



Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci). EISSN: 2215-3896.

Diciembre, 2003. Vol 26(2): 76-79.

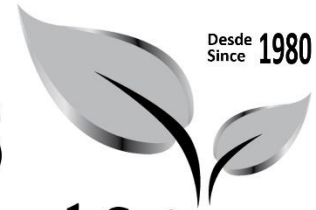
DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.26-1.10>

URL: www.revistas.una.ac.cr/ambientales

EMAIL: revista.ambientales@una.cr

Susana Rodríguez

Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



Concentración de plomo en material particulado inhalable: San José centro, agosto-diciembre 2002

Lead concentration in inhalable particulate material: San José center, August-December 2002

Susana Rodríguez, Jorge Herrera



Los artículos publicados se distribuyen bajo una Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

por SUSANA RODRIGUEZ Y JORGE HERRERA

CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN MATERIAL PARTICULADO INHALABLE: SAN JOSÉ-CENTRO, AGOSTO-DICIEMBRE 2002

RESUMEN

Se midieron los niveles de plomo, presentes en la fracción de partículas inhalables (PM₁₀), colectado del aire ambiente en dos puntos de alto flujo vehicular ubicados en la ciudad de San José durante el período de agosto a diciembre de 2002. El material filtrado fue extraído con ácido nítrico y analizado por Espectrofotometría de absorción tómica con horno de grafito. Los resultados obtenidos se encuentran por debajo de la media aritmética anual para el contenido de plomo en aire de 0,5ug/m³.

Lead levels were measured in the inhalable Fraction of particles (PM 10) collected at two heavy traffic sampling locations in downtown San José, Costa Rica, during the period August - December 2002. The filtered material was extracted with nitric acid and analyzed by graphite furnace atomic absorption spectroscopy. All results were below the Costa Rican annual arithmetic average lead air quality standard of 0,5 ug/m³.

Susana Rodríguez y Jorge Herrera, profesionales en química, son investigadores en -respectivamente- la Universidad de Costa Rica y la Universidad Nacional.

El problema de la contaminación atmosférica por material particulado en Costa Rica es especialmente notable en el pequeño casco urbano de San José, por la gran concentración allí existente de actividades industriales y de locomoción (aumento de la flota vehicular de 10 por ciento anual en los últimos 10 años).

Las partículas son materiales sólidos o líquidos que viajan en el aire con dimensiones mayores a las moleculares y que poseen un rango de propiedades morfológicas, químicas, físicas y termodinámicas muy variadas. La mayoría de las partículas se encuentran en estado sólido, pero también existen partículas en estado líquido. Otras pueden estar formadas por porciones sólidas rodeadas de coberturas líquidas (US EPA 1993).

El diámetro de las partículas es quizás una de sus características más importantes, ya que determina su tiempo de residencia en el aire, la velocidad de deposición y los patrones de alojamiento en el sistema respiratorio de los seres humanos. Los diámetros de estas partículas abarcan más de cuatro órdenes de magnitud, desde unos pocos nanómetros hasta 100 micrómetros. Así, por ejemplo, las partículas generadas en procesos de combustión en industrias y transporte automotor pueden ser tan pequeñas como 0,003 mm y alcanzar valores máximos de hasta 2 mm.

El diámetro es una propiedad obvia de una partícula esférica, pero muchas veces las partículas atmosféricas pueden ser cúbicas, cilíndricas o amorfas. Debido a esto, el diámetro de las partículas es a menudo descrito como diámetro aerodinámico, el cual no depende de la densidad de la partícula y se define como el diámetro de una partícula esférica que posee una

velocidad de sedimentación similar a la partícula en cuestión, pero con una densidad igual a 1 g/cm^3 .

Existen tres criterios principales para clasificar las partículas de acuerdo con su tamaño: modal, basado en la observación de las distribuciones por tamaño en el ambiente y sus mecanismos de formación; dosimétrica, fundamentada en la capacidad de las partículas de penetrar en distintos compartimentos del sistema respiratorio; y por su capacidad de muestreo selectivo de tamaño. Este último implica la recolección de partículas por debajo de un tamaño aerodinámico especificado, usualmente definido por el diámetro respectivo del cual un equipo muestreador tiene un 50 por ciento de eficiencia de recolección (*lbid*).

Las partículas PM-10 son las recolectadas con un 50 por ciento de eficiencia con un muestreador de alto volumen cuyo diámetro de partícula o punto de corte es de 10 mm. La concentración de PM-10 incluye el material particulado que tiene la capacidad de ingresar a la zona torácica del sistema respiratorio (US EPA 1986).

La composición química promedio del material particulado varía con el tamaño de la partícula, la localización geográfica y la estación del año. Los principales constituyentes del material particulado (PM-10) presente en la atmósfera son sulfatos, nitratos, carbono orgánico y elemental, agua, iones amonio y una gran variedad de elementos metálicos traza.

Estudios realizados anteriormente por Godish (1985) han reportado la presencia de Pb en material particulado fino de centros urbanos (diámetro aerodinámico menor a 2,5 mm), mientras que otros elementos, como Na, K, Fe, V, Cr, Co, Ni, Mn, Cu y Se -entre otros-, se han encontrado tanto en fracciones gruesas como finas de material particulado. La exposición al plomo presente en el material particulado fino puede ocasionar problemas en diferentes sistemas y procesos biológicos del ser humano, principalmente sobre la biosíntesis de hemoglobina,

el sistema nervioso y el cardiovascular. Los niños menores de cinco años son particularmente susceptibles a la exposición al plomo por su efecto potencial sobre el desarrollo neurológico.

El Reglamento sobre inmisión de contaminantes atmosféricos, contenido en el decreto No. 30221-S del Ministerio de Salud de nuestro país, establece que el valor máximo de inmisión para plomo es de $0,5 \text{ ug/nv}^3$ utilizando un promedio aritmético anual como método de cálculo.

El plomo fue analizado por absorción atómica, siguiendo el método oficial de la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (US Government 2000), sometiendo el método al

respectivo proceso de estudio de control de método de ensayo.

Sección experimental

Muestreo

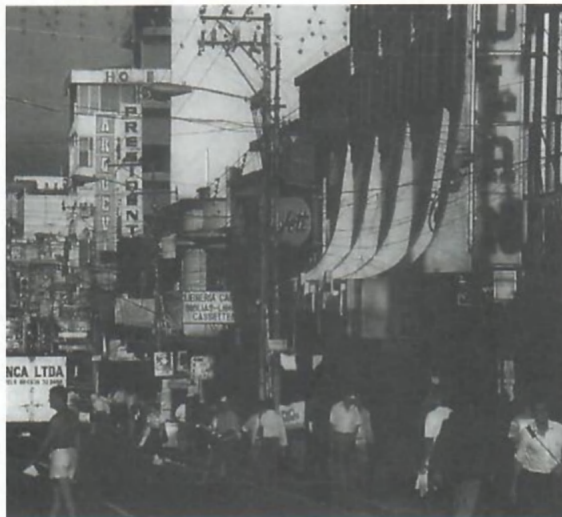
La toma de muestras se realizó en dos puntos con alto flujo vehicular ubicados en la ciudad de San José: el primero, en el costado sur del Museo Nacional de Costa Rica, y, el segundo, en las instalaciones del Ministerio de Seguridad Pública, donde se colocaron muestreadores de aire de alto volumen. Los muestreos se realizaron tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes) a un flujo de $(1,13 \pm 10\%) \text{ mVmin}$ durante (24 ± 1) horas en el período comprendido entre agosto y diciembre del año 2002.

Equipo

- Muestreador de alto volumen marca Thermo Andersen, con controladores de flujo máscos.
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica 3300 Perkin Elmer, con horno de grafito y automuestreador modelo AS-60 Perkin Elmer.

Materiales y reactivos

- La disolución madre de plomo (2.000 mg/L) se preparó a partir de una disolución estándar Titrisol (Merck), se acidificó con HNO_3 y fue guardada en una botella de polietileno de alta



densidad (Nalgene) y mantenida en congelación. En la preparación de todas las disoluciones se utilizó agua de alta resistividad (>18QW cm).

- Acido nítrico concentrado marca JTBaker, grado ACS
- Filtros Whatman de fibra de vidrio, de 20,3 x 25,4 cm, los cuales se acondicionaron durante 24 horas antes y después de la etapa de muestreo, en una desecadora, bajo las siguientes condiciones: temperatura: 20-25°C, y humedad: 20-30 por ciento.
- Toda la cristalería y las botellas de plástico de alta densidad fueron lavadas y guardadas en un baño de HNO₃ al 20 por ciento v/v por una semana. Posteriormente se lavaron con agua Milli-Q.

Tratamiento de muestra

El análisis de plomo se realizó en las partículas colectadas sobre el filtro, para lo cual se tomó una porción de 2,5 x 20 cm del filtro, cortada con un cuchillo plástico y dicha tira se extrajo calentando con dos porciones de 20 mL de ácido nítrico al 30 por ciento, durante 30 minutos.

La muestra digerida se trasvasó cuantitativamente a un balón aforado de 50,00 mL y el volumen usado para las mediciones se filtró antes de ser leído en el equipo.

Cuantificación

Se cuantifica por interpolación en una curva de calibración de 25 a 100 ug/L de Pb, bajo las siguientes condiciones experimentales:

Cuadro 1. Condiciones experimentales empleadas para el análisis de plomo

Fuente	Lámpara de cátodo hueco
Longitud de onda	283,3 nm
Atomizador	Tubo de grafito con plataforma de L'vov
Temperatura de evaporación	85°C
Temperatura de calcinación	850 °C
Temperatura de atomización	1800 °C
Gas de arrastre	Ar

Resultados

Parámetros de desempeño del método de análisis

El límite de detección obtenido fue 2 ngm*_l de acuerdo con la definición IUPAC de límite de

detección (3a) para diez réplicas del blanco y el límite de cuantificación de 7 ngm³. Los valores de ambos límites se reportan en unidades de concentración en el aire para un muestreo de 24 horas a 1,13 mVmin.

El método de análisis aplicado es homocedástico y el ámbito dinámico se estudió hasta 100|igL⁻¹.

Una curva de calibración típica obtenida por este método de análisis se observa a continuación:

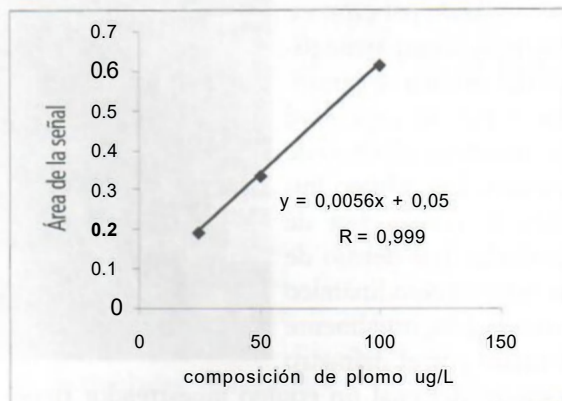


Figura 1. Curva de calibración para la determinación de plomo en materia particulado PM-10 por Absorción atómica con horno de grafito

Se realizó un estudio de los porcentajes de recuperación obtenidos a tres niveles de concentración, para tres réplicas independientes de un filtro enriquecido. Los resultados de dicho análisis se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Recuperación de plomo sobre un filtro enriquecido a tres niveles de concentración, y cuantificación por absorción atómica con horno de grafito

Pb agregado Ug/L	Pb recuperado Ug/L	Porcentaje de recuperación
30 ± 1	26	87
40 ± 2	38	95
80 ± 3	76	95

El coeficiente de repetibilidad para el método fue de 1 por ciento y el coeficiente de reproducibilidad del 2 por ciento.

Se realizó un análisis del contenido de plomo presente en distintas tiras de un mismo filtro y se demostró con una prueba de Grubbs que no hay diferencia significativa entre los resultados. Por lo tanto, se puede concluir que el elemento se distribuye homogéneamente en el filtro, así que para el análisis se puede tomar cualquier sección del filtro.

Resultado para las muestras analizadas

Cuadro 3. Concentración de plomo en las muestras analizadas

Mes	Punto 1 ($\pm 0,4 \text{ ng m}^{-3}$)	Punto 2 ($\pm 0,4 \text{ ng m}^{-3}$)
Agosto	30,0	—
Septiembre	46,9	41,0
Octubre	42,2	39,6
Noviembre	19,3	18,2

Punto 1: Ministerio de Seguridad Pública

Punto 2: Museo Nacional de Costa Rica

Los resultados reportados en el cuadro 3 se corrigieron a las siguientes condiciones: 298,15 K de temperatura ambiente y 1 atm de presión atmosférica.

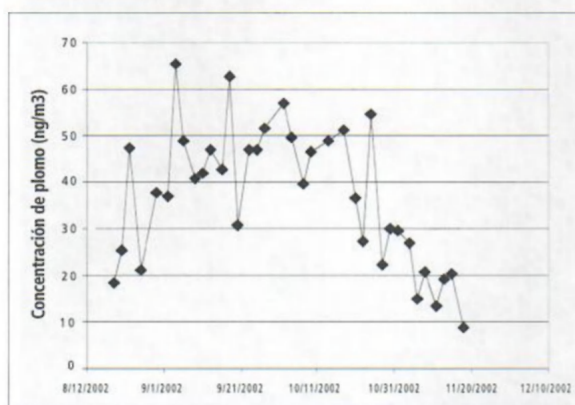


Figura 2. Variación de la concentración de plomo en material particulado PM-10 en la estación de monitoreo, ubicada en el Ministerio de Seguridad Pública

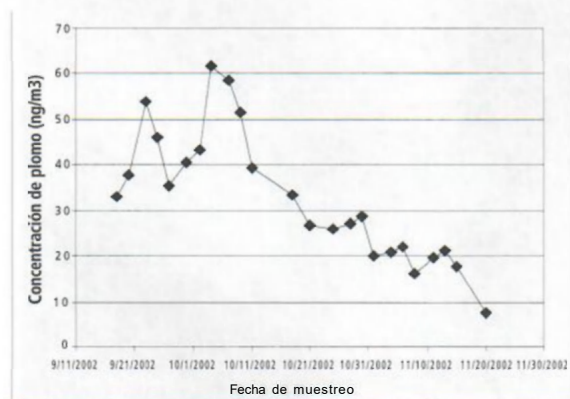


Figura 3. Variación de la concentración de plomo en material particulado PM-10 en la estación de monitoreo, ubicada en el Museo Nacional de Costa Rica

Discusión

De los resultados obtenidos para la concentración de plomo en el material particulado PM-10 se puede observar que los promedios medidos en ambos puntos son muy cercanos ($34,6 \pm 0,4$

ngm^{-3} para el Ministerio de Seguridad Pública y $32,9 \pm 0,4 \text{ ngm}^{-3}$ en el Museo Nacional), pudiendo ser esto reflejo de la similitud existente en las características de ambos puntos de monitoreo. Estos valores se encuentran muy por debajo de la norma nacional establecida en el decreto N^o 30221-S del Ministerio de Salud, que es de 500 ngm^{-3} .

Los promedios reportados para cada uno de los meses, en ambos sitios de muestreo, se mantuvieron con variaciones pequeñas, con excepción de noviembre, cuando se presentó una disminución de alrededor de 50 por ciento en el promedio obtenido. Durante este mes se presentaron las precipitaciones más fuertes de todo el período de monitoreo.

El período de muestreo contempló cuatro meses de la época lluviosa, por lo que los valores obtenidos no pueden utilizarse como aproximaciones a los indicadores de los promedios anuales en estos puntos, ya que como es conocido la velocidad de sedimentación del material particulado es mayor al aumentar el nivel de precipitaciones.

Si se comparan los valores obtenidos con los reportados por Alfaro y Peña (1996) para la ciudad de San José en 1996 (105 ngm^{-3}), período en el cual la Refinadora Costarricense de Petróleo ya había eliminado el 92 por ciento del plomo contenido en la gasolina, se muestra una reducción de casi 60 por ciento en la concentración de plomo en material particulado.

Referencias bibliográficas

- U.S. EPA. 1993. *Air Quality Criteria: Particulate Matter Volume I*. EPA-600/7-93-034a. Office of Research and Development. Washington.
- U.S. EPA. 1986. *Evaluation of Control Technologies for Hazardous Air Pollutants Volume I*. EPA-600/7-86-009b. Office of Research and Development. Washington.
- Godish, T. 1985. *Air Quality*. Lewis Publishers New York.
- US. Government. 2000. *Code of Federal Regulations 40, Part 50, Appendix G*. Washington.
- Alfaro, R. y T. Peña. "Contaminación con PM-10 y Plomo en la Región Centroamericana", en *Memorias: Congreso Mundial sobre contaminación de Aire en Países en vías de desarrollo*. San José, CR. 1996

Agradecimiento

Al Laboratorio de Calidad de Aire del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental de la Universidad de Costa Rica, por el apoyo financiero, y al Programa de Estudios de Calidad de Aire de la Universidad Nacional, por el equipo y los filtros para la realización del muestreo.