

# FODEIN Blanco-Alvarez

*por* ANGELA MARIA JARAMILLO LONDOÑO

---

**Fecha de entrega:** 08-ago-2019 09:14a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 1158615994

**Nombre del archivo:** 18304\_ANGELA\_MARIA\_JARAMILLO\_LONDONO\_FODEIN\_Blanco-Alvarez\_150751\_1715679697.docx (462.08K)

**Total de palabras:** 6400

**Total de caracteres:** 36915

**DECIMOQUINTA CONVOCATORIA PARA EL FOMENTO DE LA INVESTIGACIÓN Y LA INNOVACIÓN 2020**

| Título del proyecto  |   |
|--|---|
| Estimación de la exposición personal a concentraciones de PM <sub>2.5</sub> , Plomo y Cromo en usuarios del sistema de autobús Transmilenio de Bogotá, Colombia  |   |
| Campo de acción  | Transdisciplinariedad - Aporte al PIM   |
| Salud Pública  | El desarrollo de la investigación se articula con las siguientes acciones dentro de las líneas del PIM: Proyección social e investigación pertinentes ; Personas que transforman sociedad |
| Articulación con funciones sustantivas y el sector social y productivo   |   |
| <p>El proyecto se vincula transversalmente con las líneas de Proyección Social e Investigación Pertinentes y Personas que Transforman Sociedad. En la primera se busca generar conocimiento en el área de Salud Pública (Salud Ambiental) relacionada con exposición a contaminantes del aire. Los resultados obtenidos serán visualizados y tendrán un impacto y reconocimiento a nivel nacional, ya que es una temática innovadora, en la cual se tiene poco conocimiento. Los resultados contribuirán en la solución de problemas relevantes en el país de forma responsable y con impacto social, respondiendo con ello a los retos que plantea el Plan Decenal de Salud 2012 – 2021 en la dimensión de Salud Ambiental. En segundo lugar se propende a la formación de egresados bajo el perfil de auxiliar de investigación, logrando competencias en capacidades científicas y de producción de conocimiento científico con altos estándares de calidad, cumpliendo así con la perspectiva misional educativa de Santo Tomás de Aquino de investigar para conservar, desarrollar, crear y transmitir los saberes, colaborando en la comprensión de la realidad nacional y entendiendo las acciones de impacto que puede desarrollar en la sociedad.</p> |   |
| Grupo de investigación   | Línea de investigación en la que se inscribe el proyecto  |
| Protección Social y Salud Pública - Salud Ambiental  |   |

| Nombre del Investigador principal | Enlace CvLAC  | Enlace ORCID  | Enlace Google Académico   |
|-----------------------------------|---|---|---|
| Luis Camilo Blanco Becerra        | <a href="http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000548553">http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlab/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000548553</a> | <a href="https://orcid.org/000-0003-1974-0255">https://orcid.org/000-0003-1974-0255</a> | <a href="https://scholar.google.com/citations?user=jFPO4t0A-AAAJ&amp;hl=es">https://scholar.google.com/citations?user=jFPO4t0A-AAAJ&amp;hl=es</a> |
| División                          | Facultad  | Programa  | Grupo de investigación  |
| Ciencias económicas y             | Economía  | Maestría Salud Pública  | Protección Social y Salud Pública   |

|                                       |   |   |   |
|---------------------------------------|---|---|---|
| administrativas                       |   |   |   |
| <b>Nombre del Co-investigador</b>     | <b>Enlace CvLAC</b>   | <b>Enlace ORCID</b>   | <b>Enlace Google Académico</b>  |
| Pablo Enrique Charparro Narváez       | <a href="http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000288594">http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000288594</a> | <a href="http://orcid.org/0000-0003-2498-4721">orcid.org/0000-0003-2498-4721</a>        | <a href="https://scholar.google.es/citations?user=XWukcWIAAAAJ&amp;hl=es">https://scholar.google.es/citations?user=XWukcWIAAAAJ&amp;hl=es</a> |
| <b>División</b>                       | <b>Facultad</b>   | <b>Programa</b>   | <b>Grupo de investigación</b>   |
| Ciencias económicas y administrativas | Economía  | Maestría Salud Pública  | Protección Social y Salud Pública   |
| <b>Nombre del Co-investigador</b>     | <b>Enlace CvLAC</b>   | <b>Enlace ORCID</b>   | <b>Enlace Google Académico</b>  |
| Johan Alexander Álvarez Berrio        | <a href="http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001559247">http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001559247</a> | <a href="https://orcid.org/000-0001-7805-7128">https://orcid.org/000-0001-7805-7128</a> | <a href="https://scholar.google.es/citations?user=pbio7wUAAAJ&amp;hl=es">https://scholar.google.es/citations?user=pbio7wUAAAJ&amp;hl=es</a>   |
| <b>División</b>                       | <b>Facultad</b>   | <b>Programa</b>   | <b>Grupo de investigación</b>   |
| Ingenierías                           | Ingeniería ambiental  | Ingeniería ambiental  | INAM-USTA (Ingeniería Ambiental - Universidad Santo Tomás)  |
| <b>Nombre del Co-investigador</b>     | <b>Enlace CvLAC</b>   | <b>Enlace ORCID</b>   | <b>Enlace Google Académico</b>  |
| Camilo Andrés Vargas                  | <a href="http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001639098">http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001639098</a> | <a href="http://orcid.org/000-0002-1926-7026">http://orcid.org/000-0002-1926-7026</a>   |   |



|                 |                 |                                  |  |
|-----------------|-----------------|----------------------------------|--|
| Terranova       |                 |                                  |  |
| <b>División</b> | <b>Facultad</b> | <b>Programa</b>                  | <b>Grupo de investigación</b>  |
|                 | Ingeniería      | Ingeniería Ambiental y Sanitaria | Investigaciones en toxicología ambiental y cuencas hidrográficas (ITACH). Universidad de la Salle. |

| Resumen de la propuesta  | Palabras clave   |
|--|--|
| <p>Actualmente la exposición personal a contaminantes del aire ha tomado una gran relevancia en el mundo. Los sistemas de transporte público son unas de las fuentes de emisión más relevantes, donde los usuarios de este medio de transporte y aquellas que se ubican cerca a los corredores viales se exponen a sustancias como material particulado y metales pesados que pueden afectar su salud de manera aguda o crónica. Dentro de los buses existe una proporción de emisiones del tubo de escape que se introducen al interior del mismo, exponiendo a los usuarios a altos niveles de contaminación en espacios cerrados durante cortos periodos de tiempo. Teniendo en cuenta este escenario la presente investigación pretende establecer las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, plomo y cromo a las que se encuentran expuestos los pasajeros que utilizan el sistema de autobús de tránsito rápido (BTR) Transmilenio en Bogotá, además de evaluar un efecto agudo mediante el uso de la frecuencia cardiaca registrada en un usuario del sistema. Para cumplir con el objetivo planteado se seleccionaron dos troncales del sistema Transmilenio, con el fin de calcular las concentraciones de los contaminantes en un articulado que se detiene en todas las estaciones de dos trayectos (Portal Norte Calle 170 hasta estación Héroes y Estación Héroes hasta Avenida Jiménez) en el horario de 8 a 10 am, durante un total de 27 días por trayecto de ida y regreso, para un total de 54 días entre las dos troncales. Para la cuantificación de las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> se utilizará un equipo de medición en tiempo real de PM<sub>2.5</sub>, mientras que para establecer las concentraciones de metales pesados como plomo y cromo se dispondrá de una bomba personal cuyos filtros recolectan este tipo de elementos, para su posterior análisis. Paralelamente, como un marcador biológico de exposición no invasivo se medirá la frecuencia cardiaca, correlacionándola con los valores obtenidos con el equipo de medición de PM<sub>2.5</sub> en tiempo real. Los equipos serán transportados por un investigador que realizará el recorrido durante los trayectos de ida y regreso en cada troncal. Al</p> | <p>PM<sub>2.5</sub>, Exposición personal, Frecuencia cardiaca, Plomo, Cromo, Dosis suministrada.</p> |



finalizar el estudio se obtendrá un mapa de concentración que muestre las concentraciones de  $PM_{2.5}$  dentro del articulado, además de estimar el riesgo toxicológico derivado de la exposición a  $PM_{2.5}$ , plomo y cromo en usuarios del sistema Transmilenio. Los resultados serán difundidos a la secretaria de salud y ambiente de Bogotá, con la finalidad que sean un insumo importante para la elaboración de políticas públicas tendientes a mejorar la calidad de vida de los usuarios que hacen uso diariamente de este sistema de transporte.

### Problema de investigación

A partir del año 1991 las grandes ciudades de Colombia han presentado una expansión urbana superior al 3% [1]. Este crecimiento urbanístico ha creado la necesidad de sistemas de transporte público que suplan la demanda de usuarios que se movilizan a diario, siendo este una de las fuentes más relevantes en la emisión de contaminantes del aire. Para finales del año 2000, en Bogotá se implementó el modelo de transporte TransMilenio, el cual moviliza miles de usuarios cada día. Los buses del sistema utilizan como combustible el Diésel, el cual genera concentraciones de material particulado menor a 2.5 micras ( $PM_{2.5}$ ), contaminante del aire que ha sido ampliamente estudiado por sus efectos en enfermedades cardiopulmonares y la reducción de la expectativa de vida [2,3], razón por la cual la Organización Mundial de la Salud (OMS) lo ha incluido dentro de sus guías de calidad del aire [2]. Por otra parte los gases que emiten los tubos de escape de los vehículos diésel son carcinógenos para el ser humano, según lo señaló la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) en el año 2014 [4]. La exposición a contaminantes del aire dentro de vehículos de transporte urbano ha tomado relevancia en los últimos años, concluyendo que el lugar donde una persona se expone más a contaminantes del aire es como pasajero de buses urbanos que utilizan como combustible el Diésel [5]. En Bogotá, los ciudadanos pierden 272 horas al año en la congestión vehicular [6], donde específicamente para el sistema Transmilenio una persona utiliza el sistema normalmente entre 30 a 180 minutos, con un promedio de 97 minutos [7]. Teniendo en cuenta el panorama actual, es importante establecer las concentraciones de  $PM_{2.5}$  y metales pesados como plomo y cromo en autobuses del sistema Transmilenio, ya que este es utilizado por una gran cantidad de usuarios, donde los buses emplean combustible Diésel, lo cual se traduce en una mayor probabilidad de ocurrencia de alguna patología aguda o crónica en los pasajeros que se exponen interna y diariamente a las emisiones de los tubos de escape de estos vehículos, siendo una problemática de salud pública.

### Justificación

El sistema de autobús Transmilenio moviliza al día un promedio de 1.430.000 pasajeros [8], los cuales durante los trayectos pueden estar expuestos a contaminantes del aire como material particulado, metales pesados y gases. Dentro de los buses se presenta un fenómeno llamado auto-contaminación, donde un porcentaje de emisiones del tubo de escape de los autobuses se alojan dentro del mismo [9,10]. Una investigación realizada en Londres evidenció que los usuarios que viajan en automóviles o buses están 1,5 veces más expuestos a partículas ultrafinas y monóxido de carbono que aquellos transeúntes que caminan a lo largo de la vía [11]. Por otra parte en la ciudad de Harbin, China, se estableció que el plomo obtuvo el índice de riesgo más alto en la fracción resuspendida de polvo sedimentable dentro de buses [12]. Otros estudios han relacionado la exposición a  $PM_{2.5}$  y metales pesados con la variabilidad del ritmo cardíaco, utilizando este último como un marcador biológico de exposición no invasiva [13,14]. Específicamente para Bogotá en el año 2008, un estudio encontró que los usuarios de TransMilenio están expuestos a altos niveles de inmisión a  $PM_{2.5}$ , con valores promedio de  $54 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en los buses de la troncal Avenida el Dorado, de  $214 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la troncal calle 80 y  $226 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la Avenida Caracas [15], concentraciones que superan los valores guía de calidad de aire establecidos por la OMS de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio diario y de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  como promedio anual [2]. Por lo tanto, teniendo en cuenta el número de usuarios que utilizan el sistema, los cuales se ven expuestos a niveles de inmisión de  $PM_{2.5}$  y metales pesados derivados de las emisiones de los tubos de escape de los buses, es relevante establecer las concentraciones de los contaminantes dentro del bus, midiendo un marcador biológico de exposición no invasivo representado por la frecuencia cardíaca durante el trayecto que realizan los usuarios. Mediante el estudio planteado se



pretende establecer una correlación entre las concentraciones de  $PM_{2.5}$  y la variabilidad de la frecuencia cardiaca como un efecto agudo, además de estimar un riesgo toxicológico de exposición al plomo y cromo como un efecto crónico. Lo anterior toma mayor relevancia teniendo en cuenta que la Ley 1972 de 2019 que establece el uso de Diésel en los vehículos, con mejores tecnologías y menores concentraciones de azufre en el Diésel, lo cual finalmente no eliminan la exposición a los contaminantes del aire que se emiten por los tubos de escape y circulan internamente dentro de los vehículos.

### Pregunta de investigación:

Cuáles son las concentraciones de  $PM_{2.5}$ , plomo y cromo a las que se encuentran expuestos los pasajeros que utilizan el sistema de autobús Transmilenio de Bogotá, Colombia?

### Objetivo general

Estimar la exposición personal a concentraciones de  $PM_{2.5}$ , plomo y cromo en usuarios del sistema de autobús Transmilenio de Bogotá, Colombia.

### Objetivos específicos

- Establecer las concentraciones de  $PM_{2.5}$ , plomo y cromo dentro del sistema de autobús Transmilenio de Bogotá, Colombia.
- Medir la frecuencia cardiaca en un usuario del sistema de autobús Transmilenio de Bogotá, Colombia.
- Correlacionar las concentraciones de  $PM_{2.5}$  y la frecuencia cardiaca en un usuario del sistema de autobús Transmilenio de Bogotá, Colombia.
- Calcular el riesgo toxicológico derivado de la exposición a  $PM_{2.5}$ , plomo y cromo en usuarios del sistema de autobús Transmilenio de Bogotá, Colombia.

### Estado del arte y marco conceptual

La exposición a contaminante del aire dentro de vehículos de transporte público ha tomado trascendencia en los últimos años, debido a que los usuarios que se exponen a estas sustancias pueden presentar afectaciones en su salud en el corto y largo plazo. En Londres se encontró que la exposición a  $PM_{2.5}$  dentro de buses durante verano e invierno fue de 39 y 38,9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  respectivamente, concluyendo que la media de exposición personal en los modos de transporte por carretera son el doble de los niveles de  $PM_{2.5}$  registrados en sitios fijos de monitoreo atmosférico [16]. En Hong Kong la concentración más alta de  $PM_{10}$  medida dentro del grupo de vehículos de transporte por carretera sin aire acondicionado fue de 147  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , siendo superado únicamente por el observado en el sistema de tranvía (175  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [17]. En Northampton, Reino Unido se encontró que los niveles de  $PM_{10}$  fueron 16% más altas dentro de automóviles que para peatones [18]. Por otra parte un estudio realizado en India encontró concentraciones promedio de exposición personal a  $PM_{2.5}$  de 85,41  $\pm$  61,85  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  dentro de automóviles, seguidos por los buses (75,08  $\pm$  55,39  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y las más bajas en automóviles con aire acondicionado (54,43  $\pm$  34,09  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [19]. Finalmente en Beijín, China, un estudio que controló por factores de confusión encontró que los pasajeros que utilizan taxi están expuestos a concentraciones bajas de  $PM_{2.5}$  (31,64  $\pm$  20,77  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) comparado con las personas que utilizan autobús (42,40  $\pm$  23,36  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y los ciclistas (49,10  $\pm$  26,60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) [19].

En cuanto a las concentraciones de metales pesados dentro de los vehículos de transporte público, un estudio desarrollado en la ciudad de Harbin, China evidenció que el plomo y cromo presentan un riesgo toxicológico no carcinogénico y carcinogénico para el público [12]. En Tianjin, China, se calcularon medias aritméticas de la exposición personal a  $PM_{2.5}$ , obteniendo valores de 323,66, 313,37, 214,84 y 160,71  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  para medios de transporte como ciclismo, caminata, autobús y taxi,



justificando los resultados en función de la fuente de emisión de  $PM_{2.5}$  (escape del vehículo y polvo de la carretera). Dentro de los metales analizados el Na tuvo la mayor concentración, justificando su presencia en función de la sal marina como principal fuente de emisión [20]. En Harbin, China se recolectaron fracciones resuspendidas de polvo en autobuses alimentados con gasolina y gas natural comprimido (GNC), analizando metales traza y sus concentraciones; los resultados mostraron que el Zn tenía la mayor fracción bioaccesible con un promedio de 608,53 mg/kg, seguido de 129,80 mg/kg de Pb, 56,77 mg/kg de Cu, 34,03 mg/kg de Cr, 22,05 mg/kg de Ni, 13,17 mg/kg de As y 2,77 mg/kg de Cd [21].

Para la exposición personal a  $PM_{2.5}$  y sus efectos en salud se han desarrollado estudios que han relacionado enfermedades y marcadores biológicos de exposición. En ciudad de México, en personas con enfermedad isquémica del corazón, se encontró una disminución en la variabilidad del ritmo cardiaco (HRV) por cada  $10 \mu g/m^3$  de aumento en la exposición personal a  $PM_{2.5}$  [22]. Por otra parte un estudio llevado a cabo en policías de tránsito evaluó la asociación entre la exposición a  $PM_{2.5}$  y daño en el ADN. La exposición a  $PM_{2.5}$  se asoció con un incremento del 1,1% en 1-OHP (metabolito urinario 1-hidroxipireno) y un aumento del 0,8% en aductos de BPDE-ADN (benzo[a]pireno 7,8-diol-9,10-epoxido)-ADN después de ajustar por índice de masa corporal, período educativo e ingesta de alcohol. El grupo expuesto tuvo 2,04 veces mayor 1-OHP y 1,25 veces mayores aductos de BPDE-ADN en comparación con el grupo de control. [23]. En Beijing, cuarenta jóvenes adultos sanos fueron expuestos a 2 horas de exposición en un centro de transporte y en un parque anexo, encontrando que los participantes tuvieron exposiciones mayores a  $PM_{2.5}$  en el centro de transporte que en el parque. La exposición en el centro de transporte indujo reducciones significativas en el FEV1 (Volumen espiratorio forzado en el primer segundo) y PEF (Flujo espiratorio máximo) en comparación con los localizados en el parque, durante una exposición de 1 y 2 horas; se estableció que un incremento de  $10 \mu g/m^3$  en el  $PM_{2.5}$  fue asociado con -0.15% (IC del 95%-0.28, -0.02%) en la reducción del FEV1 durante la exposición 2 horas, concluyendo que la exposición a corto plazo en el centro de transporte tuvo efectos agudos en la reducción de la función pulmonar [24].

En relación a marcadores biológicos de exposición relacionados con la variabilidad de la frecuencia cardiaca (VFC), estudios han encontrado asociaciones entre los cambios diarios en la exposición a la contaminación del aire y las medidas de la VFC, como un marcador propio de la función cardiaca autónoma [25]. Algunos estudios en individuos jóvenes han mostrado aumento en la VFC asociada a la contaminación del aire debida a partículas [26,27]. En general, el patrón sugiere que la exposición a material particulado se relaciona con una reducción en la VFC. En estudios clínicos de exposición controlada, 76 estudiantes jóvenes sanos mostraron una disminución en la VFC asociada con aumento en los niveles de partículas, sulfato, nitrato y ozono [28].

Finalmente en Bogotá se identificaron metales pesados derivados de la emisión de fuentes móviles anexas a la Universidad Libre, encontrando que los metales traza representaron menos del 1% del  $PM_{10}$ , obteniendo altas concentraciones de elementos tóxicos como Pb y Sb en invierno y Cu en verano [29]. Por otra parte, dentro de autobuses del sistema Transmilenio se encontró que la mayor concentración promedio de  $PM_{2.5}$  se observó cuando el vehículo está detenido, mientras cuando la velocidad aumenta, las concentraciones disminuyen. El estudio también estimó la fracción de  $PM_{2.5}$  que proviene de auto-contaminación; se encontró que un 18% del  $PM_{2.5}$  en todo el interior del bus, y un 35% en la parte trasera provienen de auto-contaminación, concluyendo que eliminar las emisiones del autobús disminuye aproximadamente  $15 \mu g/m^3$  de  $PM_{2.5}$  dentro del vehículo [15].

- **Material particulado menor a 2.5 micrómetros ( $PM_{2.5}$ ):** es una mezcla de partículas sólidas y líquidas de sustancias orgánicas e inorgánicas suspendidas en el aire, donde aquellas con un diámetro de 2,5 micrones pueden atravesar la barrera pulmonar y entrar en el torrente sanguíneo. Enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como cáncer de pulmón se han relacionado con la exposición crónica a este contaminante [30].
- **Plomo:** metal tóxico presente de forma natural en la corteza terrestre, siendo la gasolina una de sus principales fuentes. Los niños de corta edad son especialmente

vulnerables a sus efectos tóxicos del plomo, incidiendo en el desarrollo cerebral y del sistema nervioso. En adultos aumenta el riesgo de hipertensión arterial y de lesiones renales. En mujeres embarazadas puede causar aborto natural, muerte fetal, parto prematuro y bajo peso al nacer, además de provocar malformaciones leves en el feto [31]. Según el Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria (2015) la exposición al plomo causó 494550 muertes y la pérdida de 9,3 millones de años de vida ajustados en función de la discapacidad (AVAD) debido a sus efectos a largo plazo en la salud, donde la mayor carga corresponde a los países de ingresos bajos y medianos [32].

- **Cromo:** es un elemento que se encuentra en rocas, animales, plantas y en el suelo, teniendo tres formas principales: cromo (0), cromo (III) y cromo (VI). Dentro de sus fuentes se resalta la presencia en combustibles. La exposición por vía aérea genera irritación del revestimiento del interior de la nariz, secreción nasal, y problemas para respirar. Estos efectos pueden ser diferentes para los diferentes tipos de compuestos de cromo. Las concentraciones que causan problemas respiratorios en trabajadores son por lo menos 60 veces más altas que los niveles que se encuentran normalmente en el ambiente. Los compuestos de cromo (VI) son considerados como carcinogénicos en seres humanos, según la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) [33].
- **Variabilidad de la frecuencia cardiaca:** la frecuencia cardiaca depende de la inervación simpática y parasimpática del sistema nervioso autónomo. La acción del parasimpático es transmitida por el nervio vago, que inerva sitios específicos del corazón. Con aumento de la actividad parasimpática, se disminuye la frecuencia cardiaca; mientras que con aumento de la actividad simpática se incrementa la frecuencia cardiaca. En las vías respiratorias existen receptores relacionados con la actividad simpática y parasimpática, que responden a estímulos como la presencia de contaminantes, lo que afecta la variabilidad de la frecuencia cardiaca [34,35].
- **Estimación del Riesgo Toxicológico:** para la estimación del riesgo toxicológico es necesario establecer la dosis suministrada, la cual se define como la magnitud, frecuencia y duración de la exposición de un individuo; para ello su estimación se utiliza la siguiente ecuación:

$$DS = (C * T * F * D) / (M * P)$$

Dónde:

C = Concentración promedio durante el período de exposición

T = Tasa de contacto, la cantidad de medio contactado por unidad de tiempo

F = Frecuencia de exposición

D = Duración

M = Masa corporal

P = Tiempo de promediación [36].

## Metodología

- **Tipo de estudio:** estudio observacional descriptivo que utilizará mediciones a tiempo real de las concentraciones de exposición personal a PM<sub>2.5</sub> y frecuencia cardiaca en un usuario del sistema Transmilenio. Anexo a las mediciones a tiempo real se contará con una bomba de exposición personal que recolectará muestras de

NIT: 860.012.357-6

SEDE PRINCIPAL BOGOTÁ - PBX: (571) 587 87 97 Línea gratuita nacional: 01 8000 111 180  
Carrera 9.ª n.º 51-11 / contactenos@usantotomas.edu.co  
www.usta.edu.co

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA  
PBX: (571) 595 00 00 ext. 2044 / Carrera 10.ª n.º 72-50 / admisiones@ustadistancia.edu.co  
www.ustadistancia.edu.co





PM<sub>2.5</sub> en filtros de PVC de 5µm de 35 mm, los cuales posteriormente serán analizados mediante método gravimétrico para establecer las concentraciones del contaminante, así como los valores de plomo y cromo presentes en los filtros. Finalmente se obtendrá un registro por minuto de la frecuencia cardiaca del investigador que lleva los equipos de monitoreo de contaminantes del aire.

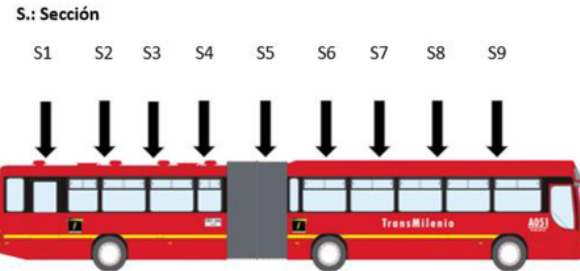
- **Selección de equipos de monitoreo personal:** para la medición del monitoreo dentro de los buses de Transmilenio, se hará uso de los siguientes equipos:
  - ✓ **Medición de PM<sub>2.5</sub> a tiempo real:** equipo Airbeam, el cual registra por segundo las concentraciones del contaminante con medición continua.
  - ✓ **Medición de PM<sub>2.5</sub> mediante método gravimétrico:** bomba de exposición personal que utiliza filtros de PVC de 5µm de 35 mm, acoplada a un ciclón que permite obtener las partículas respirables. Los filtros obtenidos serán analizados por la técnica ICP-OES (Espectrometría de Emisión Atómica de Plasma Acoplado Inductivamente) para la determinación de plomo y cromo.
  - ✓ **Medición de frecuencia cardiaca:** monitor de frecuencia cardiaca (reloj) que registra cada segundo la frecuencia cardiaca en forma continua.
- **Selección de metales a analizar en los filtros de material particulado:** se seleccionaron los metales pesados plomo y cromo para el análisis de las muestras de material particulado PM<sub>2.5</sub> obtenidas del método de muestreo gravimétrico, tomando como referente el estudio realizado en las instalaciones de la Universidad Libre, en el cual se utilizó un equipo que midió durante un año las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> ambientales, caracterizando los metales incluidos en las muestras. Dentro de la identificación se resalta la presencia de plomo y cromo, razón por la cual estos metales fueron seleccionados para el presente trabajo, sumado a su importancia y riesgo toxicológico [29,31,33].
- **Selección de las rutas del sistema Transmilenio:** estudios anteriores han monitoreado rutas que circulan por las troncales Calle 80, Av. Dorado y Caracas [5,15], razón por la cual para el presente trabajo se seleccionaron dos rutas que atraviesan la ciudad en los cuales se evidencia un cambio importante en las condiciones del entorno, pero siguen un orden lineal en el trayecto. Las rutas seleccionadas son:
  - ✓ Portal Norte Calle 170 hasta estación Héroes.
  - ✓ Estación Héroes hasta Avenida Jiménez.

Para el monitoreo de la exposición a los contaminantes se abordará el articulado número 8, el cual se detiene en cada una de las estaciones del trayecto. El horario seleccionado para el monitoreo será de 8 a 10 de la mañana, el cual moviliza un número importante de usuarios y permite la consecución de sitios dentro del articulado para que pueda realizar las mediciones sin inconvenientes.

- **Selección de los puntos internos para el monitoreo dentro del sistema Transmilenio:** teniendo en cuenta que uno de los objetivos de la investigación es poder generar un mapa dentro del articulado que muestre las concentraciones internas de los contaminantes, se seleccionaron 9 puntos que permiten la cuantificación y construcción del mapa de exposición a PM<sub>2.5</sub> (Imagen 1). Los puntos seleccionados se muestran a continuación.



**Imagen 1.** Esquema de un articulado de Transmilenio y los puntos donde se tomará la muestra.



**Fuente:** Transmilenio

Por trayecto el investigador se ubicará en el punto de muestreo durante todo el recorrido en los dos sentidos (norte-sur y sur-norte); se tomarán muestras durante 27 días consecutivos, asegurando de esta forma que la medición en el punto de muestreo dentro del bus se realizará tres veces en el mismo lugar, teniendo mayor disponibilidad de datos para la elaboración de mapas de exposición a  $PM_{2.5}$  y la cuantificación de los niveles de exposición personal a los contaminantes de estudio.

- **Trayectos:** la medición de  $PM_{2.5}$ , plomo, cromo y frecuencia cardiaca se realizará en sentido norte-sur y sur-norte en la trocal autopista norte (Portal Norte Calle 170 hasta estación Héroes) y Caracas (Estación Héroes hasta Avenida Jiménez). Lo anterior con la finalidad de estimar la exposición total durante todo el recorrido.
- **Mediciones a realizar dentro del bus de Transmilenio:** por cada trayecto el investigador dispondrá de los equipos para medición a tiempo real de  $PM_{2.5}$ , bomba de exposición personal y medidor de frecuencia cardiaca. Los equipos serán transportados por un investigador que realizará el recorrido durante los trayectos de ida y regreso en cada troncal.
- **Mediciones complementarias:** teniendo en cuenta que el equipo de medición de  $PM_{2.5}$  a tiempo real y el medidor de frecuencia cardiaca, suministran información continua, el investigador utilizará los equipos durante 20 horas, evaluando su exposición diaria en diferentes escenarios. Se descartan 3 horas por día teniendo en cuenta que los equipos deben ser recargados o en su defecto deben descargar datos, obteniendo una cobertura de datos por día del 88%. Estas mediciones permiten analizar de una manera más objetiva las variaciones de la frecuencia cardiaca con respecto a las concentraciones de  $PM_{2.5}$ . Para efectos de posibles confusores, el investigador llevará un diario de campo donde se registraran actividades y circunstancias que puedan afectar la medición del  $PM_{2.5}$ , así como la frecuencia cardiaca.

## Fases de la Investigación

**Fase I. Planeación.** Adquisición de equipos, verificación de rutas de medición, puntos de muestreo y elaboración de diarios de campo.

En esta primera fase se adquirirán los equipos mencionados anteriormente, con sus respectivos insumos. Por otra parte es necesario revisar las rutas por las troncales Norte y Caracas, además de verificar la distribución de los puntos de monitoreo internos en cuanto a cambios por los nuevos articulados que entraron en funcionamiento

Nit. 860.012.357-6

SEDE PRINCIPAL BOGOTÁ - PBX: (571) 587 87 97 Línea gratuita nacional: 01 8000 111 180  
Carrera 9.ª n.º 51-11 / contactenos@usantotomas.edu.co  
www.usta.edu.co

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN ABIERTA Y A DISTANCIA  
PBX: (571) 595 00 00 ext. 2044 / Carrera 10.ª n.º 72-50 / admisiones@ustadistancia.edu.co  
www.ustadistancia.edu.co





a finales del primer semestre de 2019. Finalmente se elaborará el diario de campo que se utilizará por parte del investigador para registrar la información relevante en cuanto a confusores en la medición de exposición personal y de frecuencia cardiaca.

**Fase II. Medición.** En esta fase se desarrollaran los objetivos específicos de la investigación relacionados con la medición de las concentraciones de PM<sub>2.5</sub>, plomo y cromo, así como la frecuencia cardiaca en un usuario del sistema de autobús Transmilenio de Bogotá. El tiempo estimado para las mediciones será de 27 días por trocal, por lo tanto esta fase tendrá una duración de 2 meses.

**Fase III. Análisis de información.** En esta tercera fase se dará cumplimiento a los objetivos específicos correspondientes a la correlación entre las concentraciones de PM<sub>2.5</sub> y la frecuencia cardiaca en un usuario del sistema de autobús Transmilenio de Bogotá, además de estimar el riesgo toxicológico derivado de la exposición a plomo y cromo. Para el cálculo del riesgo toxicológico es necesario disponer de los análisis de los filtros que deben ser contratados externamente, razón por la cual esta etapa se contempla en un periodo de cuatro meses.

**Fase IV. Elaboración de documento final.** Finalmente a partir de la información obtenida en las fases I a III, se realizará el informe final.

### Resultados esperados

- Generación de conocimiento relacionado con la exposición personal a PM<sub>2.5</sub>, plomo y cromo dentro del sistema de autobús Transmilenio de Bogotá, Colombia, además de la evaluación de la frecuencia cardiaca como un marcador biológico no invasivo de exposición relacionándolo con la exposición a PM<sub>2.5</sub>.
- Elaboración de mapas de concentración de PM<sub>2.5</sub> dentro de buses del sistema Transmilenio, los cuales muestren los lugares de mayor exposición.
- Formación de estudiantes de la Maestría de Salud Pública y de la Facultad de Ingeniería Ambiental de la Universidad Santo Tomás como jóvenes investigadores, los cuales integran el Semillero de Salud Ambiental de las Facultad de Economía e Ingeniería Ambiental (2 trabajos de grado de pregrado).
- Artículo de investigación en revista indexada de categoría Q2 o Q3.
- Desarrollo de la línea de Proyección Social e Investigación Pertinentes, la cual generará conocimiento en el área de Salud Pública (Salud Ambiental) relacionada con exposición personal a contaminantes del aire. Los resultados obtenidos serán visualizados y tendrán un impacto y reconocimiento a nivel nacional, ya que es una temática innovadora, en la cual se tiene poco conocimiento.
- Desarrollo de la línea Personas que Transforman Sociedad, la cual propenderá a la formación de egresados bajo el joven investigador, logrando competencias en capacidades científicas y de producción de conocimiento científico con altos estándares de calidad, cumpliendo así con la perspectiva misional educativa de Santo Tomás de Aquino de investigar para conservar, desarrollar, crear y transmitir los saberes, colaborando en la comprensión de la realidad nacional y entendiendo las acciones de impacto que puede desarrollar en la sociedad.
- Posicionamiento de la maestría de Salud Pública y la Facultad de Ingeniería ambiental como centros académicos de referencia en relación a la temática de exposición personal a contaminantes del aire, que se enmarca dentro de la línea de investigación de ambiente y salud pública de la Maestría de Publica de la USTA.
- Generación de trabajo colaborativo entre la Universidad Santo Tomás y la Universidad de la Salle (Facultad de Ingeniería Ambiental y Sanitaria).

### Cronograma







| FINANCIACIÓN               | RECURSO   | DESCRIPCIÓN   | Valor partida | Valor contrapartida (Externa) | Total (\$)           |
|----------------------------|---|---|---------------|-------------------------------|----------------------|
| RUBROS                     | Servicios Técnicos  | Análisis de muestras filtros de plomo y cromo (54 filtros)  |               | \$8'000.000                   | \$ 8'000.000         |
|                            | Salidas de campo  |   |               |                               |                      |
|                            | Equipos   | Bomba para medición personal de material particulado, equipo de medición a tiempo real de PM2.5 y medidor de frecuencia cardiaca. |               | \$10'000.000                  | \$ 10'000.000        |
|                            | Materiales, insumos y software                            | Filtros necesarios para el equipo de medición personal, cassetes para filtros, ciclón para separación partículas.                 |               | \$ 3'500.000                  | \$ 3'500.000         |
| BOLSAS                     | Paperería   |   |               |                               |                      |
|                            | Fotocopias  |   |               |                               |                      |
|                            | Material bibliográfico                                    |   |               |                               |                      |
|                            | Auxilio de transporte                                     |   |               |                               |                      |
|                            | Movilidad   | Ponente en eventos nacionales e internacionales   |               | \$8'000.000                   | \$8'000.000          |
|                            | Publicaciones (Artículos, proceso editorial y traducción) | Traducciones y publicación en revistas  |               | \$ 10'000.000                 | \$ 10'000.000        |
| <b>TOTAL DEL PROYECTO:</b> |   |   |               |                               | <b>\$ 42'952.000</b> |

### Referencia bibliográficas

- [1] El Tiempo. Así fue la expansión de algunas ciudades en los últimos 20 años. [En línea]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/expansion-urbana-de-ciudades-de-colombia-en-los-ultimos-20-anos-153806>
- [2] World Health Organization (WHO). Air quality guidelines - global update 2005. Geneve. World Health Organization. 2005. [En línea]. Disponible en: [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf;jsessionid=C75767DB792FD85041D416AE1EBF5AA4?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=C75767DB792FD85041D416AE1EBF5AA4?sequence=1)
- [3] Apte JS, Brauer M, Cohen AJ, Ezzati M and Pope CA. (2018). Ambient PM<sub>2.5</sub> reduces Global and Regional Life Expectancy. Environmental Science & Technology Letters. 2018; 5(9): 546-551. DOI: 10.1021/acs.estlett.8b00360
- [4] 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.
- [5] Morales Betancourt R, Galvis B, Balachandran S, Ramos-Bonilla JP, Sarmiento OL, Gallo-Murcia SM and Contreras Y. Exposure to fine particulate, black carbon, and particle number concentration in transportation microenvironments. Atmospheric Environment. 2017; 157 (1): 135-145. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.03.006>.
- [6] El Espectador. Bogotá, la ciudad en la que más tiempo se pierde en los trancones. [En línea]. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/bogota/bogota-la-ciudad-en-la-que-mas-tiempo-se-pierde-en-los-trancones-articulo-839474>



- [7] Transmilenio S.A. Transmilenio en cifras. Informe No. 48. Transmilenio S.A. 2016. Bogotá, Colombia.
- [8] Transmilenio S.A. Más de dos mil millones de pasajeros movilizados en los 8 años de operación. [En línea]. Disponible en: [https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/146660/mas\\_de\\_dos\\_mil\\_millones\\_de\\_pasajeros\\_movilizados\\_en\\_los\\_8\\_anos\\_de\\_operacion/](https://www.transmilenio.gov.co/publicaciones/146660/mas_de_dos_mil_millones_de_pasajeros_movilizados_en_los_8_anos_de_operacion/)
- [9] Li F, Lee ES, Liu J and Zhu Y. Predicting self-pollution inside school buses using a CFD and multi-zone coupled model. Atmospheric Environment. 2015; 107 (1):16-23. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.02.024>.
- [10] Liu LJ, Phuleria HC, Webber W, Davey M, Lawson DR, Ireson RG, Zielinska B, Ondov JM, Weaver CS, Lapin CA, Easter M, Hesterberg TWand Larson T. Quantification of Self Pollution from Two Diesel School Buses using Three Independent Methods. Atmos Environ (1994). 2010; 44 (28):3422-3431. doi: 10.1016/j.atmosenv.2010.06.005.
- [11] Kaur S, Nieuwenhuijsen M, Colvile RN. Personal exposure of street canyon intersection users to PM<sub>2.5</sub>, ultrafine particle counts and carbon monoxide in Central London, UK. Atmospheric Environment. 2005; 39 (20): 3629-3641. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.02.046>.
- [12] Lei T, Gao P, Jia L, Chen X, Lu B, Yang L and Feng Y. Trace metals in resuspended fraction of settled bus dust and assessment of non-occupational exposure. Ecotoxicology and Environmental Safety. 2016; 130 (1):214-223. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.03.031>.
- [13] Riojas-Rodríguez H, Escamilla-Cejudo JA, González-Hermosillo JA, Téllez-Rojo MM, Vallejo M, Santos-Burgoa C and Rojas-Bracho L. Personal PM<sub>2.5</sub> and CO exposures and heart rate variability in subjects with known ischemic heart disease in Mexico City. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology. 2006; 16: 131-137.
- [14] Magari SR, Schwartz J, Williams PL, Hauser R, Smith TJ and Christiani DC. The association of particulate air metal concentrations with heart rate variability. Environmental health perspectives. 2002; 110(9): 875-880. doi:10.1289/ehp.02110875
- [15] Guevara LF and Belalcazar L. Implementación y validación de un modelo CFD para simular la dispersión de material particulado PM<sub>2.5</sub> al interior de buses de transporte público. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2018. [En línea]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/70775/1/1015440187.2018.pdf>
- [16] Adams HS, Nieuwenhuijsen MJ, Colvile RN, McMullen MAS and Khandelwal P. Fine particle (PM<sub>2.5</sub>) personal exposure levels in transport microenvironments, London, UK. Science of The Total Environment. 2001; 279 (1-3): 29-44. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(01\)00723-9](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(01)00723-9).
- [17] Chan LY, Lau WL, Lee SC and Chan CY. Commuter exposure to particulate matter in public transportation modes in Hong Kong. Atmospheric Environment. 2002; 36 (21): 3363-3373. [https://doi.org/10.1016/S1352-2310\(02\)00318-7](https://doi.org/10.1016/S1352-2310(02)00318-7).
- [18] Gulliver J and Briggs DJ. Personal exposure to particulate air pollution in transport microenvironments. Atmospheric Environment. 2004; 38 (1): 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2003.09.036>.
- [19] Kolluru SSR, Patra AK and Sahu SP. A comparison of personal exposure to air pollutants in different travel modes on national highways in India. Science of The Total Environment. 2018; 619-620: 155-164. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.11.086>.
- [19] Huang J, Deng F, Wu S and Guo X. Comparisons of personal exposure to PM<sub>2.5</sub> and CO by different commuting modes in Beijing, China. Science of The Total Environment. 2012; 425: 52-59. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.007>.
- [20] Wang BQ, Liu JF, Liu BW, Niu HH, Chen RH, Wang ZB, Zhao JJ, Ren ZH. Personal exposure to PM<sub>2.5</sub> associated with heavy metals in four travel modes of Tianjin during the summer season. Environ Sci Pollut Res Int. 2017; 24(7):6667-6678. doi: 10.1007/s11356-016-8179-7.
- [21] Gao P, Liu S, Ye W, Lin N, Meng P, Feng Y, Zhang Z, Cui F, Lu B, Xing B. Assessment on the occupational exposure of urban public bus drivers to bioaccessible trace metals through resuspended fraction of settled bus dust. Science of The Total Environment. 2015; 508: 37-45. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.11.067>.
- [22] Riojas-Rodríguez H, Escamilla-Cejudo JA, González-Hermosillo JA, Téllez-Rojo MM, Vallejo M, Santos-Burgoa C, & Rojas-Bracho L. Personal PM<sub>2.5</sub> and CO exposures and heart rate variability in subjects with known ischemic heart disease in Mexico City. Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology. 2006;



16: 131-137.

- [23] Li P, Zhao J, Gong C, Bo L, Xie Y, Kan H, Song W. Association between individual PM<sub>2.5</sub> exposure and DNA damage in traffic policemen. *J Occup Environ Med.* 2014; 56(10):e98-e101. doi: 10.1097/JOM.0000000000000287.
- [24] Huang J, Deng F, Wu S, Zhao Y, Shima M, Guo B, Liu Q, Guo X. Acute effects on pulmonary function in young healthy adults exposed to traffic-related air pollution in semi-closed transport hub in Beijing. *Environmental health and preventive medicine.* 2016; 21(5): 312–320. doi:10.1007/s12199-016-0531-5
- [25] Brook RD, Franklin B, Cascio W, Hong Y, Howard G, Lipsett M, Luepker R, Mittleman M, Samet J, Smith SC Jr, Tager I; Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. Air pollution and cardiovascular disease: a statement for healthcare professionals from the Expert Panel on Population and Prevention Science of the American Heart Association. *Circulation.* 2004; 109(21):2655–71.
- [26] Pope CA 3rd, Dockery DW. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J Air Waste Manag Assoc.* 2006; 56(10):709–42.
- [27] Peretz A, Kaufman JD, Trenga CA, Allen J, Carlsten C, Aulet MR, Adar SD, Sullivan JH. Effects of diesel exhaust inhalation on heart rate variability in human volunteers. *Environ Res.* 2008; 107(2):178–84. doi: 10.1016/j.envres.2008.01.012
- [28] Riediker M, Cascio WE, Griggs TR, Herbst MC, Bromberg PA, Neas L, Williams RW, Devlin RB. Particulate matter exposure in cars is associated with cardiovascular effects in healthy young men. *Am J Respir Crit Care Med.* 2004; 169(8):934–40.
- [28] Chuang KJ, Chan CC, Su TC, Lee CT, Tang CS. The effect of urban air pollution on inflammation, oxidativestress, coagulation, and autonomic dysfunction in young adults. *Am J Respir Crit Care Med.* 2007; 176 (4):370–6.
- [29] Ramírez O, Sánchez de la Campa AM, Amato F, Catacoli RA, Rojas NY, de la Rosa J. Chemical composition and source apportionment of PM<sub>10</sub> at an urban background site in a high–altitude Latin American megacity (Bogota, Colombia). *Environ Pollut.* 2018;233:142-155. doi: 10.1016/j.envpol.2017.10.045.
- [30] Organización Mundial de la Salud (OMS). Calidad del aire y salud. [En línea]. Disponible en:[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)
- [31] Organización Mundial de la Salud (OMS). Intoxicación por plomo y salud. [En línea]. Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>
- [32] Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare. Seattle, WA: IHME, University of Washington. [En línea]. Disponible en: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-compare/>
- [33] Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR). Resúmenes de Salud Pública - Cromo (Chromium). [En línea]. Disponible en: [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs7.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs7.html)
- [34] Widdicombe J, Lu-Yuan L. Airway reflexes, autonomic function, and cardiovascular responses. *Environ Health Perspect.* 2001;109(Suppl 4):579-584.
- [35] Zaza A, Lombarda F. Autonomic indexes based on the analysis of heart rate variability: a view from the sinus node. *Cardiovascular Res.* 2001;50(3):434-442.
- [36] Peña C, Carter D, Ayala-Fierro F. Evaluación de riesgos y restauración ambiental. *Toxicología Ambiental.* Southwest Hazardous Waste Program, University of Arizona, 2001.

# FODEIN Blanco-Alvarez

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

8%

INDICE DE SIMILITUD

9%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

## ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

---

3%

★ [bdigital.unal.edu.co](http://bdigital.unal.edu.co)

Fuente de Internet

---

Excluir citas

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias

< 1%

# FODEIN Blanco-Alvarez

---

## INFORME DE GRADEMARK

---

NOTA FINAL

**/100**

COMENTARIOS GENERALES

**Instructor**

---

PÁGINA 1

---

PÁGINA 2

---

PÁGINA 3

---

PÁGINA 4

---

PÁGINA 5

---

PÁGINA 6

---

PÁGINA 7

---

PÁGINA 8

---

PÁGINA 9

---

PÁGINA 10

---

PÁGINA 11

---

PÁGINA 12

---

PÁGINA 13

---

PÁGINA 14

---

PÁGINA 15

---

PÁGINA 16

---