

CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS EN LA SEDE CENTRAL DE LA USTA, BOGOTÁ

Autores

Luis Camilo Blanco Becerra. Investigador principal

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1974-0255>

Cvlab:

https://scienti.minciencias.gov.co/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000548553

Google scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=jFPO4t0AAAAJ>

Juan Manuel Lozano Ospina. Auxiliar de Investigación

Mariana Rozo Molan. Auxiliar de Investigación

Valentina Villamil Romero. Auxiliar de Investigación

Iván Andrés López Blanco. Auxiliar de Investigación.

Juan Camilo Moreno López. Auxiliar de Investigación

Valentina Rico Bermúdez. Auxiliar de Investigación

Johan Alexander Álvarez Berrio. Co-investigador

Resumen.

La contaminación del aire en Bogotá es una de las grandes problemáticas que afecta la salud de la población. El contaminante de mayor importancia es el material particulado según la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB); junto a este contaminante se pueden encontrar adheridos elementos como los metales pesados, muchos de los cuales exhiben un efecto toxico a largo plazo. Teniendo en cuenta la presencia de estos elementos en el aire de Bogotá y que no se encuentran estudios dentro del área circundante a la Universidad Santo Tomás, la presente investigación pretender determinar la contaminación del aire por la posible presencia de 12 metales pesados asociados a material particulado menor a 10 micras (PM₁₀) en la Universidad Santo Tomás. Para el

monitoreo se empleará un equipo Hi-Vol que utilizará filtros de cuarzo; el monitoreo se realizará de lunes a domingo en el mes de febrero de 2023, por un periodo de 24 horas cada día. El análisis de metales utilizará el método de ICP-OES (Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma Acoplado Inductivamente). Los resultados serán comparados con la normatividad nacional e internacional de calidad del aire. Los hallazgos del presente trabajo buscan aumentar el conocimiento acerca de otros contaminantes del aire que nos son vigilados por la RMCAB y que en periodos de exposición crónica son causantes de diferentes patologías, siendo esto un insumo importante para la generación de políticas o actividades de control y prevención por parte de las Secretarías Distritales de Salud y Ambiente de Bogotá.

Palabras clave

Metales pesados, material particulado, calidad del aire, toxicidad

Abstract

Air pollution in Bogotá is one of the major problems that affect health of the population. The most important pollutant is particulate matter according to the Bogota Air Quality Monitoring Network (BAQMN); along with this contaminant, elements such as heavy metals can be found attached, many of which exhibit a long-term toxic effect. Taking into account the presence of these elements in the air of Bogotá and that there are no studies within the area surrounding Santo Tomás University, the present research aims to determine air pollution due to the possible presence of 12 heavy metals associated with particulate matter less than 10 microns (PM_{10}) at the Santo Tomás University. For monitoring, a Hi-Vol equipment will be used that will use Quartz filters; monitoring will be carried out from Monday to Sunday in the month of February 2023, for a period of 24 hours each day. Metal analysis will be carried out using the ICP-OES (Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry) method. Results of the study will be compared with national and international air quality regulations. The findings of this work increases knowledge about other air pollutants that in periods of chronic exposure are the cause of

different pathologies and they are not monitored by the BAQMN. This information will be an important input for the generation of policies or activities of control and prevention by the District Health and Environment Secretariats of Bogotá.

Keywords

Heavy metals, particulate matter, air quality, toxicity

Problema de investigación

La contaminación del aire puede estar compuesta por metales pesados asociados al material particulado (Antoniadou, 2020). En 2016 la Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó que la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 4,2 millones de defunciones prematuras, donde un 91% de estas se producen en países de bajos y medianos ingresos (OMS, 2021). Uno de los contaminantes criterio del aire es el material particulado, el cual es uno de los más estudiados por sus efectos en las enfermedades cardiopulmonares (OMS, 2021). Algunos de los metales pesados son esenciales para el cuerpo humano, sin embargo, no todos son benéficos. Los metales pesados pueden ser clasificados en cuatro grupos: el primero son los metales tóxicos con efectos graves, dentro de los cuales se encuentra el arsénico (As), berilio (Be), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), Mercurio (Hg) y Níquel (Ni); el segundo grupo está conformado por los metales esenciales con capacidad toxica dentro de los cuales se encuentran el cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), magnesio (Mg), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se) y zinc (Zn); el aluminio (Al), bismuto (Bi), galio (Ga), oro (Au), litio (Li) y platino (Pt) conforman el tercer grupo conocido como los metales empleados en tratamientos médicos; finalmente se encuentra el grupo de los metales tóxicos menores conformado por antimonio (An), bario (Ba), estaño (Sn), germanio (Ge), indio (In), plata (Ag), telurio (Te), talio (Ta), Titanio (Ti), Uranio (U) y Vanadio (Vn) (Klaassen, 2008). Gran parte de estos metales pueden encontrarse en el agua, el suelo y el aire, siendo estos los medios de exposición más importantes para los seres humanos. Dentro de los efectos que se presentan en los humanos se han identificado daños en el sistema

nervioso central, el tubo digestivo, los pulmones, riñones, el hígado, el corazón, la sangre y la piel (Klaassen, 2008). Los efectos en salud de este tipo de elementos son crónicos, razón por la cual la determinación de su presencia en el ambiente, permite tomar medidas preventivas direccionadas por las entidades de salud. Estudios realizados en Pakistán estimaron la concentración de metales tóxicos, partículas contaminantes y los riesgos asociados para la salud pública en diferentes entornos tales como áreas comerciales, áreas urbanas, áreas residenciales y áreas industriales; se encontraron valores medios de PM_{10} , $PM_{2.5}$ y Mn en todos los entornos de uso de la tierra 5.14, 1.34 y 1.9 veces más altos que las pautas de la OMS; el manganeso se encontró como el metal más peligroso y el valor de riesgo de cáncer para la ingestión de Pb ($1,21 \times 10^{-6}$) en niños fue inferior al límite permisible (1×10^{-4} a 1×10^{-6}) (Mehmood, 2021). Otra investigación concluyó que los suelos, el agua y el aire que rodean la zona industrial, minera y vial de Pakistán están seriamente contaminadas por metales pesados emitidos por vehículos, industrias y actividades mineras, pronosticando un mayor riesgo a través del aire y el agua (Shakir, 2017). Teniendo en cuenta que el material particulado afecta la salud de la comunidad y puede ser potencializado por la presencia de metales pesados unidos a su superficie, es de gran importancia conocer cuáles metales se encuentran junto al material particulado, para así conocer los posibles riesgos en salud derivados por su presencia en el aire que respiran las personas diariamente.

Justificación

La contaminación del aire no es una problemática ajena a Colombia. El informe de calidad del aire de Colombia 2021 señala que el contaminante de mayor medición en Colombia es el material particulado en su fracción de 10 micrómetros (PM_{10}), indicando que los sistemas de vigilancia de calidad del aire registran valores que en ocasiones exceden la normatividad nacional establecida en la resolución 2254 de 2017 (IDEAM, 2021). En Bogotá, las concentraciones de PM_{10} en las diferentes estaciones de calidad del aire de la ciudad, presentan el mismo comportamiento nacional (RMCAB, 2021). En cuanto a la presencia de metales tóxicos en el aire capitalino, se han identificado estudios puntuales en diferentes

localidades de Bogotá. En la Universidad Libre, ubicada al lado del jardín Botánico de Bogotá, se llevó a cabo la medición de 12 metales pesados en filtros de PM_{10} diariamente entre el 2015 y 2016, encontrando altas concentraciones de Cu (52 ng/m^3), Zn (44 ng/m^3), Pb (25 ng/m^3) y Ba (20 ng/m^3), además de establecer un mínimo riesgo aceptable por la exposición a Cr (VI) (Ramirez, 2020). Posteriormente la Universidad EAN identificó en sus instalaciones las concentraciones de 18 metales pesados en filtros de $PM_{2.5}$ durante un periodo de 8 días, concluyendo que las concentraciones más altas se observaron para Ca, Fe, Al y Mg con valores medios en el rango de los 63 ng/m^3 a 286 ng/m^3 , estableciendo así que las emisiones se derivan del parque automotor y el polvo resuspendido de las calles (Hernández, 2021). Algunos trabajos de grado de la Universidad Santo Tomás han abordado esta temática en otras localidades de Bogotá o municipios de Boyacá. En la localidad de los Mártires se identificaron las concentraciones de Cr, Pb y Cd en filtros de PM_{10} (Delgado Rodríguez, 2015; Mejía Palacio, 2014; Remolina Duque, 2019), al igual que la presencia de Cr en la localidad de Ciudad Bolívar (Remolina Duque, 2019); en el municipio de Nobsa, Boyacá, se determinó la presencia de Pb y Cd en filtros de PM_{10} (Cardenas 2017; Deaza 2017). Todas las investigaciones evidenciaron la presencia de estos metales pesados, donde en ocasiones se superan los valores norma establecidos por la OMS y además se identifica un posible riesgo a largo plazo por la exposición a estos elementos. Dado que la Universidad Santo Tomás en su sede central no dispone de un estudio de estas características, sumado al alto volumen de población flotante que asiste a la universidad se plantea el siguiente objetivo en la presente investigación.

Objetivo general

Establecer las concentraciones de 12 metales pesados presentes en el material particulado menor a 10 micras en la sede central de la Universidad Santo Tomás

Objetivos específicos

- Cuantificar las concentraciones de PM_{10} en la sede central de la Universidad Santo Tomás
- Estimar el riesgo en salud por la exposición a 12 metales pesados en la población que asiste a la sede central de la Universidad Santo Tomás.

Metodología

Selección del punto de muestreo. Para llevar a cabo el monitoreo de metales pesados en la Universidad Santo Tomás sede central, se ubicará el punto de muestreo enfrente de la oficina de Ingeniería Ambiental localizadas entre la calle 51 y 52 con carrera 13. En este lugar se encuentra una zona despejada donde se ubicará el equipo de monitoreo de calidad del aire.

Horario y días de muestreo. Dado que se desea identificar la presencia de metales pesados derivados de las fuentes móviles que circulan por la carrera 13 en sentido norte-sur, se realizará un monitoreo de lunes a domingo, evaluando así la variabilidad que presentan en los diferentes días de la semana. El monitoreo se llevará a cabo diariamente por un periodo de 24 horas.

Equipo a utilizar. Se empleará el equipo Hi-Vol para monitoreo de PM_{10} , a cargo de la facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás. Los filtros de cuarzo, necesarios para el análisis de metales se obtendrán de los consumibles del equipo propiedad de la facultad de Ingeniería Ambiental. Para el monitoreo se seguirá la metodología establecida por el MAVDT (2010).

Determinación de las concentraciones de metales pesados. Los filtros de PM_{10} resultado de las mediciones de material particulado serán llevados a un laboratorio que mediante la técnica ICP-OES (Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma Acoplado Inductivamente) permitirá identificar la concentración de los metales en cada uno de los filtros de monitoreo.

Estimación del Riesgo en salud. Para la medición del riesgo en salud se utilizará la metodología utilizada en Bogotá por Ramírez (2020).

Fases de proyecto

Fase I. Identificación de los metales pesados a analizar. Mediante la revisión de los estudios realizados en Bogotá por la Universidad Libre, la EAN y las tesis de la facultad de Ingeniería Ambiental, se llegará a una aproximación de los metales que serán analizados. Al mismo tiempo se hará una revisión de otras investigaciones estudios donde se hallan analizado metales pesados por medio de monitoreo de calidad del aire. Luego de la pesquisa se seleccionarán 4 metales tóxicos con efectos graves, 4 metales esenciales con capacidad toxica, 2 metales empleados en tratamientos médicos y 2 metales tóxicos menores, todo esto con el fin de tener una mayor representatividad de los metales pesados que pueden encontrarse en el aire de la Universidad Santo Tomás.

Fase II. Acondicionamiento y muestreo. Se realizará el acondicionamiento de los filtros de cuarzo que se utilizarán junto con el equipo Hi-Vol, para posteriormente monitorear la calidad del aire durante una semana de lunes a domingo; para ello será necesario la ubicación del equipo dentro de la zona designada en la universidad, donde los auxiliares de investigación se turnaran para la calibración y cambio diario del filtro. El muestreo se realizará en el mes de febrero, época más seca del año y donde normalmente se registran contingencias ambientales por la mala calidad del aire en toda la ciudad.

Fase III. Determinación de concentración de PM_{10} y metales pesados. Los filtros resultado del monitoreo serán acondicionados nuevamente con la finalidad de encontrar el peso final y con ello calcular la concentración de PM_{10} diaria que será comparada con la resolución 2254 de 2017 y el valor diario establecido por la OMS. Luego de esta actividad los filtros serán llevados para el análisis de metales mediante la técnica ICP-OES; el laboratorio de análisis será seleccionado luego de cotizar cuál de ellos ofrece un mejor precio para los análisis.

Fase IV. Análisis de resultados. Con los resultados de las concentraciones de los metales seleccionados, se estimará el riesgo en salud para población que asisten a la zona de monitoreo seleccionada dentro de la universidad (Ramírez, 2020). Cabe resalta que en esta fase en ningún momento se llevará a cabo alguna entrevista o se tendrá contacto con las

personas que trabajan o asisten a la zona de monitoreo, dado que se utilizará información secundaria del número de personas, con énfasis en los empleados de las casas que se ubican en toda la carrera 13 entre calle 51 y 52. A partir de la información se generan tres trabajos de grado de estudiante de Ingeniería Ambiental cuyos títulos serán:

- Concentración de metales tóxicos con efectos graves en la sede central de la USTA, Bogotá
- Concentración de metales esenciales con capacidad toxica en la sede central de la USTA, Bogotá
- Concentración de metales empleados en tratamientos médicos y metales tóxicos menores en la sede central de la USTA, Bogotá

Estos trabajos permitirán graduar a tres parejas que harán uso de la información recolectada y a su vez brindaran un insumo a la universidad en cuanto a la calidad del aire que se respira en una de sus áreas, donde se ubica principalmente la zona de atención al público de la facultad de psicología, lugar donde acude población flotante y los trabajadores de la USTA.

Resultados esperados

La presente investigación busca estimar las concentraciones de metales pesados en la sede central de la USTA Bogotá, estableciendo el riesgo en salud de las personas que acuden a la zona de servicios de psicología de la USTA, así como trabajadores y docentes de otras dependencias que se localizan en esta área. La elaboración de este estudio cumple con el campo de acción de ambiente y sociedad dentro del área de salud y calidad de vida. Sumado a lo anterior, esta investigación contribuirá con el esfuerzo que realizan otras entidades académicas en cuanto a identificar otros contaminantes del aire, en este caso los metales pesados, que no son objeto de vigilancia por parte de la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá, quien es la autoridad competente en Bogotá para este tema. En cuanto a los productos se obtendrá un artículo tipo D como producto de generación de

nuevo conocimiento y la participación en 2 eventos científicos como productos de apropiación social del conocimiento.

Consideraciones éticas

El presente trabajo se considera como sin riesgo según lo establecido en la Resolución 8430 de 1993.

Cronograma año 2023

Actividad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Fase I												
Fase II												
Fase III												
Fase IV												

Referencias Bibliográficas

Cardenas, J. C., & Casallas, F. M. (2017). Concentraciones de Plomo presentes en muestras de material particulado y su correlación con los casos de enfermedades respiratorias en el municipio de Nobsa (Boyacá-Colombia). Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental.

Deaza, J. M. (2017). Determinación de la concentración de cadmio contenido en material particulado menor a 10 micras y su asociación con enfermedades respiratorias en el municipio de Nobsa - Boyacá. Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental.

Delgado Rodríguez, L. J., & Ramírez Sánchez, C. C. (2015). Determinación de las concentraciones de cromo presentes en muestras de material particulado (TSP, pm10) y correlación con los casos de enfermedades respiratorias en grupos sensibles de la localidad de los mártires (Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental). Recuperado de <https://hdl.handle.net/11634/342>

Hernández, M. A., Ramírez, O., Benavides, J. A., & Franco, J. F. (2021). Urban cycling and air quality: Characterizing cyclist exposure to particulate-related pollution. *Urban Climate*, 36(100767), 100767. doi:10.1016/j.uclim.2020.100767

IDEAM. (2021). Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2020. Recuperado de <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023946/023946.pdf>

Mejía Palacio, J. E., & Martinez Mejía, S. C. (2014). Determinación de las concentraciones de plomo presentes en el material particulado (tsp, pm10), y correlación con los casos de enfermedades respiratorias en grupos etarios sensibles de la localidad de los mártires (Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental). Recuperado de <https://hdl.handle.net/11634/2752>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT). (2010). Protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. Recuperado de <file:///C:/Users/tao/Downloads/Protocolo%20calidad%20del%20aire.%20Manual%20de%20Operaci%C3%B3n.pdf>

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Calidad del aire ambiente (exterior) y salud. Recuperado el 28 de agosto de 2022, de Who.int website: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)

Ramírez, O., Sánchez de la Campa, A. M., Sánchez-Rodas, D., & de la Rosa, J. D. (2020). Hazardous trace elements in thoracic fraction of airborne particulate matter: Assessment of temporal variations, sources, and health risks in a megacity. *The Science of the Total Environment*, 710(136344), 136344. doi:10.1016/j.scitotenv.2019.136344

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB). Informe anual de calidad del aire de Bogotá 2020 [Internet]. 2021. Disponible en: <http://rmcab.ambientebogota.gov.co/Pagesfiles/120721%20Informe%20Anual%20de%20Calidad%20del%20Aire%20A%C3%B1o%202020%20v2.pdf>

Remolina Luque, J. P. (2019). Determinación y correlación de las concentraciones de cadmio y bioaerosoles contenidos en el material particulado respirable en las localidades de los mártires (Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental). Recuperado de <http://hdl.handle.net/11634/18444>

Reyes Delgado, J. H., & Sánchez Gutiérrez, J. C. (2019). Determinación de las concentraciones de cromo contenidos en el material particulado respirable y determinación de las concentraciones de bioaerosoles en las localidades de los Mártires y Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá D.C (Universidad Santo Tomás, Facultad de Ingeniería Ambiental). Recuperado de <http://hdl.handle.net/11634/17888>

Shakir, S. K., Azizullah, A., Murad, W., Daud, M. K., Nabeela, F., Rahman, H., ... Häder, D.-P. (2017). Toxic metal pollution in Pakistan and its possible risks to public health. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 242, 1–60. doi:10.1007/398_2016_9