el monitoreo de la calidad del aire en la Ciudad de Guatemala, fortaleciendo en su frecuencia de mediciones.
- Seguimiento de la iniciativa de Reglamento para el control de emisiones contaminantes provenientes de vehículos automotores terrestres preparado por el MARN.
- **Elaboración de propuestas de normas relativas a la calidad del aire, como Norma de calidad del aire y norma para fuentes estacionarias.**
- **Incentivar e implementar cambios a nivel político, técnico y cultural, que propicien el cuidado de la calidad del aire por parte de todos los guatemaltecos.**
- Se Implemente normativa armonizada para la región centroamericana.
- Se Implemente tecnología de monitoreo automático para medir con más periodicidad los contaminantes que hasta la fecha se han estudiado e implementar la medición de otros contaminantes que pueden tener efectos negativos en la calidad de vida de los guatemaltecos.
- Implementar la medición de hidrocarburos en la Ciudad de Guatemala ya que es un grupo de contaminantes principales que pueden deteriorar la calidad del aire.
- Se implemente el monitoreo de la calidad del aire en las principales ciudades del interior de la República.
- Se implemente una Red de Vigilancia de Calidad del Aire conformado por los actores y sectores claves.
- Divulgar por todos los medios posibles estos resultados, para que la población en general conozca y tome responsabilidad respecto a la contaminación del aire, así como lograr que las autoridades correspondientes puedan tomar las medidas de previsión y corrección que permitan en un futuro cercano minimizar el deterioro de la calidad del aire en nuestra ciudad.
- Trabajar en forma conjunta con organizaciones afines en la propuesta de soluciones para alcanzar una mejora significativa en la calidad del aire en la Ciudad de Guatemala.

- Se implemente una normativa que regule el nivel permisible de contenido de azufre y aditivos en los combustibles, mejorando la calidad de los mismos, para reducir el impacto al ambiente.

11. REFERENCIAS

- Alfaro, Rosario. Alvarado, Thelma. Manual de Laboratorio para determinar Emisiones Vehiculares en el ambiente. Swisscontact/ProEco. San Salvador. Agosto. 1998.
- Alvarado, Thelma. et.al. Informe anual 1995, 1996, 1997, 1998 y 1999 de Monitoreo del Aire en Ciudad de Guatemala. Laboratorio de Monitoreo del Aire, Escuela de Química. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Alvarez, Jhoni. et.al. Informe anual 2009 y 2010 de Monitoreo del Aire en Ciudad de Guatemala. Laboratorio de Monitoreo del Aire, Escuela de Química. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Alley, Roberts & Associates, Inc. Manual de Control de la Calidad del Aire. McGraw-Hill. México,D.F. 2002.
- De Nevers, Noel. Ingeniería de Control de la Contaminación del Aire. McGraw-Hill. México. 1997.
- Diagnóstico de la Normativa Técnica sobre Calidad del Aire en Centro América. Serie Política Ambiental. Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). San Salvador. Enero 2007.
- Martínez, Ana Patricia. Introducción al Monitoreo Atmosférico. ECO/OPS. México, D.F. 1997.
- MARN, Aerosoles Atmosféricos en Guatemala 2009, Guatemala, 2010.
- Liu. David. Liptak, Béla. Air Pollution. CRC Press LLC. USA. 2000.
- Oliva, Pablo. et.al. Informe anual 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007 y 2008 de Monitoreo del Aire en Ciudad de Guatemala. Laboratorio de Monitoreo del Aire, Escuela de Química. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- OMS. Guías de Calidad del Aire. Actualización Mundial 2005. Organización Mundial de la Salud. Organización Panamericana de Salud. 2005.
- Pérez, Abelardo. Perfil de la Caracterización del Parque Vehicular de Guatemala, 2010, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala 2011, inédito.

- Rivas, Olga; Guzmán, José. Apuntes de Legislación Ambiental e Instrumentos Técnicos Ambientales. Guatemala. 2005.