

 UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA VICERRECTORÍA ACADÉMICA GENERAL	INFORME FINAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FODEIN		
Código: IN-BO-F-012	Versión: 01	Emisión: 13 - 11 - 2018	Página 1 de 8

INFORMACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CÓDIGO DEL PROYECTO	1963002		
TÍTULO DEL PROYECTO	Riesgo en salud por las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras (PM _{2.5}) generado por fuentes móviles en la carrera 13 con calle 51 de Bogotá.		
PROGRAMA/S ACADÉMICOS	Maestría Salud Pública / Ingeniería Ambiental		
GRUPO/S DE INVESTIGACIÓN	INAM – USTA de la Facultad de Ingeniería Ambiental y el grupo de Protección Social y Salud Pública de la Maestría de Salud Pública.		
ÁREA DEL CONOCIMIENTO	Ingeniería Ambiental / Salud Ambiental		
FECHA INICIO PROYECTO	20/02/2019	FECHA FINALIZACIÓN PROYECTO	

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES	Actualmente, la contaminación del aire es una de las temáticas en Salud Ambiental de mayor importancia en Bogotá. Las fuentes móviles son uno de los emisores más importantes de material particulado menor de 10 micras (PM₁₀) en el distrito capital. Al mismo tiempo los peatones que transitan anexo a las vías donde circulan las fuentes móviles, se exponen aguda y crónicamente a concentraciones de contaminantes del aire que pueden generar enfermedades cardiorrespiratorias, neurológicas o cáncer derivado de la exposición. Las investigaciones relacionadas con el contacto con contaminantes atmosféricos en corredores viales en Bogotá han sido limitadas, razón por la cual el presente estudio busca evaluar el riesgo en salud por las concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5}) en un corredor vial de tres carriles en la localidad de Chapinero, un escenario donde confluyen un gran número de personas que trabajan, estudian y se desplazan por la cicloruta anexa, quienes se exponen aguda y crónicamente a este contaminante del aire. La información soportará las acciones de gestión y toma de decisiones en medio ambiente y salud pública en la ciudad de Bogotá. Palabras clave: PM_{2.5}; Peatones; Fuentes móviles; Síntomas respiratorios; Estudio Transversal.
PROBLEMA	Dentro de los determinantes ambientales de la salud, la contaminación del aire es considerada como uno de los factores que mayormente afecta la carga de morbi-mortalidad en la población mundial. La Organización Mundial de la Salud (OMS) estimó para el año 2012 que la contaminación atmosférica en las ciudades y zonas rurales de todo el mundo provoca cada año 3,7 millones de defunciones prematuras; esta mortalidad se debe a la exposición a PM₁₀ o menos, que pueden causar cardiopatías, neumopatías y cáncer. Un 88% de esas defunciones prematuras se producen en países de ingresos bajos y medianos, y las mayores tasas de morbilidad se registran en las regiones del Pacífico Occidental y Asia Sudoriental de la OMS [1]. Las fuentes de contaminación del aire están representadas por sectores como el industrial y de transporte, que mediante los gases producidos en la combustión de motores diésel provocan cáncer en los seres humanos. En el año 2013, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC), clasificó la contaminación del aire como carcinógeno para los humanos (Grupo I). La evaluación de la IARC mostró un mayor riesgo de cáncer de pulmón con el aumento de los niveles de exposición a las partículas y la contaminación atmosférica [2]. La composición de la contaminación del aire y los niveles de exposición cambian de un lugar a otro, sin embargo las conclusiones de la IARC aplican a todas las regiones del mundo [3].

JUSTIFICACIÓN	La Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) de Bogotá ha establecido que tanto la industria como las fuentes móviles tienen una contribución importante a las emisiones de contaminantes del aire, siendo el contaminante más significativo el material particulado, para el cual se ha encontrado que la industria aporta aproximadamente el 60% de las emisiones, y las fuentes móviles el 40% [4]. Es posible afirmar que las fuentes móviles tienen un impacto más significativo, debido a la mayor cercanía de la población a las fuentes de emisión de contaminantes. Considerando únicamente las fuentes móviles, se ha demostrado que los vehículos con motor diésel, buses y camiones, contribuyen con aproximadamente el 90% de las emisiones de material particulado [5]. Según la Secretaría de Movilidad del Distrito, en Bogotá circulan 1.286.949 vehículos particulares y se estima que para el año 2020, la ciudad tendrá 1.400.000 carros nuevos circulando, que aunque utilizan gas natural y gasolina, inciden en la producción de contaminantes del aire [6]. En relación a los efectos en salud relacionados con la calidad del aire, el Banco Mundial, para el año 2009 estimó para Colombia que las pérdidas causadas anualmente por la contaminación local del aire ascendieron a 5.700 millones de pesos. Cerca de 5.000 muertes prematuras y casi 65.000 años de vida ajustados según discapacidad (AVAD) son atribuibles a la contaminación del aire en las ciudades Colombianas. Bogotá y el Área Metropolitana del Valle de Aburra (AMVA), representan más del 75 % de la mortalidad atribuible. Cada año, cerca de 4.700 nuevos casos de bronquitis crónica son atribuibles a la contaminación del aire urbano en Colombia [7]. De igual forma, los costos en salud atribuibles a la contaminación del aire urbano ascendieron a 5.1 billones de dólares (1,93% del PIB del país) en 2015, relacionados con 10.500 muertes y 67.8 millones de registros de síntomas y enfermedades [8]. A la luz de la evidencia expuesta anteriormente, el presente estudio busca cuantificar las concentraciones de $PM_{2.5}$ a las que se encuentra expuesta la población que trabaja y transita en una vía de la localidad de Chapinero, un escenario que no se ha evaluado en la ciudad de Bogotá, en el cual se estimará el riesgo en la salud de la población que permanece allí derivado de las emisiones generadas por el parque automotor que circula por la carrera 13 con calle 51.
OBJETIVO GENERAL	Evaluar el riesgo en salud por la exposición a $PM_{2.5}$ en ambientes intra y extradomiciliarios en la carrera 13 con calle 51, de la localidad de Chapinero de Bogotá
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	• Caracterizar y cuantificar la población en ambientes intra y extramurales, además de los vehículos que circulan en la carrera 13 con calle 51, de la localidad de Chapinero de Bogotá. • Determinar las concentraciones de $PM_{2.5}$ en la carrera 13 con calle 51, de la localidad de Chapinero de Bogotá. • Identificar en la población que trabaja o permanece en ambientes intra y extramurales en la carrera 13 con calle 51 de la localidad de Chapinero de Bogotá, los síntomas relacionados con la exposición a $PM_{2.5}$.
METODOLOGÍA	• Selección del punto de monitoreo: para fines de muestreo se escogió la esquina ubicada entre la Carrera 13 y Calle 51; las razones para la selección de este lugar fueron las siguientes: ○ Como se realizará un monitoreo de $PM_{2.5}$ en espacios intramuros y extramuros, el punto permite evaluar la exposición de la población simultánea en los dos ambientes. Para la medición intramural se llevó a cabo la medición en el Gimnasio de la USTA, donde se obtendrán valores de las concentraciones a las que se encuentran expuestas las personas que trabajan y utilizan las instalaciones del mismo. La medición extramural que se realizó afuera de las instalaciones del gimnasio, frente a la salida de la universidad, donde se establecieron los niveles del contaminante a los que se exponen los vendedores ambulantes que se ubican en la esquina, así como los estudiantes que permanecen en esta zona. ○ Una consideración importante del punto de monitoreo es que brindó seguridad tanto para los investigadores, como para los equipos de monitoreo que se utilizaron, siendo en las instalaciones de la USTA. ○ La esquina representa un sector de un corredor vial que exhibe una configuración arquitectónica homogénea a la de otros tramos que se localizan sobre la carrera 13.

- **Selección de los horarios de monitoreo:** con el fin de evaluar diferentes escenarios de concentración de $PM_{2.5}$ durante el transcurso del día al que se ven expuestas las personas que permanecen en la esquina de la carrera 13 con calle 51, tanto en ambientes intramurales, como extramuros, se seleccionó el horario de 7 a.m a 9 p.m, el cual comprende las horas pico de contaminantes en la ciudad.
- **Selección de los días de monitoreo:** para evaluar el comportamiento de las concentraciones de $PM_{2.5}$ en diferentes días, se realizó la medición de lunes a viernes durante los meses de junio y julio de 2109, excluyendo los días sábados y domingos, en los cuales no se tuvo acceso a las instalaciones del gimnasio y la población expuesta a las emisiones del contaminante no se encontraba laborando. En total se realizó un monitoreo por 20 días.
- **Selección de población expuesta:** la población expuesta fueron las personas que laboran en las instalaciones del gimnasio de la USTA, así como los vendedores ambulantes que trabajan en la esquina de estudio; estas personas permanecen en los espacios intra o extramurales por un periodo de mínimo 6 horas, con un máximo de 8 horas, que se establece como periodo de trabajo. Adicionalmente se evaluó la exposición de personas que realizan actividades deportivas en el gimnasio, con un periodo mínimo de exposición de una hora.
- **Encuesta de síntomas relacionados con la exposición a $PM_{2.5}$:** se aplicó un instrumento que indagó en cuanto a la presencia de síntomas relacionados con la exposición a $PM_{2.5}$. Las encuestas se realizaron una vez por semana durante el periodo de monitoreo del contaminante. Como criterio de inclusión de los entrevistados en ambientes intra y extramurales se tomó el tiempo de permanencia descrito en el apartado de selección de población expuesta. Los encuestados diligenciaron un consentimiento informado, donde aceptaron participar en el estudio.
- **Tipo de estudio epidemiológico:** se llevó a cabo un estudio de diseño transversal, el cual dispuso de información recolectada por medio de la encuesta de síntomas relacionados con la exposición a $PM_{2.5}$.
- **Equipos utilizados para el monitoreo de $PM_{2.5}$:** se utilizaron dos equipos para el monitoreo de partículas. El primero se denomina AirBeam, el cual es un monitor de calidad del aire que emplea un método de dispersión de luz para medir partículas $PM_{2.5}$, en donde el aire se extrae a través de una cámara de detección en la que la luz de un láser dispersa las partículas en la corriente de aire. Esta dispersión de luz es registrada por un detector y convertida posteriormente, en una medida que estima el número de partículas en el aire ($\mu g/m^3$). El segundo equipo fue una bomba de exposición personal que utiliza filtros que permiten establecer la concentración de PM_{10} por medio de un análisis gravimétrico.
- **Equipo para el muestreo de bioaerosoles:** como una actividad adicional, se realizó el muestreo de bioaerosoles durante la última semana de muestreo con el equipo MAS 100, suministrado por la facultad de ingeniería ambiental.

Las fases del proyecto fueron las siguientes:

Fase I. Selección y caracterización

- Caracterización de la flota vehicular, población flotante y trabajadora que permanece intra como extradomiciliariamente en la esquina de la carrera 13 con calle 51.
- Elaboración de encuesta para identificar síntomas relacionados con la exposición a $PM_{2.5}$ en la esquina de la carrera 13 con calle 51, en ambientes intra y extramuros.
- Elaboración de consentimiento informado.

	Fase II. Medición - Medición de las concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀ simultáneamente en ambientes intra y extramuros en la esquina de la carrera 13 con calle 51, en el periodo de 7 a.m a 9 p.m de lunes a viernes, por 20 días. - Aplicación de encuesta a trabajadores formales e informales, así como aquellas personas que permanecen en las instalaciones del gimnasio. - Medición de las concentraciones de bioaerosoles durante cinco días, en horas de la mañana y la tarde en ambientes intra y extramuros. Fase III. Análisis - Estimación de las concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀ a las que se encuentra expuesta la población que trabaja y permanece en la carrera 13 con calle 51, en periodos de una hora, así como aquellos en los cuales las personas desarrollan sus actividades laborales, tanto en ambientes intra como extramuros. - Comparación de las concentraciones obtenidas en los monitoreos con normas o guías de calidad del aire, con el fin de establecer el riesgo en la población que circula y trabaja en el área de estudio. - Análisis de la información obtenida en las encuestas, relacionándola con las concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀. Fase IV. Documento final Elaboración del documento a presentar a partir de la información obtenida en las fases I a III, donde se presentará los resultados de la misma.										
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	A corte del 14 de noviembre se realizaron las siguientes actividades: FASE I. SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN 1. Conformación de grupo de trabajo: para fines de desarrollo del trabajo se seleccionaron estudiantes de la facultad de ingeniería ambiental, quienes hacen parte del semillero de salud ambiental de la Maestría de Salud Pública y la Facultad de Ingeniería Ambiental. - Ana María Mosquera Monguí - Erika Alejandra Noguera López - Jhon Alexander Arévalo Pulgarin - Carlos Ivan Rivera Hinojosa - Andrés Felipe Sepúlveda Villamil - Diana Julieth Salguero Guerrero - Yuritza Alejandra Garavito Gamboa - María José Portela Castaño 2. Trabajos de Grado: se establecieron dos trabajos de grado desarrollados dentro del proyecto aprobado, logrando así cumplir con uno de los productos del proyecto. <table><tr><th>Nombre trabajo de grado</th><th>Estudiantes</th><th>Facultad</th><th>Director</th><th>Codirector</th></tr><tr><td>Evaluación de la exposición personal a concentraciones de material particulado PM_{2.5} (µm) en el gimnasio de la Universidad Santo Tomás, sede central, sobre la carrera 13 con calle 51 de Bogotá.</td><td> - Ana María Mosquera Mongui - Yuritza Alejandra Garavito </td><td>Ingeniería Ambiental</td><td>Luis Camilo Blanco Becerra. Maestría Salud</td><td>Johan Álvarez Berrio. Facultad de Ingeniería Ambiental.</td></tr></table>	Nombre trabajo de grado	Estudiantes	Facultad	Director	Codirector	Evaluación de la exposición personal a concentraciones de material particulado PM _{2.5} (µm) en el gimnasio de la Universidad Santo Tomás, sede central, sobre la carrera 13 con calle 51 de Bogotá.	- Ana María Mosquera Mongui - Yuritza Alejandra Garavito	Ingeniería Ambiental	Luis Camilo Blanco Becerra. Maestría Salud	Johan Álvarez Berrio. Facultad de Ingeniería Ambiental.
Nombre trabajo de grado	Estudiantes	Facultad	Director	Codirector							
Evaluación de la exposición personal a concentraciones de material particulado PM _{2.5} (µm) en el gimnasio de la Universidad Santo Tomás, sede central, sobre la carrera 13 con calle 51 de Bogotá.	- Ana María Mosquera Mongui - Yuritza Alejandra Garavito	Ingeniería Ambiental	Luis Camilo Blanco Becerra. Maestría Salud	Johan Álvarez Berrio. Facultad de Ingeniería Ambiental.							

	Gamboa		Pública.	
Evaluación de la exposición personal a concentraciones de material particulado PM _{2.5} (μm) sobre la carrera 13 con calle 51 de Bogotá.	- Erika Alejandra Noguera López. - Diana Julieth Salguero Guerrero.			

3. Capacitación en el uso de equipos de monitoreo: el ingeniero Johan Álvarez de la Facultad de Ingeniería Ambiental capacitó a los estudiantes del semillero en el uso del Airbeam, bomba de exposición personal, velometro, desecación de filtros y pesaje de los mismos. Las capacitaciones se realizaron los días 22 de mayo y 5 de junio de 2019.



4. Elaboración de encuesta de síntomas y consentimientos informados: con el apoyo del epidemiólogo Pablo Chaparro se elaboró la encuesta a aplicar, así como el consentimiento informado. El estudio se clasifica sin riesgo, según el artículo 11 de la resolución 008430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia.

5. Muestreo de bioaerosoles: teniendo la disponibilidad de materiales para el monitoreo de bioaerosoles, así como el equipo para ello, se realizó el muestreo de microorganismos durante la última semana de monitoreo. La Doctora Carolina Guzmán de la facultad de Ingeniería Ambiental apoyo en las actividades de entrenamiento de los auxiliares en las técnicas de identificación de microorganismos.



FASE II. MEDICIÓN

6. Medición de los contaminantes: durante los meses de junio y julio se llevaron a cabo las mediciones de los contaminantes, bioaerosoles y se diligenciaron las encuestas en las instalaciones del gimnasio y a la salida de la universidad. El monitoreo se realizó durante 20 días consecutivos, excluyendo los sábados, domingos y festivos.

Mediciones material particulado y bioaerosoles gimnasio Universidad Santo Tomas**Mediciones material particulado y bioaerosoles salida Universidad Santo Tomas****FASE III. ANÁLISIS**

7. Calculo de concentraciones de material particulado: se han realizado los cálculos de las concentraciones de PM_{10} y $PM_{2.5}$ en las instalaciones del gimnasio y a la salida de la universidad. Los resultados están siendo analizados por las auxiliares de investigación con el fin de elaborar los respectivos artículos para sustentar sus trabajos de grado.

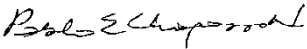
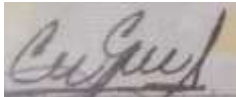
8. Identificación de bioaerosoles: en trabajo articulado con la Universidad Javeriana, se han realizado las respectivas pruebas de identificación de microorganismos, además de la asesoría de las Doctoras Carolina Guzmán y Claudia Parra.



Actualmente las auxiliares de investigación se encuentran en la elaboración de sus respectivos artículos, con el fin de graduarse durante el primer semestre del 2020. Las auxiliares se encuentran en permanente asesoría por parte de los Ingenieros Johan Álvarez y Camilo Blanco. Los artículos serán el insumo para cumplir con los productos de graduación y sometimiento a revista indexada categoría Q4.

INCONVENIENTES PRESENTADOS DURANTE LA EJECUCIÓN	Durante la ejecución del proyecto se presentaron inconvenientes en el laboratorio de microbiología de la universidad Santo Tomas, en relación a la falta de reactivos para la desinfección de superficies, lo cual trajo como consecuencia la contaminación de muestras que no pudieron ser identificadas.
CONCLUSIONES	• Con relación al objetivo específico “Caracterizar y cuantificar la población en ambientes intra y extramurales, además de los vehículos que circulan en la carrera 13 con calle 51, de la localidad de Chapinero de Bogotá”, se establece que se cumplió con este objetivo, lo cual se reflejará en los análisis descriptivos incluidos en los artículos de las auxiliares de investigación. • En cuanto al segundo objetivo específico “Determinar las concentraciones de PM_{2.5} en la carrera 13 con calle 51, de la localidad de Chapinero de Bogotá”, se concluye que se realizó con éxito esta actividad, además que se utilizaron equipos complementarios como la bomba personal y el equipo MAS 100 para la identificación de microorganismo. La información obtenida se utilizará en los análisis respectivos de las auxiliares de investigación. • Para el objetivo específico “Identificar en la población que trabaja o permanece en ambientes intra y extramurales en la carrera 13 con calle 51 de la localidad de Chapinero de Bogotá, los síntomas relacionados con la exposición a PM_{2.5}”, se establece que se cumplió con el objetivo, obteniendo una muestra importante en las instalaciones del gimnasio, pero muy baja en relación a los vendedores ambulantes. • Se logró conformar un equipo de trabajo interdisciplinario que permitió el desarrollo de cada uno de los objetivos de la investigación, incluyendo el trabajo articulado con la universidad javeriana. • Se consolidó la formación de auxiliares de investigación en competencias que fueron aprendidas durante la carrera.
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	[1] Organización Mundial de la Salud (OMS). Calidad del aire (exterior) y salud. Nota descriptiva N° 313. Agosto 2018. [En línea]. Disponible en: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs313/es/ [2] Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC). Diesel and gasoline engine exhaust and some nitroarenes. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 105. 2012: Lyon, France. [3] Organización Panamericana de la Salud (OPS). La contaminación del aire es una de las principales causas ambientales de muerte por cáncer. Octubre 2013. [En línea]. Disponible en: https://www.paho.org/col/index.php?option=com_content&view=article&id=2054:la-contaminacion-del-aire-es-una-de-las-principales-causas-ambientales-de-muerte-por-cancer&Itemid=562 [4] Inventarios de emisiones desarrollados en 2003 y 2006 por la Universidad de Los Andes. [En línea]. Disponibles en: https://uniandes.edu.co/sites/default/files/asset/document/parte-2-inventario.pdf [5] Rojas Néstor. Aire y problemas ambientales en Bogotá. Foro Nacional Ambiental. Bogotá. 2007. [En línea]. Disponible en: http://oab.ambientebogota.gov.co/apc-aa-files/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/aire_y_problemas_ambientales_de_bogota.pdf [6] El Espectador. Parque automotor de Bogotá ha crecido 10% en una década. [En línea]. Disponible en: http://www.elespectador.com/noticias/bogota/el-ano-2020-habria-1400000-carros-mas-bogota-articulo-425949 [7] World Bank, Environmental Health in Colombia: An Economic Assessment of Health Effects. Sustainable Development Department Latin America and the Caribbean Region Colombia and Mexico Country Management Unit. Colombia. TheWorld Bank. 2012. [8] Departamento Nacional de Planeación (DNP). Los costos en la salud asociados a la degradación ambiental en Colombia ascienden a \$20,7 billones. Mayo 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.dnp.gov.co/Paginas/Los-costos-en-la-salud-asociados-a-la-degradaci%C3%B3n-ambiental-en-Colombia-ascienden-a-\$20,7-billones-.aspx
INFORME EJECUCIÓN PRESUPUESTAL	El proyecto de investigación obtuvo un rubro total de \$ 1'100.000, del cual se ejecutó el valor de \$ 1'008.410, con lo cual se establece que se ejecutó el 92% del dinero suministrado al proyecto.

ANEXOS DE PRODUCTOS COMPROMETIDOS	En relación a los productos comprometidos, se establece lo siguiente: • Artículo en cuartil Q4. Teniendo en cuenta que se desarrollaron dos trabajos, los artículos resultado de los auxiliares serán sometidos a revistas bajo clasificación Q4, para así cumplir con este producto. Los artículos se elaboraran y se someterán durante el año 2020. • Ponencia. Se someterán los trabajos a eventos científicos que se realizaran durante el año 2020. Se buscará a finales de 2019 los lugares y fechas en las cuales se podrá aplicar. • Dirección de trabajo de grado. Se cuenta con la dirección de dos trabajos de grado, donde los estudiantes obtendrán su grado durante el primer semestre de 2020.
--	---

Este informe final se suscribe en la ciudad de Bogotá, el día	13 de noviembre de 2019
	
INVESTIGADOR PRINCIPAL	COINVESTIGADOR
NOMBRE: Luis Camilo Blanco Becerra	NOMBRE: Pablo Enrique Chaparro Narváez
	
COINVESTIGADOR	COINVESTIGADOR
NOMBRE: Johan Alexander Álvarez Berrio	NOMBRE: Carolina Guzmán Luna
	
SUPERVISOR DEL PROYECTO	
NOMBRE: Carlos Iván Rodríguez Melo	