

Propuesta para mitigar el PM₁₀ que afecta a la Fundación Palagus en el barrio lagunitas (Bogotá)

Proposal to mitigate PM₁₀ affecting the Palagus Foundation in the lagunitas neighborhood (Bogotá)

Velásquez R. Möriz, Bernal T. Alejandra, Ruiz T. Gloria E., González L. Karen Liyed, Cruz A. Juan S., Chivatá L. David

Resumen

El material particulado puede afectar en gran medida la salud respiratoria de la población expuesta, en especial la más vulnerable como niños y ancianos. Los habitantes del Barrio Lagunitas de Bogotá están expuestos a este tipo de contaminante por su cercanía a ladrilleras, que son una fuente de emisión fija de estos compuestos. El objetivo del presente trabajo es mitigar las concentraciones de PM₁₀ que está afectando a la Fundación Palagus ubicada en el Barrio Lagunitas (Bogotá), utilizando herramientas de educación en salud ambiental y tecnologías limpias. Por medio de un diagnóstico se determinó el nivel de afectación en que se encontraba expuesta la comunidad de la Fundación, para luego proceder al diseño de mallas captadoras de PM₁₀ que se ubicaron en la puerta y las ventanas del edificio de la misma. La concentración de PM₁₀ fue estimada en 118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas, lo que sobrepasa la normativa vigente establecida por el Ministerio del Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia. Por medio de la intervención realizada se logró disminuir el PM₁₀ en un 41%, por lo que se concluye que este tipo de sistemas (que son económicos, fácil instalación y reusables) pueden ser bastante eficientes para mitigar este tipo de contaminantes.

Palabras Clave: material particulado, Barrio Lagunitas, PM₁₀, filtros aire, tafetán, Bogotá, calidad del aire.

Abstract

Particulate matter can greatly affect the respiratory health of the exposed population, especially the most vulnerable, such as children and the elderly. The habitants of the Lagunitas's neighborhood of Bogotá (Colombia) are exposed to this type of pollutant because of its proximity to brick industries, which are a source of fixed emission of these compounds. The objective of this work is to mitigate the concentrations of PM₁₀ that is affecting the Palagus Foundation located in the Lagunitas neighborhood (Bogotá), using environmental health education tools and the implementation of a low-cost temporary air filtration system. By means of a diagnosis, the level of affectation in which the community of the Foundation was exposed was determined, and then proceeded to the design of PM₁₀ air filtration system that were located in the door and the windows of the building of the Foundation. The concentration of PM₁₀ was estimated at 118 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ in 24 h, which surpasses the current regulations established by the Ministry of the Environment and Sustainable Development of Colombia. By means of the intervention, the PM₁₀ was reduced by 41%, so it is concluded that these types of systems (which are economical, easy to install and reusable) can be quite efficient to mitigate this type of pollutants.

Keywords: particulate matter, Lagunitas neighborhood, PM₁₀, air filters, Bogotá, air quality.

Recibido / Received: Marzo 11 de 2016 Aprobado / Approved: Mayo 15 de 2016

Tipo de artículo / Type of paper: Investigación Científica y Tecnológica Terminada.

Afiliación Institucional de los autores / Institutional Affiliation of authors: Universidad El Bosque.

Autor para comunicaciones / Author communications: Moritz velasquez mvelasquezri@unbosque.edu.co

Los autores declaran que no tienen conflicto de interés.

Introducción

En la ciudad de Bogotá (Colombia), se ha evidenciado en las últimas décadas un crecimiento poblacional y desarrollo urbano acelerado no solo por ser la capital y eje económico del país, sino a su vez, por causa del conflicto interno armado que ha desplazado a cientos de campesinos hacia Bogotá, los cuales se han concentrado principalmente en las zonas periféricas de la misma. Un ejemplo claro, es la localidad de Ciudad Bolívar, pues su crecimiento ha sido informal y sin planeación por lo que ha invadido poco a poco la parte sur de Bogotá, ubicada en la cuenca del río Tunjuelo [1].

La principal actividad que se desarrolla en este lugar de la ciudad, es la extracción de gravas y arenas como material para construcción, la cual viene desarrollándose desde la década de los 50; estas actividades extractivas dieron lugar a la creación del Parque Minero Industrial Los Mochuelos, donde diversas ladrilleras trabajan 24 horas al día. La comunidad aledaña se ve afectada en gran manera por la presencia constante de material particulado (PM) y gases provenientes de las chimeneas de las ladrilleras, las cuales han ocasionado afectaciones a la salud principalmente relacionadas con el sistema respiratorio, como el deterioro de la función pulmonar, crisis de asma, sibilancias, expectoraciones, entre otras enfermedades, ya que estas industrias emiten principalmente PM_{10} , que en altas concentraciones es nocivo para la salud [2], [3]. El PM es una mezcla compleja de partículas extremadamente pequeñas y de gotas de diversos líquidos, con base en el tamaño de sus partículas, es categorizado como $PM_{2,5}$ y PM_{10} [4], el cual hace referencia a tamaños por debajo de 2,5 y de 10 μm respectivamente [5].

Este proyecto surge, debido a que actualmente no se cuenta con estudios suficientes sobre las afectaciones a la salud por la calidad del aire en el Barrio Lagunitas; además por medio de la sensibilización sobre esta problemática, la comunidad puede actuar como un agente de cambio, trabajando conjuntamente con entidades públicas y privadas para lograr controlar uno de los principales focos de contaminación en el sector que son las ladrilleras, lo que mejorará la calidad de vida de esta comunidad, en especial de la población vulnerable como los niños y adultos mayores. Así mismo, son pocos los estudios que se encuentran en la literatura sobre sistemas de filtración de aire intramuros, y en especial los enfo-

cados a espacios residenciales (viviendas). La mayoría de sistemas de filtración, se encuentran en grandes superficies como centros comerciales, edificios de oficinas, etc. y utilizan para la filtración del aire bombas mecánicas que tienen un alto costo por la energía eléctrica necesaria para su funcionamiento [6]. Algunos estudios, como el de Cremades y Gómez (2012) [7], se han enfocado en la exposición ocupacional a material particulado ($>20 \mu m$) proveniente del lijado o cepillado de la madera en una carpintería. Este estudio se realizó en condiciones controladas simulando la atmósfera contaminada de una carpintería, utilizando unos sistemas de filtración cilíndricos recubiertos por el material filtrante a evaluar que fue de 3 tipos: algodón no tejido, la tela tafetán, y la tela tipo Jacquard. El algodón no tejido fue empleado como control, puesto que es el tipo de material de las mascarillas desechables comúnmente utilizadas; sin embargo los investigadores encontraron que el mejor material para atrapar este tipo de material fue el tafetán puesto que no se superó el valor límite umbral (TIV, por sus siglas en inglés) teórico para este tipo de partículas aún en condiciones extremas de exposición, por lo que recomiendan el uso de este tipo de materiales para su uso en mascarillas.

Propuestas más novedosas, como los filtros experimentales transparentes desarrollados por Liu et al. (2015) [5], por medio de materiales como el poliacrilonitrilo (PAN) utilizando la tecnología de electrohilado (electrospinning), para producir una red de nanofibras sobre mallas metálicas comúnmente utilizadas para reforzar las ventanas de vidrio, pueden alcanzar eficiencias de remoción para $PM_{10-2,5}$ del 99,31%. Esta propuesta tiene la ventaja adicional de permitir tanto la ventilación natural como la entrada de la luz a un recinto.

El presente trabajo, busca por medio de un diagnóstico sobre la situación actual que presenta el Barrio Lagunitas en la localidad de Ciudad Bolívar (Bogotá), identificar la principal afectación a la salud por la exposición a PM_{10} , y por medio de una intervención que incluya la educación en salud ambiental y la implementación de un sistema de filtración temporal de bajo coste, mitigar las concentraciones de este contaminante que afecta a la Fundación Palagus, ubicada en el barrio Lagunitas de la localidad de Ciudad Bolívar en la ciudad de Bogotá D.C. (Colombia).

Metodología

Área de estudio

El Barrio Lagunitas se encuentra localizado al sur de la Ciudad de Bogotá en la Localidad de Ciudad Bolívar (Fig. 1), se encuentra dividida en ocho UPZ en la parte urbana y tres corregimientos en la parte rural. Lagunitas pertenece a la UPZ 64 o Monte Blanco, la cual tiene una población estimada de 8067 habitantes para el año 2015 [8]. La Fundación Palagus es una entidad sin ánimo de lucro que actúa para mejorar la calidad de vida de aproximadamente 50 niños en situación de extrema pobreza, en el barrio Lagunitas; su principal misión es aportar ayuda nutricional y formación integral a esta población infantil, mediante el arte, la expresión artística y cultural [9].

Figura 1: Localización del Barrio Lagunitas en la Localidad de Ciudad Bolívar (Bogotá)



Fuente: Google maps.

Diagnóstico de las problemáticas en salud ambiental

Para conocer las preocupaciones generales de la comunidad por su salud, se realizaron 20 encuestas incluyendo niños, jóvenes, adultos y adultos mayores habitantes del Barrio Lagunitas. Las encuestas incluyeron información básica demográfica como la edad y el sexo, y algunas preguntas enfocadas en conocer afectaciones del sistema respiratorio como la frecuencia de gripes, dolor o irritación de la garganta, rinitis, entre otras.

Además, se realizó la medición del PM₁₀ intramuros presente en la Fundación Palagus, por medio del equipo PM10 Inlet High Volume Sampler (Tisch Environmental), durante un periodo de 24 horas.

El cálculo de la concentración de PM₁₀ se realizó siguiendo el protocolo del fabricante del equipo; en el cual se tiene en cuenta el volumen de aire que entra al equipo (empleando el G-factor y la temperatura del área de estudio). Además, se debe determinar la relación entre Pa/Po (Ecuación 1), y por medio de las tablas de volúmenes de aire, se determina el volumen de aire.

(Ecuación 1)

$$Pa / Po = 1 - Pf / Pa$$

Donde:

- Pa: presión barométrica en mmHg
- Po: presión manométrica
- Pf: Caída de presión en mmHg

La concentración de PM₁₀ en 24 horas en la zona de estudio se calcula mediante la ecuación 2.

(Ecuación 2)

$$PM_{10} = \frac{wf - Wi}{Va}$$

Donde:

- Peso del filtro después de la medición (μg)
- Peso del filtro antes de la medición (μg)
- Volumen de aire (m^3/min)

Intervención

Para la mitigación de la problemática de PM₁₀ en la Fundación Palagus, se propone el uso de unos filtros en tela tafetán (94% poliéster y 6% poliuretano) para atrapar este tipo de contaminante [7] (Fig 2.). Se propone un diseño de marcos extraíbles que se ubicaron sobre las ventanas de la Fundación, estos marcos fueron realizados en madera la cual fue impermeabilizada previamente y en los cuales se colocó el filtro. El diseño propuesto tiene la ventaja de ser bastante económico y reutilizable, puesto que la tela se puede limpiar con un paño húmedo o desmontar fácilmente para someter a un lavado más intenso (Fig 3).

Figura 2. Tela tafetán empleada en los filtros para la captura del PM₁₀



Fuente: Propia de los Autores

Figura 3. Ubicación de los filtros sobre las ventanas de la Fundación Palagus



Fuente: Propia de los Autores

Resultados

De las 20 personas que se dejaron encuestar, 16 fueron mujeres y 4 fueron hombres; además de acuerdo al grupo etario, 12 fueron menores de 18 años y los 8 restantes fueron mayores de edad.

Una de las principales preguntas de la encuesta realizada, hizo referencia a la frecuencia de la presencia de ciertos síntomas que están directamente relacionados con la mala calidad del aire [3], de los cuales, la principal sintomatología fue la irritación ocular (17 personas), seguida de la respiración rápida (14 personas) y de la dificultad para respirar (13 personas) (Tabla 1).

Tabla 1. Frecuencia de síntomas relacionados con la mala calidad del aire en la población encuestada del Barrio Lagunitas.

Síntomas	No	Si
Tos	13	7
Sibilancias	12	8
Emisión de fluidos por la nariz	18	2
Expulsión de flemas	12	8
Respiración rápida	6	14
Dificultades al respirar	7	13
Molestias en el pecho	14	6
Fiebre	9	11
Ojos rojos	3	17

Fuente: Propia de los Autores

En la tabla 2, se puede apreciar la concentración de PM₁₀ intramuros correspondiente a una medición de 24 h en la Fundación Palagus antes y después de la intervención de las ventanas con los filtros para atrapar dicho material contaminante. Se puede observar que por medio de la propuesta, se logró una reducción del PM₁₀ intramuros del 41%.

Tabla 2. Concentración de PM₁₀ intramuros por 24 h en la Fundación Palagus del Barrio Lagunitas (Bogotá) antes y después de la intervención con los filtros propuestos.

PM ₁₀ intramuros (µg/m ³)	
Antes	Después
118	70

Fuente: Propia de los Autores

Discusión

Según el Subsistema de Información Sobre Calidad del Aire (SISAIRE) en la estación Mochuelo (Bogotá, Colombia), la concentración anual de PM₁₀ es de 54,69 µg/m³, siendo esta una de las más altas de la localidad de Ciudad Bolívar [1], por lo que se podría pensar que hay una sobre-exposición a PM₁₀, debido a que la resolución 610 de 2010 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desa-

rollo Territorial de la República de Colombia (MADS), establece que los niveles máximos permisibles para material particulado menor a 10 micras no debe exceder los $50,00 \mu\text{g}/\text{m}^3$ por año [10].

En las encuestas realizadas en el Barrio Lagunitas se evidenció que los síntomas más frecuentes fueron la irritación ocular, la respiración rápida y dificultades para respirar y que se han manifestado principalmente en menores de edad. Los resultados de dichas encuestas, podrían estar relacionados con los casos de morbilidad por Enfermedad Respiratoria Aguda (ERA) atendidos en el Hospital Vista Hermosa Nivel I (Unidad de Planeación Ambiental Mochuelo) y en el Hospital Meissen Nivel II, donde según los registros en las salas de ERA en las semanas epidemiológicas del mes de enero del año 2015 se reportaron 153 casos de dicha enfermedad. En enero del 2015 el Hospital Vista Hermosa, se registró que el 54,9% de los pacientes atendidos eran menores de un año y el 45,1% estaban en el rango de 1 a 14 años, además, los eventos que más se presentaron en las salas de ERA fueron bronquitis con un 55,6% (85 casos) seguido por el Síndrome Bronco Obstructivo (SBO) con un 26,1% (40 casos) [11]. Hernández y cols. (2013) [3], en un estudio de cohortes del año 2007, realizado en jardines infantiles de las localidades de Puente Aranda, Kennedy y Fontibón en Bogotá (Colombia), reportaron que los niños menores de 5 años expuestos a PM_{10} tienen 1,70 veces más riesgo de presentar ausentismo escolar por enfermedad respiratoria aguda, y que la disminución de la exposición reduciría este ausentismo en un 41,1%.

Son pocos los estudios que se encuentran en la literatura sobre el uso de filtros para atrapar PM_{10} en viviendas (intramuros). La mayoría de sistemas para la purificación del aire se encuentran en grandes edificaciones comerciales modernas, se caracterizan por ser bastante robustos por lo que son costosos, en especial por el gran suministro de energía que requieren para su funcionamiento los sistemas mecánicos de bombeo [6]. Como alternativa, en el presente estudio se propone el uso de filtros para atrapar el PM_{10} por medio de materiales económicos sobre un sistema de marcos extraíbles que se puedan ubicar en las ventanas.

Varios tipos de materiales se han evaluado para la retención de material particulado proveniente del lijado o cepillado de maderas de una carpintería ($> 20 \mu\text{m}$), entre

los que se encuentran el algodón no tejido, la tela tafetán, y la tela tipo jacquard; sin embargo, se observó que el tafetán es el material con mayor efecto protector, tanto en condiciones normales como en condiciones extremas de exposición laboral [7]. Con base en el anterior estudio, se decidió trabajar con ese material, y después de realizar la intervención, fue posible evidenciar que este material tuvo una efectividad de remoción de PM_{10} del 41%, ya que la segunda medición realizada en la fundación, el equipo arrojó que el PM_{10} presente en este lugar fue de $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que no supera el máximo permisible de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, según la Resolución 610 de 2010 [10]. Aunque los filtros de tafetán propuestos no permiten el paso de la luz, ni su eficiencia de remoción es tan alta como la alcanzada con filtros experimentales transparentes de poliacrilonitrilo (PAN) (que pueden alcanzar eficiencias para $\text{PM}_{10-2,5}$ del 99,31%) [5], si permiten como en los últimos la ventilación pasiva o ventilación natural, ya que permanecer dentro un determinado sitio sin una ventilación adecuada también es un factor de riesgo que debe tenerse en cuenta al plantear este tipo de alternativas [12], además son sistemas que ya se pueden utilizar, puesto que los últimos aún no están disponibles comercialmente. También es importante resaltar, que los autores del estudio con los filtros experimentales transparentes, tampoco aclaran el costo de este sistema, si se puede reutilizar, cómo fue realizado el estudio en campo y si las mediciones fueron hechas evaluando un sistema real con ventanas abiertas o cerradas.

La educación en salud ambiental, fue otro de los ejes estratégicos utilizados para sensibilizar a la población sobre los riesgos que conlleva para su salud la exposición al material particulado. Se llevaron a cabo capacitaciones con los trabajadores y padres de familia de los niños pertenecientes a la fundación, las cuales estuvieron enfocadas en explicar qué es el material particulado, los riesgos a la salud por la exposición a este tipo de sustancias y el tipo de prevención que pueden realizarse, como el uso de tapabocas en los momentos más críticos del día, o cuando se está en el aire libre. También se les explicó paso a paso la intervención a realizarse en la fundación, con el propósito de que las personas en un futuro cercano se animaran a utilizar en sus hogares este tipo de filtros como medida de mitigación. Se aclara que la propuesta planteada en el presente proyecto debe ser solo temporal, ya que la comunidad con la informa-

ción recibida debería actuar como agente de cambio, para trabajar conjuntamente con la Secretaria de Salud, el MADS, etc. y las ladrilleras, para tratar de controlar la problemática de raíz; en este punto es de vital importancia de la participación del sector educativo, en especial de las Universidades que cuenten con programas de Ingeniería Ambiental y de grupos de investigación enfocados en salud ambiental, para verificar por ejemplo si dichas empresas tienen Planes y Sistemas de Gestión Ambiental, o si necesitan actualizarse, o recibiendo asesoría técnica en cuanto a la regulación sobre este tipo de sustancias y sistemas de producción más limpia.

Conclusiones

En las encuestas realizadas en el Barrio Lagunitas se evidenció que los síntomas más frecuentes fueron la irritación ocular, la respiración rápida y dificultades para respirar que se han manifestado principalmente en menores de edad, estos síntomas podrían estar relacionados con la mala calidad del aire del sitio de estudio.

La concentración de PM_{10} presente en la Fundación Palagus para un periodo de 24 horas fue de $118 \mu\text{g}/\text{m}^3$, valor que supera el máximo permisible de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para dicho periodo de tiempo y que podrían afectar la salud respiratoria de la población expuesta.

El sistema de filtros extraíbles propuesto para las ventanas de la Fundación Palagus lograron disminuir el PM_{10} en un 41%, por lo que se puede afirmar que este tipo de sistemas (que son económicos y de fácil instalación) son bastante eficientes para atrapar este tipo de contaminantes.

Referencias

- [1] N. Tovar-García, "Análisis preliminar de los impactos ambientales y sociales generados por la minería de arcillas a cielo abierto en la vereda el mochuelo bajo, ciudad bolívar, Bogotá D.C. estudio de caso", Trabajo de Grado, Carrera de Ecología, Facultad de Estudios Ambientales y Rurales, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá D.C., 2013.
- [2] J.L. Jaya-Sucozhañay y J. L. Gomezcoello-Vásquez, "Análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión de ladrilleras artesanales utilizando 3 tipos de combustibles. Tesis de Grado, Carrera de Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2012.
- [3] L.J. Hernández-Florez, G. Aritizabal-Duque, L. Quiroz, K. Medina, N. Rodríguez-Moreno, R. Sarmiento, R. y S.D. Osorio-García, "Contaminación del aire y enfermedad respiratoria en menores de 5 años de Bogotá, 2007", Rev. salud pública, vol. 15, no. 4, pp. 503-516, 2013.
- [4] R. M. Harrison, & J. X. Yin, "Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health?", Sci. Total Environ, vol. 249, pp. 85–101 (2000).
- [5] C. Liu, P. C. Hsu, H.W. Lee, M. Ye, G. Zheng, N. Liu, W. Li & Y. Cui, "Transparent air filter for high-efficiency $PM_{2.5}$ capture", Nat commun, vol. 6, no. 6205, pp. 1-9, 2015.
- [6] US Department of Energy's Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, 2010 Buildings Energy Data Book, D&R International Ltd., 2011.
- [7] L.V. Cremades, M.E. Gómez, "Eficacia en la retención de partículas del polvo de madera: tela no tejida frente al tafetán. A: International Congress on Project Engineering". 16th International Congress on Project Engineering". Valencia: Asociación Española de Ingeniería de Proyectos (AEIPRO), pp. 1860-1870, 2012.
- [8] Departamento Administrativo Nacional de Estadística, "Obtenido de Proyección Poblacional De Bogotá", [online], Disponible en: <http://www.dane.gov.co/>
- [9] Fundación Palagus. "Reseña Histórica de la Fundación Palagus Sembradores de Esperanza", [online], Disponible en: <https://fundacionpalagus.jimdo.com/sobre-nosotros/>
- [10] Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, "Resolución 610 del 2010 (marzo 24)" [online], Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/bf-Resolución%20610%20de%202010%20-%20Calidad%20del%20Aire.pdf>

- [11] Hospital Vista Hermosa E.S.E I NIVEL, “Proyecto de vigilancia epidemiológica, ambiental y sanitaria web/node/sites/default/files/boletines_2015/BOLETINES_EPIDEMIOLOGICOS/EL_BOLETIN_HVH_DICIEMBRE_2015.pdf
- [12] de los efectos en salud por exposición a material particulado”. En: Boletín epidemiológico mensual de la línea de aire, ruido y radiación electromagnética no. 42, pp. 26, 2015, [online], Disponible en:<http://www.hospitalvistahermosa.gov.co/>
- [13] N. Bruce, R. Perez-Padilla & R. Albalak, “Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge”. Bull. World Health Organ, vol. 78, pp. 1078–1092, 2000.

Los Autores



Möritz Velásquez Riaño

Microbiólogo Industrial y Doctor en Ciencias del Medio Ambiente y Alimentarias. Actualmente se desempeña como docente e investigador en el programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque, hace parte del Grupo Producción Limpia Choc Izone como investigador en la línea de Salud Ambiental.



Alejandra Bernal Troncoso

Estudiante de décimo semestre del Programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque, integrante del semillero Calidad del Agua y Ecología Microbiana y adscrita como estudiante de trabajo de grado al proyecto de investigación titulado “producción de etanol a partir de la celulosa microbiana obtenida a partir de vinaza” financiado por la vicerrectoría de investigación de la Universidad El Bosque con código PCI-2015-8165.



Gloria Esperanza Ruiz Tovar

Estudiante de décimo semestre del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque, extensionista de la multinacional Syngenta e integrante del semillero Desarrollo Sostenible y Sustentable de Cultivos, con énfasis en recuperación de suelos en la misma universidad.



Karen Liyed González López

Ingeniera Ambiental egresada de la Universidad El Bosque, con conocimientos relacionados hacia la gestión de residuos sólidos y residuos peligrosos, calidad del agua y calidad del aire, sistemas de gestión ambiental, normativa ambiental colombiana, conceptos relacionados con seguridad y salud en el trabajo, evaluación y manejo de impactos ambientales, entre otros. Actualmente trabaja en el proyecto de Gestión Integral de Residuos Sólidos de la Corporación Autónoma Regional de Chivor – CORPOCHIVOR.



Juan Sebastián Cruz Arteaga

Estudiante de décimo semestre del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque. Integrante del Semillero Calidad del Agua y Ecología Microbiana de la misma universidad. Formación con énfasis en estrategias de gestión ambiental y responsabilidad ambiental en pequeñas, medianas y grandes empresas.



David Chivatá Laiton

Estudiante del programa de Ingeniería Ambiental de la Universidad El Bosque, actualmente cursando décimo semestre, inscrito al semillero Calidad del Agua y Ecología Microbiana, co-liderando el proyecto titulado “Evaluación de un humedal artificial subsuperficial horizontal de flujo horizontal (HSSF) con especies endémicas para el reúso de las aguas provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) de la Universidad El Bosque – Campus Chía (Cundinamarca)” con código PCI-2015-8385.