



RESUMEN DE LA TESIS DOCTORAL

DATOS DEL/ DE LA DOCTORANDO/A:

Apellidos y nombre: Ramírez Hernández Omar	Pasaporte: [REDACTED]	Nacionalidad: [REDACTED]
Dirección a efectos de notificaciones: [REDACTED]		
Teléfono: [REDACTED]	EMAIL: [REDACTED]	

DATOS DE LA TESIS DOCTORAL:

Título: Contribución de fuentes y origen del material particulado atmosférico en Bogotá, Colombia
Programa Oficial de Doctorado al que se adscribe: Ciencia y tecnología industrial y ambiental
Departamento: Ciencias de la Tierra
Director/es: Dra.: Ana M. Sánchez de La Campa ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1917-0280 Dr.: Jesús D. de La Rosa ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6644-8754
Resumen en castellano que será usado para la base de datos del Ministerio TESEO (máx. 4000 caracteres) <p>El deterioro de la calidad del aire por el material particulado inhalable (PM₁₀), es hoy en día uno de los mayores problemas ambientales y sanitarios a nivel internacional. Este contaminante se ha asociado con efectos adversos sobre los ecosistemas, el cambio climático, la infraestructura urbana y, particularmente, la salud humana.</p> <p>Bogotá, capital de Colombia, es una megaciudad localizada en la Cordillera de Los Andes. Su dinámica urbana y las condiciones meteorológicas han generado que el PM₁₀ sea uno de los contaminantes del aire de mayor preocupación.</p> <p>Con el objetivo de realizar una caracterización química y un análisis de contribución de fuentes de la fracción PM₁₀ en un entorno urbano de Bogotá, se desarrollaron dos campañas de muestreo. La primera se centró en el PM₁₀ ambiente en un fondo urbano de la ciudad y, la segunda, en el PM₁₀ del polvo de carretera.</p> <p>Para el análisis del PM₁₀ ambiente se tomaron muestras diarias durante un año continuo (2015-2016), obteniendo un total de 311 muestras. Se analizaron compuestos inorgánicos, tales como elementos mayoritarios (Al, Fe, Mg, Ca, Na, K y P) y trazas (V, Cd, Pb, Cr, As, Ni, Zn, entre otros), compuestos solubles en agua (SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻ y NH₄⁺) y carbono orgánico (OC) y elemental (EC). Los datos obtenidos revelaron que la fracción carbonosa (~ 51%) y el polvo mineral (23%) fueron los principales componentes químicos del PM₁₀. Los resultados se interpretaron a partir de su variabilidad temporal durante los periodos de lluvia y sequía. Se identificaron seis factores asociados al origen del PM₁₀, incluyendo polvo fugitivo (28%), polvo de carretera (23%), combustión vehicular (23%), PM secundario (21%), actividades metalúrgicas (4%) y emisiones industriales (<1%).</p>



Se realizó un análisis específico de la fracción carbonosa. Los promedios de OC y EC fueron, durante el año de muestreo, $8.92 \pm 4.52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $3.25 \pm 1.59 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente. Los meses que registraron los valores promedio más altos de OC fueron enero, febrero y marzo, periodo en el cual se presentaron altas temperaturas e incendios forestales. La relación OC/EC osciló entre 1.66 (junio) y 4.88 (marzo), con un promedio anual de 3.16 ± 2.01 . El carbono orgánico secundario (SOC) representó el 45% del total de OC y presentó una asociación positiva con la temperatura, sugiriendo que la formación de SOC estuvo relacionada con procesos fotoquímicos.

Para el análisis del PM_{10} del polvo de carretera se tomaron veinte muestras de áreas industriales, residenciales y comerciales. Una porción de las muestras se utilizó para evaluar la distribución del tamaño de las partículas por difracción láser y su morfología por microscopía electrónica de barrido. Posteriormente fueron resuspendidas para obtener la fracción PM_{10} , con la cual se realizó una caracterización de compuestos inorgánicos y un análisis de contribución de fuentes. Los datos obtenidos revelaron que el volumen (%) de PM_{10} fue mayor en muestras de zonas industriales. Los elementos con afinidad crustal fueron las especies más abundantes en todas las muestras, representando el 49-62% de la masa del PM_{10} , seguido por OC (13-29%) y iones solubles en agua (1.4-3.8%). Se analizó la variabilidad espacial de las muestras. Partículas esféricas y semiesféricas de Fe, Cu y Pb, así como angulares y subangulares de Ba, Zn, Cu, Fe, Mn, Sn y Pb, fueron identificadas con tamaño $< 10 \mu\text{m}$. Se realizó un análisis de contribución de fuentes teniendo en cuenta la variabilidad de los perfiles químicos, los factores de enriquecimiento y las relaciones Fe/Al, K/Al, Ca/Al, Ti/Al, Cu/Sb, Zn/Sb, OC/TC y OC/EC. Finalmente, por medio de un análisis de componentes principales se identificaron seis factores que explican el origen del contaminante: erosión de suelos locales y del pavimento (63%), actividades de construcción y demolición (13%), emisiones industriales (6%), desgaste de frenos (5%), emisiones vehiculares del tubo de escape (4%) y otras fuentes (9%).

Los resultados de este trabajo proporcionan datos reveladores acerca de la composición química del PM_{10} ambiente, sus fuentes y variabilidad estacional con carácter anual. Esto podría ayudar al gobierno local a gestionar la calidad del aire, definiendo estrategias preventivas y de control para las principales fuentes de emisión durante los períodos más críticos. Igualmente proveen información para alcanzar una mejor comprensión de una de las principales fuentes de emisión de PM_{10} en Bogotá, como es el polvo de carretera. Estos análisis son de gran interés para mejorar las políticas ambientales de la ciudad, desarrollar futuros estudios en salud humana y optimizar procesos de modelización de calidad del aire.

Resumen en **inglés** que será usado para la base de datos del Ministerio TESEO (máx. 4000 caracteres)

Air pollution, primarily due to the presence of inhalable particulate matter (PM_{10}), is currently one of the most relevant environmental and health issues worldwide. This pollutant has been associated with adverse effects on ecosystems, climate change, urban infrastructure and, particularly, human health.

Bogota, capital of Colombia, is a megacity located in the Andes mountains. Its urban dynamics and weather conditions have contributed to PM_{10} being one of the air pollutants of greatest concern in this city.

With the aim of carrying out a chemical characterization and a source apportionment study of the PM_{10} fraction in urban contexts in Bogota, two sampling campaigns were performed. The first focused on the outdoor PM_{10} at an urban background site, and the second targeted the PM_{10} of road dust.



For the analysis of outdoor PM₁₀, daily samples were collected during a continuous year (2015-2016), obtaining a total of 311 samples. Inorganic compounds were analyzed, such as organic (OC) and elemental carbon (EC), water soluble compounds (SO₄²⁻, Cl⁻, NO₃⁻ and NH₄⁺), major elements (Al, Fe, Mg, Ca, Na, K and P) and traces (V, Cd, Pb, Cr, As, Ni, Zn, among others). The data obtained revealed that the carbonaceous fraction (~ 51%) and mineral dust (23%) were the main PM₁₀ components. The results were interpreted in terms of their variability during rainy and dry seasons. Six factors (associated with origins of PM₁₀) were identified through a source apportionment analysis, including fugitive dust (28%), road dust (23%), vehicular combustion (23%), secondary PM (21%), metal processing (4%) and industrial emissions (< 1%).

A specific analysis of the carbonaceous fraction was carried out. The averages of OC and EC were, during the year of sampling, 8.92±4.52 µg/m³ and 3.25±1.59 µg/m³, respectively. January, February and March were the months with the highest OC average. This three-month period registered high temperatures and forest fires. The OC/EC ratio ranged from 1.66 (June) to 4.88 (March), with an annual average of 3.16±2.01. The secondary organic carbon (SOC) accounted for 45% of the total OC and registered a positive correlation with temperature, suggesting that SOC formation was related to photochemical processes.

For the analysis of PM₁₀ in road dust, a total of twenty samples were collected from representative industrial, residential and commercial areas. A portion of the samples was used to evaluate the particle size distribution by laser diffraction and its morphology by scanning electron microscopy. The samples were then resuspended to obtain the PM₁₀ fraction, which was subject to an inorganic chemical characterization and a source apportionment analysis. The data obtained revealed that the volume (%) of PM₁₀ was higher in samples from industrial zones. Elements with crustal affinity were the most abundant species, accounting for 49-62% of the PM₁₀ mass, followed by OC (13-29%) and water-soluble ions (1.4-3.8%). The spatial variability of the samples was analyzed. Spherical and semispherical particles of Fe, Cu and Pb, as well as angular and subangular particles of Ba, Zn, Cu, Fe, Mn, Sn and Pb, were identified with size <10 µm. The source apportionment was analyzed considering the variability of chemical profiles, enrichment factors and ratios of Fe/Al, K/Al, Ca/Al, Ti/Al, Cu/Sb, Zn/Sb, OC/TC and OC/EC. Finally, by means of a principal component analysis, six factors were identified: local soils and pavement erosion (63%), construction and demolition activities (13%), industrial emissions (6%), brake wear (5%), vehicle exhaust emissions (4%) and other sources (9%).

The results of this study provide novel data about the chemical composition of outdoor PM₁₀, its sources and seasonal variability during a year. This could help the local government to manage air quality, by defining preventive and regulatory strategies for the main emission sources during the most critical periods. The findings also provide information to achieve a better understanding of road dust, which is one of the leading sources of PM₁₀ emissions in Bogota. These analyzes provide elements to improve the city's environmental policies, conduct future studies on human health and optimize air quality modeling processes.

Palabras claves en **castellano** que deben coincidir con las enviadas a la base de datos TESEO (máx. 5 descriptores o palabras claves, separadas por coma)

PM₁₀, PMF, polvo de carretera, calidad del aire, megaciudad

Palabras claves en **inglés** que deben coincidir con las enviadas a la base de datos TESEO (máx. 5 descriptores o palabras claves, separadas por coma)

PM₁₀, PMF, road dust, air quality, megacity



Universidad de Huelva
Escuela de Doctorado

¿TESIS POR COMPENDIO DE PUBLICACIONES?

SI

NO

(tachar lo que no proceda)

Algunas publicaciones, por respeto a los posibles conflictos de propiedad intelectual relativos a su difusión, serán sustituidas por referencia, resumen y DOI o enlace al artículo.

En Huelva, 18 de octubre de 2018

Firma del interesado

Fdo. _____

Omar Ramírez Hernández