



# Relación entre la concentración de partículas totales y respirables

María Victoria Toro Gómez<sup>1</sup> / Adriana Viviana Marín Calderón<sup>2</sup>

## *Relation between the concentration of total and breathable particles*

### RESUMEN

**Introducción.** La información que nos brinda la Red de Monitorización de la Calidad del Aire del Valle de Aburrá es indispensable para orientar los esfuerzos que tiendan por la disminución del nivel de la contaminación atmosférica, mediante la adopción de métodos de producción más limpios, es una prioridad no solo en la región, sino en el mundo entero.

**Objetivo.** Evaluar la relación existente entre dos parámetros de calidad del aire: concentración de partículas totales (TSP) y respirables (PM<sub>10</sub>).

**Materiales y métodos.** Se emplearon equipos de TSP y PM<sub>10</sub> ubicados en dos estaciones de la ciudad de Medellín: s estaciones de del barrio Guayabal y centro la planta de San Fernando y Miguel de Aguinaga, y se determinaron sus coeficientes de correlación.

**Resultados.** Ambas estaciones obtuvieron coeficientes R<sup>2</sup> superiores a 0,78 para la interacción entre los dos contaminantes analizados.

**Conclusión.** Para el caso del Valle de Aburrá es de importancia la adecuación y desarrollo de un modelo de correlación, debido a que en la actualidad la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire para esta región realiza mediciones de TSP en todas sus estaciones de

<sup>1</sup> Ingeniera Química, PhD en procesos Químicos. Grupo de Investigaciones Ambientales GIA de la Universidad Pontificia Bolivariana / <sup>2</sup> Ingeniera Química, Especialista en Ingeniería Ambiental, interventora de Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Contrato 158/2005 del Programa de Protección y Control de la Calidad del Aire, entre Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Pontificia Bolivariana.

Correspondencia: María Victoria Toro Gómez. email: ambiente@upb.edu.co

Fecha de recibo: 27/03/2006; fecha de aprobación: 07/04/2006

monitoreo y solo se cuenta con tres en las que se determina  $PM_{10}$ , por lo tanto, este acercamiento matemático favorece la determinación del parámetro partículas respirables a partir de los datos recolectados de TSP.

**Palabras clave:** Parámetros de Calidad del Aire. Red de Monitoreo. Estaciones de Monitoreo. Coeficiente de correlación.

## ABSTRACT

**Introduction.** The information provided by the Air Quality Monitoring Network of the Aburrá Valley is fundamental to focus the efforts made to diminish the atmosphere's contamination levels, by using cleaner production means. Not only is this a priority for the mentioned region, but for the whole world.

**Objective.** To evaluate the relationship between two air quality indexes: Concentration of total and breathable particles.

**Materials and methods.** Equipments for both kinds of particles were located in two stations in Medellín, at the Guayabal ) neighborhood (San Fernando water treatment plant and the downtown (Miguel de Aguinaga) and their correlation indexes were determined.

**Results.** Both stations got R2 indexes above 0.78 for the interaction between the analyzed contaminants.

**Conclusion.** For the Aburrá Valley's case it is very important to adequate and develop a correlation model, due to the fact that, currently, the Air Quality Monitoring Network for this region makes measurements of total particles in all of its monitoring stations and only three of them can measure breathable particles. Therefore, this mathematical approach benefits the establishment of the breathable particles index from the data obtained when measuring total particles.

**Key words:** Air quality indexes. Monitoring network. Monitoring stations. Correlation index.

## INTRODUCCIÓN

El control y la reducción de los contaminantes atmosféricos, mediante la adopción de métodos de producción más limpios, ambientalmente sanos y seguros, es una prioridad no solo en la región, sino en el mundo entero. La información que nos brinda la Red de Monitorización de la Calidad del Aire es indispensable para orientar esfuerzos que tiendan por la disminución del nivel de la contaminación de las actividades productivas, reduciendo los riesgos relevantes para el ambiente y optimizando el uso racional de los recursos naturales.

Las *partículas totales y respirables*<sup>1,2</sup> son aquellas que están presentes en el aire y que son de tamaño suficientemente reducido como para que no se depositen demasiado rápido sobre la superficie. Su tiempo de residencia en la atmósfera depende de su tamaño y composición, así como de condicionantes climatológicas.

La normatividad Colombiana exige la medición de partículas totales de acuerdo al Decreto 02 de 1982<sup>3</sup>, sin embargo a nivel internacional se está determinando actualmente las partículas menores a 10 micras ( $PM_{10}$ )<sup>4</sup>, dado que son estas fracciones de partículas las que presentan una mayor afección a las vías respiratorias, debido a su tamaño, al tiempo de residencia en el aire y a la alta probabilidad de llegar al interior del vías aéreas produciendo enfermedades respiratorias en la comunidad<sup>1,2</sup>.

Adicionalmente, en la actualidad se esta evaluando la pertinencia de la medición de partículas de menos de 2,5 micras ( $PM_{2,5}$ ), pues son estas partículas las que presentan más problemas en la salud humana, al poder penetrar a una mayor profundidad del sistema respiratorio.

El objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre los parámetros de calidad del aire TSP y  $PM_{10}$ , con el fin de tener información actualizada que para orientar los esfuerzos que tiendan por la disminución del nivel de la contaminación atmosférica, mediante la adopción de métodos más limpios.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del presente estudio se empleó la información de los parámetros de calidad del aire TSP y  $PM_{10}$  de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire Valle de Aburrá, específicamente de las estaciones Miguel de Aguinaga y Planta San Fernando -ubicadas en el centro de la ciudad y en el barrio Guayabal de la ciudad de Medellín-.

Para la realización de esta investigación se seleccionaron los años 2004 y 2005, pues contaban con suficientes datos de las variables de estudio.

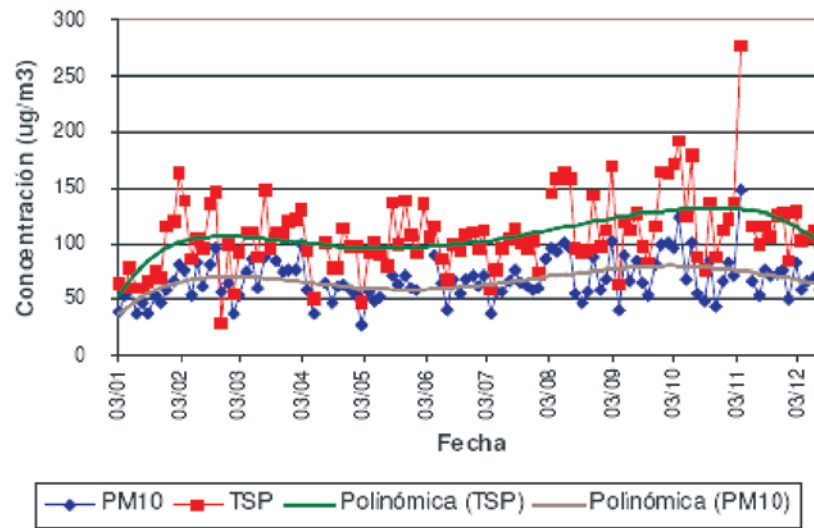
## RESULTADOS

En la gráfica 1 se muestra la variación diaria de la concentración de los dos parámetros (TSP y  $PM_{10}$ ) en la estación Guayabal para el año 2004. En dicha gráfica se evidencia que las concentraciones para ambos parámetros varían proporcionalmente, es decir, cuando aumentan los valores de TSP igualmente incrementan los valores para  $PM_{10}$ . También se aprecia que las concentraciones más altas ocurrieron en los meses de febrero, marzo y abril -en el primer semestre- y para septiembre, octubre y noviembre- en el segundo-.

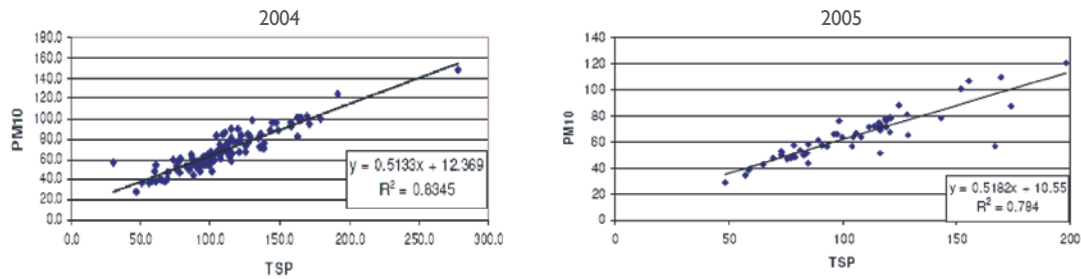
Las gráficas 2 y 3 ilustran la correlación entre TSP y  $PM_{10}$  para las estaciones Guayabal y Centro de Medellín para los años 2004 y 2005, observándose una muy buena relación entre estos dos parámetros de calidad del aire en las dos estaciones.

Los coeficientes  $R^2$  de las series de tiempo en las estaciones, consignados en la tabla 1, nos permite afirmar que es posible realizar la estimación de la concentración de  $PM_{10}$  a partir de la medición de TSP, pues este último explica el 78% y más de la proporción de la varianza que puede atribuirse a la variación de  $PM_{10}$ .

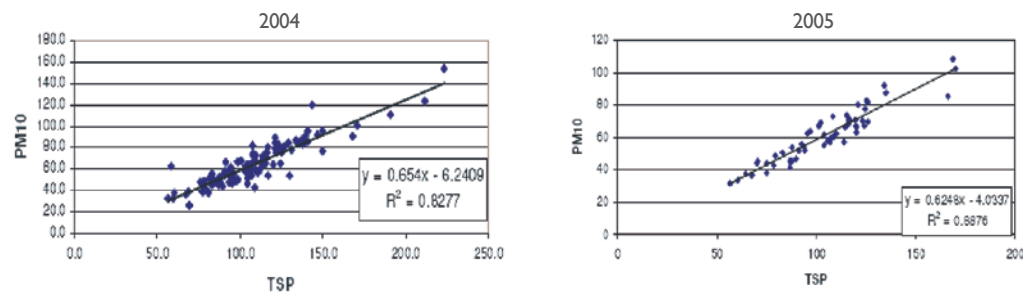
**Gráfica 1. Variación de la concentración de TSP y PM<sub>10</sub> para la estación Centro en el año 2004**



**Gráfica 2. Relación entre TSP y PM<sub>10</sub> para la estación Guayabal en los años 2004 y 2005**



**Gráfica 3. Relación entre TSP y PM<sub>10</sub> para la estación Centro en los años 2004 y 2005**



En la tabla I también se consignan las ecuaciones de las regresiones lineales, para las rectas que mejor ajustaron la relación de ambos indicadores para las dos estaciones.

**Tabla I. Ecuaciones de las regresiones lineales y coeficientes R2 de la relación entre TSP y PM<sub>10</sub>, según estación y año de medición**

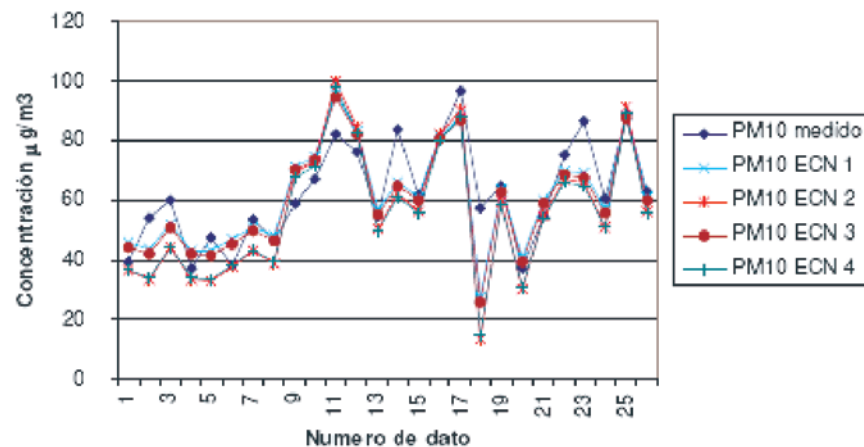
Ubicación	Año	Ecuación	Coefficiente R <sup>2</sup>	BIAS	FBIAS
Guayabal	2004	PM <sub>10</sub> = 0,51 × (TSP) + 12,37	0,83	-1,3	0,02
	2005	PM <sub>10</sub> = 0,52 × (TSP) + 10,55	0,78	-2,7	0,04
Centro	2004	PM <sub>10</sub> = 0,65 × (TSP) – 6,24	0,83	-6,6	0,11
	2005	PM <sub>10</sub> = 0,62 × (TSP) – 4,03	0,89	-7,1	0,12

Como se observa en los datos consignados en la tabla I, las pendientes de las ecuaciones presentan un importante aporte de PM<sub>10</sub> al TSP, siendo éstas de mayor magnitud en la estación Centro, la cual presenta fracciones entre 0,62 y 0,65 (PM<sub>10</sub>/TSP), mientras que en la estación Guayabal tiene fracciones entre 0,51 y 0,52 (PM<sub>10</sub>/TSP); estos resultados son similares a los obtenidos por Gómez et al<sup>5</sup>, en el año 2000 en la estación Guayabal, en donde encontraron un coeficiente de 0,91 y una fracción entre PM<sub>10</sub>/TSP de 0,62.

De igual forma, se observa que la presencia de PM<sub>10</sub> en ambas estaciones, representan mas del 50% del total de partículas suspendidas en el aire, lo cual indica un elevado nivel de estas partículas que poseen efectos directos sobre la salud humana y la calidad de vida de la comunidad.

Adicionalmente, las ecuaciones de correlación de la Tabla I se emplearon para estimar la concentración de PM<sub>10</sub> para la estación Guayabal, dichos resultados se plasman en la gráfica 4.

**Gráfica 4. Comparación entre las concentraciones medidas y las estimadas con las ecuaciones de regresión**



Analizando el error medio (BIAS) y el error tradicional usados para los modelos de simulación se obtiene que son bajos debido a que en el FBIAS (foreign-bias measure) debe estar entre -2 y +2. El análisis de error para las cuatro ecuaciones son bajos (entre 0,02 y 0,12) con respecto a los valores reales y estimados con las ecuaciones para la estación Guayabal y de Centro.

## DISCUSIÓN

El aseguramiento de la calidad (AC) es un programa para alcanzar los objetivos de calidad de datos y certificar que estos datos recopilados por el sistema de monitoreo tiene una calidad conocida. El control de calidad (CC) es un conjunto de pruebas y procedimientos rutinarios diseñados para implementar un programa de aseguramiento de la calidad. Un programa de AC implica la realización de pruebas para generar un apropiado CC de datos y documentos. Este programa es un requerimiento de toda actividad de monitoreo de calidad del aire y debe estar avalado por el IDEAM.

La red de monitoreo de la calidad del aire del valle de aburra en el 2004 inicio el proceso de aseguramiento de la calidad mediante la contratación del Politécnico Jaime Isaza Cadavid y para el cual se alcanzaron las siguientes fases: diagnóstico, de capacitación primaria y documentación.

En ellas se ha logrado identificar los procesos administrativos, los procesos de monitoreo y de recolección de muestras para los cuales se han diseñado y consignado instructivos y formatos que son necesarios implementar y poner en ejecución en el AC.

Sin embargo, existen un sin numero de fases que sin desarrollar, las cuales son: implementación, verificación, monitoreo, revisión del sistema de calidad, mejoramiento y auditoria. El AC incluye la planeación y la coordinación de actividades inherentes al monitoreo, la calibración y certificación, auditorias, entrenamiento, revisión de datos y elaboración de reportes. El plan de AC deberá ser preparado para la red siguiendo los lineamientos publicados por el IDEAM<sup>6,7</sup> sobre la materia. Los equipos de monitoreo deben ser calibrados regularmente, con estándares certificados y con trazabilidad, adicionalmente se deben llevar a cabo pruebas periódicas del desempeño de los equipos y del sistema para documentar apropiadamente las operaciones y los resultados.

El empleo de modelos matemáticos que permitan estimar la concentración de un parámetro de calidad del aire es de suma importancia desde el punto de vista económico y logístico, el empleo de menos cantidad de instrumentos y determinaciones, en este punto es ventajoso para la red de monitoreo de la calidad del aire del Valle de Aburrá, esta adolece del numero suficiente de equipos para ser ubicados en las totalidad de las estaciones, sin embargo es importante tener

una buena calidad en la toma y recolección de los datos, para que dicha correlación y estimación de concentraciones sean veraces y modelen la realidad en los episodios de calidad del aire.

La reproducibilidad de los resultados obtenidos mediante el modelo de correlación solo serán apropiados y aplicables a estaciones que posean condiciones similares a las cuales se han realizado o adelantado la correlación, para el caso de la red de calidad del aire del Valle de Aburra serían las estaciones del Centro (Miguel de Aguinaga) y Guayabal (Planta San Fernando), en este punto las estaciones en las cuales se desee estimar la concentración de TSP o  $PM_{10}$ , deberán ser similares en altura y la vocación del área de influencia, de acuerdo a lo último, de difícil que desde el punto de vista climatológico sea probable reproducir las condiciones ambientales y antrópicas de una estación de monitoreo.

Un ejercicio importante sería realizar aproximaciones de correlación de parámetros como el TSP y  $PM_{10}$  en las diferentes estaciones de monitoreo y de esta forma estimar la concentración de algunos de los parámetros, lo cual contribuiría a la generación de un sin número de datos que en la actualidad no se toman y no se cuentan con los recursos para que a mediano plazo se realicen, de esta forma se afianza el conocimiento y establecimiento de condiciones de calidad del aire para el Valle de Aburrá.

## CONCLUSIÓN

Adicional a la calidad de la toma de muestras, la correlación y el análisis estadístico deben ser idóneos para obtener buenos resultados en la inferencia de la concentración de otros parámetros, por lo tanto, es de suma importancia la recalibración de las ecuaciones de correlación para mantener y obtener datos confiables que a su vez represente completamente la realidad, y de esta forma poseer una adecuada herramienta para la toma de decisiones concernientes a la calidad del aire en nuestra región.

## REFERENCIAS

1. SEMINARIO INTERNACIONAL CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA (1997: Medellín). Memorias del seminario internacional contaminación atmosférica: optimización de procesos industriales para minimizar la contaminación atmosférica. Medellín: Ediciones Seminario, 1997. p. 1200.
2. KIELY, Gerard. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Madrid: McGraw-Hill, 1999. p. 1309.
3. COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD. Decreto 02 de 11 de Enero de 1982. Por el cual se reglamenta parcialmente el título I de la Ley 09 de 1979 y el Decreto Ley 2811 de 1974, en cuanto a emisiones atmosférica. Bogotá: el Ministerio, 1982. 44p.

4. SALDARRIAGA MOLINA, Julio Cesar; ECHEVERRI LONDOÑO, Carlos Alberto y MOLINA PÉREZ, Francisco José. Partículas Suspendidas (PST) y Partículas Respirables (PM10) en el Valle de Aburrá, Colombia. En: Revista Facultad de Ingeniería. Medellín. No. 32 (dic. 2004); p.7-16 .
5. GÓMEZ, Alfredo et al. Evaluación de las Partículas Suspendidas Totales (PST) y Partículas Respirables (PM10) en la Zona de Guayabal, Medellín, Colombia. En: Revista Facultad de Ingeniería. Medellín. No. 30 (dic. 2003); p.24-33.
6. COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL et al. Documento Soporte Norma de Calidad del Aire. Bogota: IDEAM, 2005. 47p. (N° 038/04 Numeración MAVDT - I 12/04 Numeración IDEAM)
7. INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES. Protocolo para la Vigilancia y Seguimiento del Modulo Aire del Sistema de Información Ambiental. Bogota: IDEAM, 2005. 114p.