

## INFORME FINAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FODEIN

**Código:** IN-BO-F-012

**Versión:** 01

**Emisión:** 13 - 11 - 2018

**Página** 1 de 4

### INFORMACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

<b>CÓDIGO DEL PROYECTO</b>	1849002		
<b>TÍTULO DEL PROYECTO</b>	EVALUACIÓN DE RIESGO TOXICOLÓGICO POR EXPOSICIÓN A CADMIO Y PLOMO ASOCIADOS A BIOAEROSOLES Y MATERIAL PARTICULADO EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE NOBSA (BOYACÁ)		
<b>PROGRAMA/S ACADÉMICOS</b>	Maestría Salud Pública / Ingeniería Ambiental		
<b>GRUPO/S INVESTIGACIÓN</b>	<b>DE</b>	INAM – USTA de la Facultad de Ingeniería Ambiental y el grupo de Protección Social y Salud Pública de la Maestría de Salud Pública.	
<b>ÁREA DEL CONOCIMIENTO</b>	Ingeniería Ambiental / Salud Ambiental		
<b>FECHA INICIO PROYECTO</b>	28/02/2018	<b>FECHA FINALIZACIÓN PROYECTO</b>	31/11/2018

<b>RESUMEN Y PALABRAS CLAVES</b>	<p>La contaminación del aire se ha relacionado con la ocurrencia de enfermedades bajo un enfoque de contaminantes químicos, dejando de lado los bioaerosoles que naturalmente se encuentran en el aire y que pueden verse beneficiados de la interacción con contaminantes atmosféricos como los metales pesados y variables meteorológicas, siendo un factor de riesgo importante en la ocurrencia de enfermedades en la población. Actualmente algunos municipios en Colombia presentan problemáticas de calidad del aire, donde altas concentraciones de Material Particulado y Ozono afectan la salud de sus habitantes, este es el caso del municipio de Nobsa, Boyacá. En este orden de ideas, se considera importante evaluar si la presencia de los contaminantes atmosféricos favorece la existencia de microorganismos relacionados con enfermedades; para ello se realizará el monitoreo de bioaerosoles, de los metales cadmio y plomo, y de la población expuesta en el casco urbano del municipio de Nobsa; se establecerá la relación existente entre los bioaerosoles, los metales cadmio y plomo presentes en el aire y parámetros meteorológicos medidos en el punto de monitoreo establecido. Además se identificarán los microorganismos presentes en las muestras, dando mayor relevancia a aquellos que inciden en la ocurrencia de enfermedades respiratorias. Al finalizar el estudio se espera tener mapas de concentraciones de bioaerosoles, cadmio y plomo que refleje el comportamiento de estos contaminantes en el casco urbano del municipio de Nobsa, Boyacá al igual de mapas de riesgo asociado a estos elementos.</p> <p>Material Particulado, Ozono, Bioaerosoles, enfermedades respiratorias, Plomo, Cadmio.</p>
<b>PROBLEMA</b>	<p>El casco urbano del municipio de Nobsa, departamento de Boyacá alberga actividades potencialmente emisoras de Cadmio (Cd) y Plomo (Pb), gracias al desarrollo industrial de la región, convirtiéndolo en una de las zonas más importantes de la misma. Este municipio, se caracteriza por la baja dispersión de los contaminantes dada su localización en medio de una zona montañosa.</p> <p>Todas estas particularidades de la zona podrían ocasionar afectaciones sobre la salud a poblaciones sensibles, siendo los más vulnerables los niños menores de 5 años y los adultos mayores de 60 [1]. Dos de los posibles agentes o componentes del material particulado en el casco urbano de Nobsa son el Cd y el Pb, ya que están presentes en los trabajos más agresivos en exposición laboral como la industria metalúrgica y la producción de cemento. En el hombre, los efectos por exposición a estos metales están bien documentados, para ambos metales se presenta acumulación en los tejidos y en el pulmón; sus principales efectos tóxicos son la neumonitis química y la difusión renal con proteinuria o microproteinuria y enfisema [2].</p> <p>En el aire naturalmente se encuentran bioaerosoles, los cuales se definen como aerosoles o partículas de origen vegetal, animal o microbiano, que en algunas ocasiones son llamados polvo</p>

## INFORME FINAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FODEIN

**Código:** IN-BO-F-012

**Versión:** 01

**Emisión:** 13 - 11 - 2018

**Página** 2 de 4

	<p>orgánico [3]. La presencia de bioaerosoles contribuye en los efectos en salud asociados a la exposición a material particulado (PM) [4], observando que los efectos en salud en las personas pueden aumentar cuando se combinan los componentes químicos y biológicos de este contaminante del aire [5]. Teniendo en cuenta esta situación, es relevante evaluar este contexto en el casco urbano del municipio de Nobsa, donde las concentraciones de contaminantes del aire, entre ellas el PM, puede ofrecer un riesgo para la presencia de enfermedades respiratorias en la población.</p>
<b>JUSTIFICACIÓN</b>	<p>Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) [6], en 2012 cerca de 7 millones de personas fallecieron como consecuencia de la exposición a la contaminación del aire, confirmando que la contaminación atmosférica constituye en la actualidad el riesgo ambiental para la salud más importante del mundo. Los datos revelan un vínculo más estrecho entre la exposición a la contaminación atmosférica en general y la del aire de interiores y las enfermedades cardiovasculares (accidentes cerebrovasculares y cardiopatías isquémicas), así como entre la contaminación atmosférica y el cáncer [6]. La evaluación realizada por la OMS identificó que a la contaminación del aire le son atribuibles las siguientes causas de mortalidad en la población: cardiopatía isquémica (40%), accidente cerebrovascular (40%), neumopatía obstructiva crónica (11%), cáncer de pulmón (6%) e infección aguda de las vías respiratorias inferiores en los niños (3%). Para el caso específico de la contaminación del aire, la OMS estimó que en 2012 se produjeron 3,7 millones de muertes a causa de fuentes urbanas y rurales en todo el mundo [6]. En Colombia cada año cerca de 5.000 muertes prematuras y casi 65 millones de años de vida ajustados por discapacidad (AVAD) pueden atribuirse a la contaminación del aire urbano. Bogotá y el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (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. La mortalidad representa cerca de la mitad de la carga de morbilidad atribuible a la contaminación atmosférica y la morbilidad constituye la otra mitad [7]. Existen varias zonas del país, objeto de interés en materia de calidad del aire, dados los corredores industriales y la influencia de las fuentes móviles, principalmente. El municipio de Nobsa, es uno de estos, allí se concentra la industria pesada y mediana más importante del departamento de Boyacá [8]. Como actividades económicas predominantes se pueden citar la minería de extracción y transformación de la roca caliza, hornos de producción de cal, empresas de concretos premezclados, trituradoras, sector artesanal, fundición, entre otras [8]. En Nobsa se localizan empresas como Acerías Paz del Río y Holcim S.A. [8]. Las actividades económicas predominantes incluyen como aspectos ambientales la generación de PM<sub>10</sub> y elementos metálicos como el Cd y el Pb, dados los insumos, materias primas y procesos productivos desarrollados.</p> <p>Nobsa está dividido en 4 barrios, 1 corregimiento: Belencito, conformado por los barrios de Belencito y Nazareth; y 11 veredas [9]. En el corregimiento de Belencito habita la población trabajadora de la siderúrgica y fuentes industriales de la zona. Nazareth es el barrio más densamente poblado, considerado como el barrio residencial obrero; para 2005 contaba con 2.956 habitantes [10]. De un análisis comparativo de la proyección de la población para el municipio de Nobsa, se estima que Nazareth comportaría para el año 2015 cerca del 20% de la población.</p> <p>Para 2010 se estableció que la red de monitoreo de calidad del aire Corpoboyacá es de interés dadas las excedencias en PM<sub>10</sub>, siendo Nazareth la estación del sistema de vigilancia de calidad del aire de Corpoboyacá que presentó la máxima concentración (63 µg/m<sup>3</sup>), superando la norma anual [11]. Dada la ubicación del corregimiento se dificulta la dispersión de los contaminantes atmosféricos; además, atendiendo a que los vientos de mayor importancia se dirigen hacia el noroeste,</p>
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<p>Evaluar el riesgo toxicológico por exposición a cadmio, plomo y bioaerosoles asociados a material particulado en el casco urbano del municipio de Nobsa (Boyacá)</p>

**INFORME FINAL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FODEIN**

Código: IN-BO-F-012

Versión: 01

Emisión: 13 - 11 - 2018

Página 3 de 4

**OBJETIVOS  
ESPECÍFICOS**

- Determinar las concentraciones de cadmio, plomo y bioaerosoles contenidas en el material particulado inferior a 10 micras del casco urbano de Nobsa.
- Caracterizar los bioaerosoles presentes en el aire en el casco urbano de Nobsa Boyacá.
- Establecer la relación entre contaminantes del aire, variables meteorológicas y bioaerosoles, con énfasis en aquellos relacionados con enfermedades respiratorias, en el casco urbano de Nobsa, Boyacá.
- Correlacionar las concentraciones de cadmio y plomo presentes en el material particulado inferior a 10 micras, con las concentraciones de bioaerosoles.
- Generar los mapas de riesgo de exposición a cadmio, plomo y bioaerosoles.
- Generar los mapas de concentraciones de bioaerosoles, cadmio y plomo que refleje el comportamiento de estos contaminantes en el casco urbano de Nobsa, Boyacá.

**METODOLOGÍA**

**Etapa I. Recolección de información**

En esta etapa se recolectó información correspondiente a los parámetros meteorológicos básicos, datos de Corpoboyacá y el IDEAM con el fin de identificar las direcciones y velocidades del viento. Se realizó la recopilación de la información cartográfica disponible de la zona a diferentes escalas y en diferentes formatos (análogo y digital).

**Etapa II. Muestreo y análisis de laboratorio**

**Muestreo de material particulado respirable y variables meteorológicas (velocidad, dirección de viento y precipitación)**

El muestreo se desarrolló en cinco (5) puntos del municipio, con medición en el mes de septiembre de 2018. Para dicha actividad se utilizaron bombas de muestreo personal, para la determinación de la fracción respirable de material particulado. Monitoreo de bioaerosoles. Para la toma de muestras de los bioaerosoles se utilizó el equipo MAS-100 Eco (Microbial Air Monitoring System) de la facultad de ingeniería ambiental de la Universidad Santo Tomás; el equipo en su parte superior dispone de un compartimiento en el cual se colocan los medios de cultivo (sabouraud y mac conkey), donde se recolectaron los microorganismos, para luego ser llevados al laboratorio para su conteo y caracterización.

**Análisis de laboratorio de plomo (Pb) y cadmio (Cd)**

Se determinarán las concentraciones de Pb y Cd contenidos en el material particulado respirable por medio de las metodologías IO3.1 y IO3.5. Estas metodologías contemplan selección, preparación y extracción de material del filtro y la determinación de metales en el material particulado inferior a 10 micras.

**Análisis de laboratorio de bioaerosoles**

Para el almacenamiento, caracterización e identificación de las muestras de bioaerosoles se utilizaron las instalaciones del laboratorio de proteómica y micosis humana de la Facultad de Ciencias de la Pontificia Universidad Javeriana, el cual cuenta con controladores de parámetros ambientales; las muestras obtenidas se almacenarán a temperatura y humedad relativa ambiente. Las muestras se analizarán con el equipo Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-Of-Flight. (Maldi - Tof) el cual facilita la identificación de los microorganismos, el cual es utilizado como un método rápido para la identificación de rutina de microorganismos patógenos mediante el perfil de proteínas.

**INFORME FINAL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FODEIN**

**Código:** IN-BO-F-012

**Versión:** 01

**Emisión:** 13 - 11 - 2018

**Página** 4 de 4

**Etapa III. Análisis de Correlación**

Se efectuará un análisis de correlación del comportamiento del material particulado respirable con las variables meteorológicas y de las concentraciones de Pb y Cd con bioaerosoles. Por lo cual se realizará el procesamiento y análisis de las concentraciones de Pb y Cd contenidos en el material particulado, utilizando:

- La prueba de hipótesis y el programa SPSS 10.0 para Windows disponible en internet como herramienta estadística para realizar las correlaciones entre los metales analizados con las variables meteorológicas y el material particulado respirable.
- Modelos de dispersión establecidos por la EPA tales como Environmental Lakes y/o CMB con el fin de relacionar las concentraciones de PM10, Pb y Cd con los bioaerosoles.
- Se desarrollará un código en R para el análisis de datos de calidad del aire, generación de gráficas y tablas.

**Etapa IV. Generación mapas de riesgo**

Se realizará la georeferenciación de los resultados obtenidos en la etapa de muestreo, para luego generar los mapas de concentración y de riesgo, con las siguientes actividades:

- Georeferenciación y ortorectificación de las fotografías aéreas que cubran el área de estudio
- Actualización cartográfica del casco urbano de Nobsa, mediante mediciones en campo.
- Se generarán los mapas de concentraciones y de dispersión de elementos muestreados al igual que los mapas de riesgo.

**Etapa V. Elaboración productos finales**

A corte del 19 de Noviembre se cuenta con los siguientes resultados:

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

1. **Identificación de los puntos de muestreo en el Municipio de Nobsa y número de muestras a tomar en cada punto de muestreo. (27-08-2018).** Se identificaron 5 puntos de muestreo para monitoreo de material particulado (24 horas al día, en el periodo del 03 al 08 de septiembre del año en curso), los cuales se ubicaron en el casco urbano del municipio, tomando como base su ubicación, de tal forma que quedaron repartidos de forma regular por cada punto cardinal; mediante el uso de la bomba de muestreo Gill Air 3; de igual manera el material particulado menor a 2,5 micras PM2.5 mediante el uso de equipo airbeam (24 horas al día, en el periodo del 03 al 08 de septiembre del año en curso) y bioaerosoles mediante el uso del equipo MAS-100 (toma de muestras cada 4 horas con los medios de cultivo: Sabureau, TSM y Mc Conkey).

2. **Salida de campo Municipio de Nobsa. (03-09-2018 al 08-09-2018).** Durante el periodo comprendido entre el 03 al 08 de septiembre del año en curso se desarrollaron las siguientes actividades:

- . Toma de muestras de material particulado respirable, PM2.5 y bioaerosoles en los cuatro puntos de muestreo predefinidos
- . Rastreo por medio de equipo GNSS de doble frecuencia y georeferenciación de los puntos de muestreo.
- . Actualización de información cartográfica, realizando levantamiento de elementos geográficos relevantes y faltantes, por medio de cinta.

**INFORME FINAL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FODEIN**

Código: IN-BO-F-012

Versión: 01

Emisión: 13 - 11 - 2018

Página 5 de 4

**3. Conteo de Unidades Formadoras de Colonia e identificación de microorganismos de las muestras de Bioaerosoles de la salida de campo al Municipio de Nobsa. (17-09-2018 al 22-10-18)**

- Se llevó a cabo la toma de muestras de bioaerosoles en cinco puntos de monitoreo cada cuatro horas en el periodo comprendido entre el 03 al 07 de septiembre de 2018
- Se ha realizado el 40% del conteo.
- Se han procesado hasta el momento 53 muestras de 132. De manera complementaria se identificaron 19 microorganismos a partir de muestras tomadas en los mismos puntos, durante una salida posterior.

**4. Determinación de las concentraciones de Pb y Cd en los filtros de los equipos de monitoreo personal:**

Los filtros utilizados en los monitoreos no han sido analizados aún, ya que esta actividad está supeditada a la firma del contrato con el laboratorio de la Universidad de la Salle. Actualmente el contrato se encuentra en la oficina jurídica de la Universidad Santo Tomás, en espera de firmas para elaborar la orden de servicio correspondiente. Los resultados de los análisis de laboratorio se tendrán para el primer bimestre de 2019.

**5. Actualización cartográfica (08-09-2018 al 10-11-2018).**

- Postproceso de la georeferenciación realizada en campo con el objetivo de obtener las coordenadas geográficas de los puntos de muestreo, mediante el uso del software gnss, descarga de las efemérides de la base fija de estación CORS.
- Conversión de coordenadas geográficas obtenidas, a coordenadas planas cartesianas origen bogotá, mediante el software MAGNA PRO 3.
- Georeferenciación de las fotografías aéreas, y de la cartografía análoga mediante coordenadas planas de gauss obtenidas.
- Vectorización de elementos geográficos presentes en las fotografías y la cartografía base, con el fin de obtener plano base.
- Actualización de plano base utilizando el levantamiento con cinta realizado en campo.

**6. Salida complementaria al Municipio de Nobsa.**

- Muestreo bioaerosoles y material particulado: Con el ánimo de complementar los tomados en la salida de campo y tener un punto control respecto a una jornada de trabajo típica del municipio en día viernes, se procedió a tomar las muestras de bioaerosoles con el equipo MAS 100, air beam y las bombas de muestreo personal en los dos puntos de mayor concentración.
- Análisis del estado de las vías: Mediante un recorrido por las manzanas de los distintos cuadrantes del municipio, se aplicaron formatos de identificación del estado de las vías, en cada uno de ellos se determinó la longitud y el ancho de la vía y se identificaron las características del estado de la malla vial. Así mismo se procedió a actualizar la cartografía de predios del municipio, midiendo el ancho de cada predio.

**7. Elaboración de productos.** Teniendo en cuenta que los resultados de análisis de laboratorio de los filtros de exposición personal aún no han sido procesados y que la caracterización de los bioaerosoles tampoco, se expone el siguiente panorama para cada uno de los productos:

- Artículo: Para la elaboración del artículo es necesaria la información de bioaerosoles y las concentraciones de Cd y Pb, razón por la cual aún no se tiene este documento.
- Trabajos de grado: Dos de los cinco auxiliares de investigación utilizarán la información de bioaerosoles y concentraciones para sus trabajos de grado, por lo tanto no han podido avanzar en sus documentos.
- Código R: Se han clasificado las variables que serán necesarias para el modelo, pero al igual que los otros productos, es necesario disponer de la información de concentraciones de metales y bioaerosoles.

**INFORME FINAL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FODEIN**

**Código:** IN-BO-F-012

**Versión:** 01

**Emisión:** 13 - 11 - 2018

**Página** 6 de 4

**INCONVENIENTES PRESENTADOS DURANTE LA EJECUCIÓN**

1. La fecha de la salida de campo al municipio de Nobsa estaba contemplada para el mes de Julio de 2018, sin embargo debido a que no se disponía de los equipos de monitoreo personal, los cuales estaban en adquisición, esta actividad pudo realizarse hasta el mes de septiembre, conllevando un retraso de 2 meses en la ejecución de las actividades posteriores.
2. No se dispone de los resultados de los análisis de los filtros de las bombas de muestreo personal, lo cual obedece a que actualmente se está tramitando el contrato y la orden de servicio con la Universidad de la Salle, institución que brindará los resultados de análisis de los filtros. La entrega de los resultados se dará en el primer semestre de 2019, tiempo en el cual se iniciará la etapa de análisis de información para la elaboración del artículo, el código R y la culminación del trabajo de grado de las auxiliares de investigación.
3. Inconvenientes con el análisis de bioaerosoles. Las muestras recolectadas en los monitoreos del municipio de Nobsa, presentaron un gran desarrollo de unidades formadoras de colonia, que en algunos casos no ha permitido la identificación de los microorganismos.

## INFORME FINAL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FODEIN

**Código:** IN-BO-F-012

**Versión:** 01

**Emisión:** 13 - 11 - 2018

**Página** 7 de 4

### CONCLUSIONES

1. A la fecha se ha realizado una ejecución técnica del proyecto de un 64 %, la cual corresponde a las siguientes actividades:
  - Determinación de las concentraciones de cadmio, plomo y bioaerosoles contenidas en el material particulado inferior a 10 micras del casco urbano de Nobsa.
  - Caracterización de los bioaerosoles presentes en el aire en el casco urbano de Nobsa Boyacá
  - Establecer la relación entre contaminantes del aire, variables meteorológicas y bioaerosoles, con énfasis en aquellos relacionados con enfermedades respiratorias, en el casco urbano de Nobsa, Boyacá.
  - Correlación de las concentraciones de cadmio y plomo presentes en el material particulado inferior a 10 micras, con las concentraciones de bioaerosoles.
  - Generación de mapas de riesgo de exposición a cadmio, plomo y bioaerosoles.
  - Elaboración de mapas de concentraciones de bioaerosoles, cadmio y plomo que reflejen el comportamiento de estos contaminantes en el casco urbano de Nobsa, Boyacá.
  
2. A corte del 19 de Noviembre de 2018, se ejecutó el 70 % del presupuesto del proyecto, quedando pendiente la ejecución de \$ 7'664.594, que corresponden al valor de los servicios técnicos para la determinación de Cadmio y Plomo en los filtros de material particulado de las bombas de muestreo personal, el cual está supeditado a la firma del contrato por parte de la Universidad de la Salle. El único rubro que no se ejecutó fue el correspondiente a papelería. Para el mes de Diciembre que contempla que se habrá firmado el contrato, razón por la cual para finalizar el año se tendrá una ejecución del 98 % del presupuesto aprobado.
  
3. El proceso de elaboración de contratos para la consecución de servicios externos, en este caso la determinación de las concentraciones de filtros, es demorada e incide en el desarrollo de las actividades del proyecto.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Ramírez, Toxicología de Cadmio, Lima, Perú, 2000.
- [2] A. Ramírez, Toxicología del Cadmio: Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos., San Marcos, 2012.
- [3] M. Zollinger, W. Krebs y H. Brandl, «Bioaerosol formation during grape stemming and crushing,» Sciences of the Total Environment, vol. 363, nº 1-3, pp. 253-259, 2006.
- [4] S. Stevanovic y D. Nikic, «Exposure to air pollution and development of allergic rhinitis and asthma. Series: medicine and biology.» Facta Universitatis, vol. 13, nº 2, pp. 114-8, 2006.
- [5] The World Bank, «Air Quality Criteria for Particulate Matter (Final Report, Oct. 2004),» The World Bank, Washington D.C, 2004.
- [6] OMS, «7 millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica,» 25 03 2014. [En línea]. Available: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>. [Último acceso: 24 08 2017].
- [7] The World Bank, «Environmental Health Costs in Colombia The Changes from 2002 to 2010,» The World Bank, Washington D.C, 2014.
- [8] Municipio de Nobsa, Boyacá, Caracterización general de escenarios de riesgo, Boyacá, s.f.
- [9] Unidad de Salud de Nobsa ESE, «Análisis de la situación de salud con el modelo de determinantes sociales de salud, Municipio de Nobsa 2015,» Nobsa, 2015.
- [10] Alcaldía de Nobsa, Boyacá, «Alcaldía de Nobsa, Boyacá,» 2010. [En línea]. Available: <http://www.nobsa-boyaca.gov.co/territorios.shtml?apc=bbxx-1-&x=1483529>. [Último acceso: 22 06 2016].
- [11] IDEAM, «Estado de la Calidad del Aire en Colombia 2007-2010,» IDEAM, Bogotá, 2012.
- [12] L. Perez Fadul y L. Hernandez Hernandez, «Determinación de metales pesados en partículas respirables e identificación de fuentes de emisión, a partir de un muestreo atmosférico en la

**INFORME FINAL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FODEIN**

**Código:** IN-BO-F-012

**Versión:** 01

**Emisión:** 13 - 11 - 2018

**Página** 8 de 4

Localidad de Puente Aranda en la ciudad de Bogotá.,» Bogotá, Colombia, 2006.

<sup>[13]</sup> A. Gómez Sanabria y J. Martínez Gómez, «Evaluación de la concentración de mercurio en material particulado PM10 en siete ciudades del país. Bogotá,» Bogotá, 2008.

<sup>[14]</sup> Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. [En línea]. Contaminación del aire. Available: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/asuntos-ambientales-sectorial-y-urbana/gestion-del-aire/contaminacion-atmosferica>. [Último acceso: 22 06 2017].

<sup>[15]</sup> Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España. [En línea]. NTP 409: Contaminantes biológicos: criterios de valoración. Available: [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp\\_409.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_409.pdf). [Último acceso: 22 06 2017].

<sup>[16]</sup> Agency for Toxic Substances and Disease Registry, «Resumen de Salud Pública Cadmio.,» Estados Unidos., 2012.

<sup>[17]</sup> IARC, List of Classifications, Paris, 2012.

<sup>[18]</sup> Organización de las Naciones Unidas, «Draft final review of scientific information on cadmium,» 2008.

<sup>[19]</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, «Análisis del flujo del comercio y revisión de prácticas de manejo ambientalmente racionales de productos conteniendo cadmio, plomo y mercurio en américa latina y el caribe,» 2010.

<sup>[20]</sup> A. Padilla, N. Rodríguez y A. Martínez, Protocolos de vigilancia sanitaria específica: Plomo. País Vasco: Ministerio de Sanidad y Consumo., País Vasco: Ministerio de Sanidad y Consumo, 1999

**ANEXOS DE PRODUCTOS COMPROMETIDOS**

- Artículo: Actualmente no se dispone de este producto, ya que no se cuenta con la información para la elaboración del mismo. Teniendo en cuenta el desarrollo de las diferentes actividades, el artículo sometido a revista indexada se tendrá para el segundo semestre de 2019.
- Código R: Este producto está condicionado a la información de las concentraciones de metales en los filtros y la identificación de bioaerosoles. Al igual que el artículo se proyecta la entrega de este producto en el segundo semestre de 2019
- Tesis: Como resultado del proceso se dispone de dos auxiliares de investigación que están realizando su proyecto de grado inmersas dentro del proyecto. Los numero de radicado de los trabajos en la facultad de ingeniería ambiental son los siguientes: IA-AI-2018-I-021 (María Fernanda Torres Herrera) y IA-AI-2018-I-020 (Andrea Estefanía Silva Atuesta). La fecha aproximada de sustentación de las estudiantes será en el primer semestre de 2019.
- En relación a los productos pendientes de los proyectos FODEIN 2017, se establece lo siguiente:
  - Artículo categoría B. Proyecto: "Determinación de las concentraciones de cadmio y plomo presentes en muestras de material particulado y correlación con los casos de enfermedades respiratorias en el municipio de Nobsa Boyacá": Se cuenta con documento preliminar de artículo que está en proceso de ajuste de variables para completar apartado de análisis y discusión; se espera someter a revista indexada en diciembre del año en curso.
  - Artículo categoría B: Sometido a Biomédica. El documento fue sometido a evaluación a la revista Biomédica el 18 de octubre de 2018, ya se recibieron correcciones y estas fueron resueltas el 7 de noviembre de 2018.

Este informe final se suscribe en la ciudad de Bogotá, el día

19 de Noviembre de 2018



**INFORME FINAL  
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN FODEIN**

**Código:** IN-BO-F-012

**Versión:** 01

**Emisión:** 13 - 11 - 2018

**Página** 9 de 4

**INVESTIGADOR PRINCIPAL**

**NOMBRE:** Luis Camilo Blanco Becerra

**COINVESTIGADOR**

**NOMBRE:** Nidia Isabel Molina Gómez

**COINVESTIGADOR**

**NOMBRE:** Miguel Ángel Díaz Arias

**COINVESTIGADOR**

**NOMBRE:** Johan Álvarez Berrio

**COINVESTIGADOR**

**NOMBRE:** Rafael Gabriel Barragán González

**COINVESTIGADOR**

**NOMBRE:** Johan Álvarez Berrio

**SUPERVISOR DEL PROYECTO**

**NOMBRE:** Ángela María Jaramillo Londoño