



---

## **Estudio:**

Estudio sobre la composición de las partículas suspendidas durante períodos críticos de concentración de contaminantes en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM)

## **Primer Informe Técnico:**

Diseño del estudio, con la ubicación de las estaciones de monitoreo de partículas suspendidas en cinco sitios de la ZMVM, la metodología a utilizar para los análisis y el procesamiento que se dará a la información obtenida

**Autor responsable: Dra. Natalia Manzano León**

**Instituto Nacional de Cancerología**

### **Colaboradores:**

Dr. Álvaro Román Osornio Vargas, I.Q. Raúl Omar Quintana Belmares, Dra. Elizabeth Vega Rangel, Q.F.B. María Inés Vázquez López, Dra. Andrea de Vizcaya Ruíz, P. de Biol. Laura Sevilla Tapia, P. De Biol. Nalleli Ivonne Reyes Martínez, Biol. Martha Angélica Hernández Guzmán, Q.I. Jesús Cervantes Valencia, M. en C. José Santos García Yee, I.F. Fernando Alonso Vega Bernal

**Número de contrato: INE/A1-008/2010**

**16 noviembre 2010**

# Índice

Introducción .....	1
Objetivo .....	2
Alcances y consideraciones .....	3
Metodología.....	4
Resultados .....	6
Análisis de resultados .....	7
Conclusiones y sugerencias.....	7
Bibliografía .....	8

## Introducción

Entre los contaminantes que afectan la calidad del aire, y que han sido regulados en casi todo el mundo por sus efectos en la salud humana, se encuentran las partículas suspendidas o material particulado (PM, por las siglas en inglés). Aún cuando han sido ampliamente estudiados, los efectos biológicos adversos de las partículas dependen de varios elementos, entre ellos (Schwarze et al., 2006):

- Sus características físicas y químicas, incluyendo masa, superficie y tamaño (partículas gruesas o de diámetro aerodinámico hasta de 10 micras ( $\mu\text{m}$ ) [ $\text{PM}_{10}$ ] o partículas finas de diámetro aerodinámico menor a 2.5  $\mu\text{m}$  [ $\text{PM}_{2.5}$ ]; características que dependen de su origen y/o de sus fuentes de emisión.
- Su composición química, ya que esta afecta también su toxicidad y, por ende, sus efectos potenciales en la salud.

Se puede decir, entonces, que tanto el origen como la composición de las partículas determinan en gran medida su toxicidad. Así, varios estudios indican diferencias significativas de los efectos tóxicos de las partículas provenientes ya sea de distintas localidades, o bien de un mismo sitio pero de diferentes épocas del año. (Aiken et al. 2009; Chow et al., 2002; Salcedo et al., 2006).

En México, se han realizado algunas campañas cortas de medición de contaminantes y se han obtenido resultados que dan una idea de la variabilidad en la composición de las partículas con respecto a diferentes zonas de una región (Chow et al., 2002; Salcedo et al., 2006; Aiken et al., 2009). Durante 2005 se llevó a cabo una evaluación de  $\text{PM}_{2.5}$  y  $\text{PM}_{10}$  en Mexicali en dos sitios (uno semi-rural y otro urbano) y los resultados corroboran que la composición de las partículas influye en los patrones toxicológicos de las mismas y, muy posiblemente, en los impactos que causen a la salud (LASPAU, 2005-2007).

Sin embargo, no se cuenta con información precisa para caracterizar la composición y toxicidad de las PM en diversos puntos de una misma ciudad en diversas épocas del año, especialmente en grandes zonas metropolitanas donde se concentra un gran número de habitantes susceptibles a los efectos dañinos de este contaminante.

Por ello, el Instituto Nacional de Ecología (INE) realizó durante 2009 el “Estudio sobre la variabilidad estacional de composición y toxicidad de partículas finas en el Valle de México”, con el fin de aportar datos sobre la composición de las PM<sub>2.5</sub> en diferentes puntos de la ciudad de México y su relación con la toxicidad. Los resultados de este estudio muestran que también en la ZMVM existe variabilidad en la toxicidad de las partículas de acuerdo al sitio de muestreo. En este estudio, la campaña de medición abarcó el periodo de lluvias (mayo a julio) y se requiere complementar esta información con datos representativos de otros periodos para determinar la composición química y la toxicidad de las partículas suspendidas durante otras épocas del año, específicamente en periodos críticos de contaminación atmosférica como los meses fríos y secos (noviembre a marzo), en los que históricamente se han registrado las concentraciones más altas de partículas en la ZMVM.

Atendiendo a este interés y necesidad del Instituto Nacional de Ecología de analizar precisamente la composición y la toxicidad de las PM<sub>2.5</sub> durante el periodo seco-frío (noviembre a marzo) en la ZMVM, el Instituto de Cancerología (InCan) realiza este estudio plurianual 2010-2011.

## **Objetivo**

El objetivo de esta primera parte del estudio (2010) es diseñar y montar cinco sitios de muestreo en la ZMVM y entregar este primer reporte técnico que contiene el diseño del estudio con la ubicación de las cinco estaciones de monitoreo de PM<sub>2.5</sub>, la metodología para los análisis y el procesamiento que se dará a la información obtenida.

## Alcances y consideraciones

En este primer reporte se presenta el diseño del estudio, con:

- La ubicación de las cinco estaciones de muestreo de  $PM_{2.5}$ ,
- La metodología para la recolección y manejo de muestras
- La metodologías para los análisis de composición y toxicidad, y
- El procesamiento que se dará a la información obtenida

El alcance de este estudio cubre una campaña de medición para las partículas finas  $PM_{2.5}$  y abarca exclusivamente los meses que componen lo que tradicionalmente se conoce como etapa de seca-fría; es decir, de noviembre de 2010 a marzo de 2011.

Respecto de la ubicación de las estaciones de monitoreo, cabe aclarar que uno de los objetivos del estudio es realizar una comparación con otro periodo contrastante como lo es el de lluvias, es decir, de mayo a julio; sin embargo, no fue posible realizar esta medición en el periodo correspondiente a 2010, por lo que la comparación se llevara a cabo utilizando los resultados del estudio previo del INE referido en la introducción. Debido a esta situación, es necesario conservar los sitios de monitoreo utilizados en el 2009. Además de que se ha analizado y comprobado la viabilidad de cada uno de los sitios, es indispensable tener un punto de referencia geográfica para realizar la comparación de los resultados por temporada del año. Recordemos que la composición y la toxicidad de las partículas también puede variar por sitio de monitoreo por el tipo de fuentes y actividades emisoras que se localizan ahí, por lo que si se implementa una variación en los cinco sitios ya utilizados previamente, no será posible determinar si los cambios observados en la composición y toxicidad de las  $PM_{2.5}$  se debe al cambio en la época del año (que es lo que se desea observar) o al cambio en el sitio de monitoreo.

Las metodologías para recolección y análisis de datos, así como el procesamiento que se dará a la información se incluyen en la siguiente sección sobre la "metodología".

## Metodología

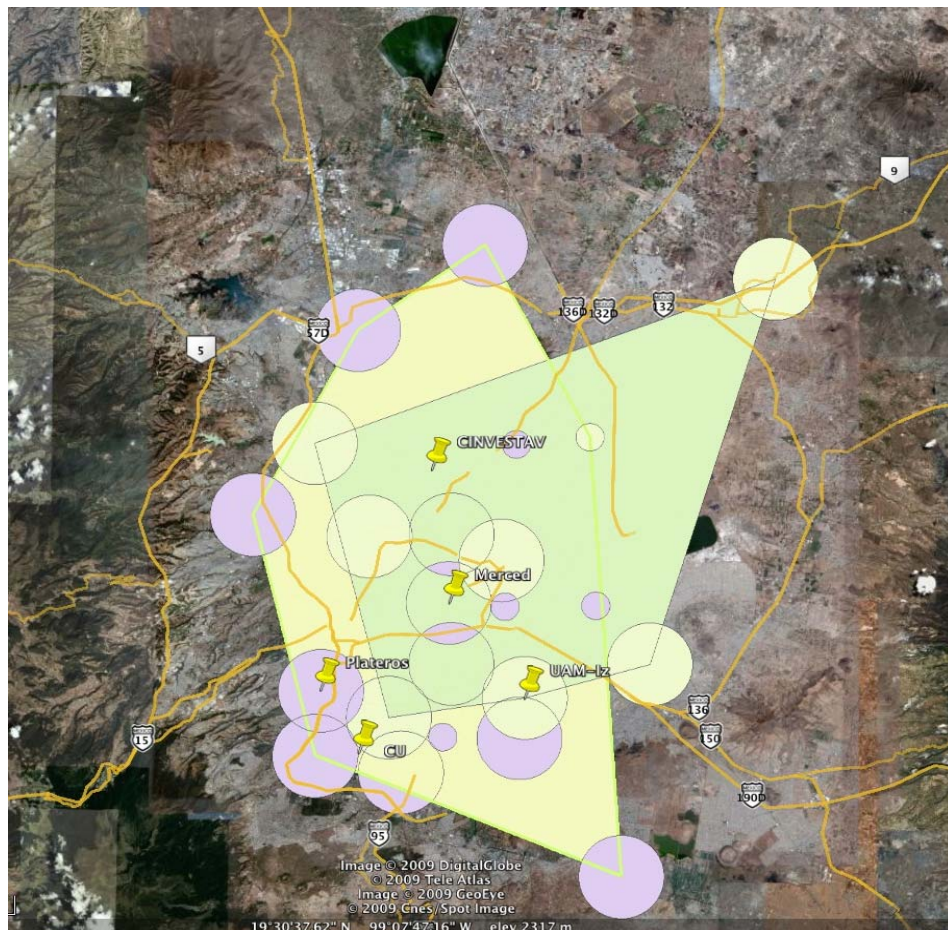
- Ubicación de las cinco estaciones de muestreo:
  - Se diseñó la ubicación y el montaje de cinco sitios de muestreo de partículas en cinco distintos puntos dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México con base a las facilidades de cada sitio y en el diseño del estudio previo del INE.
- Metodología para la recolección y manejo de muestras:
  - Las partículas se colectan, a partir de noviembre y hasta marzo, de manera semanal en los cinco sitios utilizando muestreadores de alto volumen (Sierra Andersen, Smyrna, GA, USA o Tisch TE6070V, Roswell, GA, USA) y membranas de nitrocelulosa (Sartorius, Goettingen, Germany) a un flujo de 1.13 m<sup>3</sup> por minuto, según lo reportado por Alfaro-Moreno et al., (2009).
  - Las membranas con muestra se mantienen a 4° C en oscuridad hasta su uso para remover las partículas.
  - Las partículas son removidas de las membranas y se guardan en viales libres de endotoxina a 4° C en un desecador.
- Metodologías para el análisis de la composición:
  - Elementos, por emisión de rayos X inducida por partículas (PIXE).
  - Carbono orgánico y elemental, por reflectancia termo-óptica (TOR).
  - Benzo-a-pireno e hidrocarburos por cromatografía gaseosa-espectrometría de masas (GC-MS).
- Metodología para el análisis de la toxicidad:
  - Se evaluará la secreción de citocinas (IL-6 y TNF- $\alpha$ ) utilizando la técnica de ELISA con ayuda de kits comerciales (R&D), en cultivos confluentes de células J774A.1 estimuladas con concentraciones no letales de partículas (0-40  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ).

- Las células se sembrarán en placas de 24 pozos, que se dejarán llegar a la confluencia. Una vez confluentes, se cambiará el medio de cultivo por medio libre de suero durante 24 horas, y entonces se hará la exposición a partículas por 24 horas. Los sobrenadantes serán colectados, centrifugados y congelados a -20° C hasta su uso.
- Células no expuestas a partículas serán usadas como controles negativos y células expuestas a 10 µg/ml de lipopolisacárido (LPS) como controles positivos. Los resultados serán expresados en pg/ml.
- Estos experimentos de exposición de células a partículas, se harán con muestras de cada uno de los cinco sitios y de manera mensual, haciendo agregados (*pools*) de las partículas muestreadas de las 4 semanas de cada mes, o bien, si la cantidad de muestra recolectada lo permite, se utilizarán agregados (*pools*) de periodos de tiempo más cortos.
- Procesamiento que se dará a la información obtenida:
  - El análisis incluirá estadísticas básicas de los datos.
  - Para el caso de la composición, se analizarán los componentes químicos de las partículas, se realizarán correlaciones entre las especies químicas detectadas para verificar la calidad de los datos del análisis y se realizará un análisis de factores mediante la técnica de Componentes Principales (PCA).
  - Para la parte toxicológica, se aplicarán modelos robustos de regresión y/o correlación (en función del comportamiento de los datos) para estimar las relaciones con las variables biológicas. La idea de aplicar modelos robustos es debido al hecho de que la variabilidad en los datos de las mediciones semanales y mensuales de contaminación atmosférica es usualmente tan elevada que es difícil observar y estimar patrones y modelos de comportamiento.

## Resultados

La ubicación de los cinco sitios se decidió de común acuerdo con el personal del INE y con base en el "Estudio sobre la variabilidad estacional de composición y toxicidad de partículas finas en el Valle de México". Estos cinco sitios representan una amplia cobertura del área metropolitana y pertenecen a zonas que cuentan con diferentes fuentes de emisión de partículas. Así, se instalaron muestreadores de  $PM_{2.5}$  de alto volumen en el en el norte de la ciudad (CINVESTAV), en el centro de la ciudad (estación de monitoreo Merced), en el sureste (estación de monitoreo UAM Iztapalapa-CENICA), en el suroeste (estación de Monitoreo Plateros) y en el sur (Ciudad Universitaria) (ver figura 1).

**Figura 1. Ubicación de los cinco sitios de muestreo de  $PM_{2.5}$  en la ZMVM**



## **Análisis de resultados**

El primer objetivo de este proyecto ha quedado completado al haber concluido el diseño y montaje de cinco sitios de muestreo en la ZMVM, así como el establecimiento de la metodología para la correcta recolección y manejo de las muestras de partículas.

Ya se cuenta con todas las membranas necesarias para la campaña y que han sido preparadas con las especificaciones requeridas (Alfaro-Moreno et al., 2009).

El proceso de muestreo, recolección y análisis de partículas requiere de varios meses continuos de trabajo para lograr obtener información robusta que permita determinar su composición y toxicidad, así como asociar estas características con las posibles fuentes de emisión de  $PM_{2.5}$ .

## **Conclusiones y sugerencias**

El desarrollo del diseño del sistema de muestreo de partículas en cinco zonas de la ZMVM ha quedado completo y se ha implementado sin dificultades que reportar. En el mes de noviembre de 2010 ha dado inicio la recolección de muestras y continuará, según lo reportado en la metodología, hasta el mes de marzo de 2011.

El InCan cuenta con la experiencia, los conocimientos y el equipo humano y material necesario para la correcta realización de este muestreo, así como para el manejo de las muestras y el reporte de los resultados, en su momento.

## Bibliografía

Aiken, A.C., de Foy, B., Wiedinmyer, DeCarlo, C.P.F., Ulbrich, I.M., Wehrli, M.N., Szidat, S., Prevot, A.S.H., Noda, J., Wacker, L., Volkamer, R., Fortner, E., Wang, J., Laskin, A., Shutthanandan, V., Zheng, J., Zhang, R., Paredes-Miranda, G., Arnott, W.P., Molina L.T., Sosa, G., Querol, X. and Jiménez, J.L. (2009) Mexico City aerosol analysis during MILAGRO using high resolution aerosol mass spectrometry at the urban supersite (T0) – Part 2: Analysis of the biomasa burning contribution and the modern carbon fraction. *Atmos. Chem. Phys. Discuss.*, 9: 25915-25981.

Alfaro-Moreno E; Torres, V; Miranda, J; Martinez, L; Garcia-Cuellar, C; Nawrot, TS; Vanaudenaerde, B; Hoet, P; Ramirez-Lopez, P; Rosas, I; Nemery, B; Osornio-Vargas, AR. (2009) Induction of IL-6 and inhibition of IL-8 secretion in the human airway cell line Calu-3 by urban particulate matter collected with a modified method of PM sampling. *Environ Res*, 109(5):528-535.

Chow, J., Watson, J.G., Edgerton, S.A., Vega, E. (2002) Chemical composition of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in Mexico City during winter 1997. *The Science of the Total Environment* 287: 177-201.

LASPAU 2005-2007. Toxicological Evaluation of PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub> in the City of Mexicali and its Correlations with Soil Content: A Study to Evaluate and Direct Control Measures, Final Report LASPAU 2005-2007. INE, UNAM, INC, UABC: pp. 2- 3, 7-10. México D.F. (2007)

Salcedo, D., Onasch, T. B., Dzepina, K., Canagaratna, M. R., Zhang, Q., Huffman, J. A., De Carlo, P. F., Jayne, J. T., Mortimer, P., Worsnop, D. R., Kolb, C. E., Johnson, K. J., Zuberi, B., Marr, L. C., Volkamer, R., Molina, L. T., Molina, M. J., Cardenas, B., Bernabé, R. M., Marquez, C., Gaffney, J. S., Marley, N. A., Laskin, A., Shutthanandan, V., Xie, Y., Brune, W. H., Leshner, R., Shirley, T. R., and Jimenez, J. L. (2006) Characterization of Ambient Aerosols in Mexico City during the MCMA-2003 Campaign with Aerosol Mass Spectrometry: results from the CENICA Supersite, *Atmos. Chem. Phys.*, 6, 925–946, 2006.

Schwarze, P.E., Ovrevik, J., Lag, M., Refsnes, M., Nafstad, P., Hetland, R.B. y Dybing, E. (2006) Particulate matter properties and health effects: consistency of epidemiological and toxicological studies. *Human & Experimental Toxicology* 25: 559-579.