

**EVALUACIÓN DE LA VIABILIDAD DEL APROVECHAMIENTO DE LA
CÁSCARA DE BANANO PARA LA REMOCIÓN DE PLOMO EN LAS
AGUAS DE RIEGO DE CULTIVOS DE LECHUGA, EN UN ESTUDIO DE
CASO EN LA VEREDA BOSATAMA, DEL MUNICIPIO DE SOACHA,
CUNDINAMARCA**

**Vanessa Rincón Vallejo
Oscar Julián Vásquez Galindo**

**UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA
Facultad de Ciencias Ambientales
Programa en Administración y Gestión Ambiental**

Bogotá D.C., Mayo del 2016

UNIVERSIDAD PILOTO DE COLOMBIA

**Facultad de Ciencias Ambientales
Programa en Administración y Gestión Ambiental**

Evaluación de la viabilidad del aprovechamiento de la cáscara de banano para la remoción de plomo en las aguas de riego de cultivos de lechuga, en un estudio de caso en la vereda Bosatama, del municipio de Soacha, Cundinamarca

**Vanessa Rincón Vallejo
Oscar Julián Vásquez Galindo**

**Director
Lina María Flórez Ramírez, Ingeniera Ambiental**

Proyecto de grado presentado como requisito para la obtención del título de
Profesional en Administración y Gestión Ambiental

Bogotá D.C., Mayo del 2016

Universidad Piloto de Colombia

Facultad de Ciencias Ambientales – Programa en Administración y Gestión Ambiental

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

Evaluación de la viabilidad del aprovechamiento de la cáscara de banano para la remoción de plomo en las aguas de riego de cultivos de lechuga, en un estudio de caso en la vereda Bosatama, del municipio de Soacha, Cundinamarca

Vanessa Rincón Vallejo, Oscar Julián Vásquez Galindo Nombre, Título académico

Director del proyecto de grado _____

Nombre, Título académico
Co-Director del proyecto de grado _____

Nombre, Título académico
Miembro del Jurado _____

Nombre, Título académico
Miembro del Jurado _____

Nombre, Título académico
Decano _____

Bogotá D.C., Mayo del 2016

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad Piloto de Colombia (UPC) y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la UPC para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual.

Nombre: _____

C. C.: _____

Nombre: _____

C. C.: _____

Lugar: _____ Fecha: _____

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen María, quienes me acompañaron y guiaron en éste arduo camino, y junto con sus bendiciones no me dejaron desfallecer.

A mis padres, Oscar y Luisa, la base de mi educación, el ejemplo vivo de amor, perseverancia, trabajo y dedicación, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación, siendo mí apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presenta sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ellos que soy lo que soy ahora, y merecen éste gran logro que refleja el amor que siento.

Vanessa Rincón Vallejo

DEDICATORIA

Primordialmente a Dios por su acompañamiento constante y a la vida por su aprendizaje continuo. A mis padres por su esfuerzo y sacrificio para formarme como profesional y como una persona de bien y útil para la sociedad. Y finalmente a todos aquellos que directa o indirectamente colaboraron en el cumplimiento de esta meta.

Oscar Julián Vásquez Galindo

AGRADECIMIENTOS

Agradecer sin lugar a dudas a mi familia por su amor incondicional desde el principio, mi madre y su ternura mi padre y su sacrificio.

A dios, por brindarme la oportunidad de estudiar y de guiarme y apoyarme en los momentos difíciles vividos durante estos años.

De igual manera, agradecerle a la vida por la oportunidad de estudiar, de aprender y de conocer. Finalmente agradecer a mis profesores, a la universidad, a la facultad y a cada uno de mis compañeros por permitirme conocerlos y compartir muchos momentos gratos junto a ellos.

Oscar Julián Vásquez Galindo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a la Virgen María y a la vida, por permitirme culminar esta etapa de mi vida con éxito, y satisfacción personal de que cumplí una meta más y que aprendí el significado de la educación.

A mi familia, fuente de apoyo constante e incondicional a lo largo de mi vida, y más aún en mis duros años de carrera profesional; pero en especial a mis padres, Oscar y Luisa, por los valores que me han inculcado, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación, y por demostrarme que ante la dificultad siempre hay manos llenas de amor con las que se puede contar.

A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza; y finalmente un eterno agradecimiento a esta Universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como nosotros, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

Vanessa Rincón Vallejo

RESUMEN

En Colombia, tanto la contaminación en los ríos como la estabilidad del sector agropecuario, son temas de alta importancia y trascendencia; el plomo uno de los elementos químicos y factores que influyen en ambos aspectos, no solo por su alto nivel de peligrosidad para la salud del ser humano, sino también por su incidencia en los ciclos de la naturaleza, se encuentra presente hoy en las industrias y empresas donde fabrican pinturas anticorrosivas, talleres de reparación de radiadores, producción de aditivos para gasolina, entre otras. Debido a la actual problemática de contaminación con plomo de las principales cuencas del país, y su uso como agua de riego de cultivos, se realizó un estudio de retención de plomo en aguas del Río Bogotá, a partir de cáscaras de banano convertidas en polvo. Para su realización se recolectaron muestras de la cuenca media del Río Bogotá, las cuales fueron analizadas con el fin de obtener la concentración inicial de plomo, para luego ser mezcladas con cantidades de 0.02, 0.05, 0.2, 0.5, 0.8 y 1 gramos de polvo de cáscara de banano, una vez esta mezcla paso por un embudo de filtración se procedió a cuantificar la concentración final de plomo por medio de dos métodos químicos, uno el colorimétrico y otro utilizando un espectrofotómetro de Absorción Atómica.

Con los resultados obtenidos en los laboratorios, se calculó el porcentaje de retención para cada muestra, siendo el 100% la mayor cifra de retención de plomo al utilizar 1 gramo de polvo de cáscara de banano en la muestra de agua recolectada del Río Bogotá. Con esto se ratificó la eficiencia del polvo de la cáscara de banano en la remoción del metal pesado plomo, lo que convierte éste método en una alternativa sencilla, eficiente y económica, que en la actualidad beneficiaría de manera importante al sector horticultor.

ABSTRACT

In Colombia, both pollution in rivers such as the stability of the agricultural sector, are matters of high importance and transcendence; Lead one of the chemical elements and factors that influence both aspects, not only for its high level of danger to human health, but also for its impact on the cycles of nature, is now present in industries and companies which manufacture anticorrosion paints, radiator repair shops, production of gasoline additives, among others. Due to the current problem of lead contamination of the main basins of the country, and its use as irrigation water for crops, a study of retention of lead was conducted in waters of the Rio Bogota, from banana peels into a powder. For its implementation samples the middle basin of the Bogotá River, which were analyzed in order to obtain the initial concentration of lead, and then be mixed with amounts of 0.02, 0.05, 0.2, 0.5, 0.8 and 1 grams of powder were collected banana peel, once this mixture passing through a filter funnel proceeded to quantify the final concentration of lead by two chemical methods, one colorimetric and another using an using an atomic absorption spectrophotometer.

With the results obtained in the laboratory, the retention rate was calculated for each sample, with 100% holding the largest number of lead using 1 gram of powder banana peel in the water sample collected from the Rio Bogota. With this efficiency dust banana peel in removing the heavy metal lead it was ratified, making this method in a simple, efficient and economical alternative in the present beneficiary of the horticultural sector so important.

CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2. JUSTIFICACIÓN	18
3. ANTECEDENTES	20
4. OBJETIVO GENERAL.....	23
4.1 Objetivos específicos	23
5. MARCO TEORICO.....	23
5.1. Agua y su importancia	23
5.2. Uso de agua a nivel internacional	24
5.3. Uso de agua en agricultura.....	24
5.4. Uso de agua en Colombia	25
5.5. Agua y agricultura en Colombia	25
5.6. Agua y contaminación	26
5.7. Agua y contaminación por metales pesados	26
5.8. Agua y contaminación por plomo.....	27
5.9. Efectos del plomo en el ambiente y salud humana	28
5.10. Lechuga (láctica sativa)	29
5.10.1 Características del cultivo de lechuga.....	30
5.11. Cultivo de lechuga en Colombia – Cundinamarca	31
5.12. Municipio de Soacha.....	32
5.12.1. Clima.....	32
5.12.2. Hidrología	33
5.12.3. Geomorfología	36
5.12.4. Población y economía.....	36
5.12.5. Cultivo de lechuga en Soacha.....	37
5.12.6. Vereda Bosatama	37
5.13. Tecnologías alternativas para descontaminar aguas con metales pesados.....	38
5.14. Tecnología de remoción de plomo, por medio de la cascara de banano.....	39
6. DISEÑO METODOLÓGICO.....	39
7. RESULTADO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	50
7.1 Resultados prueba piloto.....	51
7.2 Resultados segundo laboratorio	53

7.3 Resultados tercer laboratorio	¡Error! Marcador no definido.
8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO.....	53
8.1 Análisis de resultados obtenidos utilizando ANOVA	¡Error! Marcador no definido.
9. COSTOS DE EJECUCIÓN PARA UN AÑO DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA EN UNA HECTAREA.....	68
9.1 Estructura de costos del proyecto	78
9.2 Beneficios ambientales y financieros.....	81
10. CONCLUSIONES	84
11. RECOMENDACIONES	85
12. BILIOGRAFÍA	86
13. GLOSARIO	93

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Materiales y equipos.....	51
Tabla 2 pH, conductividad, STD y turbiedad, sin alterar la muestra.....	52
Tabla 3 Resultados concentraciones de plomo, según dosis aplicada de polvo de cáscara de banano.....	52
Tabla 6 Eficiencia del polvo de cáscara de banano por concentración.....	55
Tabla 8 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 1 g y 0,8 g de polvo de cáscara de banano.....	58
Tabla 9 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 1 g y 0,5 g de polvo de cáscara de banano.....	58
Tabla 11 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 1 g y 0,05 g de polvo de cáscara de banano.....	59
Tabla 12 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 1 g y 0,02 g de polvo de cáscara de banano.....	60
Tabla 13 Varianzas entre las dosis de polvo de cáscara de banano y 1 g de polvo de cáscara de banano.....	61
Tabla 14 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,8 g y 0,5 g de polvo de cáscara de banano.....	61
Tabla 15 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,8 g y 0,2 g de polvo de cáscara de banano.....	62
Tabla 16 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,8 g y 0,05 g de polvo de cáscara de banano.....	62
Tabla 17 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,8 g y 0,02 g de polvo de cáscara de banano.....	63
Tabla 18 Varianzas entre las dosis de polvo de cáscara de banano y 0,08 g de polvo de cáscara de banano.....	63
Tabla 19 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,5 g y 0,2 g de polvo de cáscara de banano.....	64
Tabla 20 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,5 g y 0,05 g de polvo de cáscara de banano.....	64
Tabla 21 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,5 g y 0,02 g de polvo de cáscara de banano.....	65
Tabla 22 Varianzas entre las dosis de polvo de cáscara de banano y 0,5 g de polvo de cáscara de banano.....	65
Tabla 23 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,2 g y 0,05 g de polvo de cáscara de banano.....	66
Tabla 24 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,2 g y 0,02 g de polvo de cáscara de banano.....	66
Tabla 25 Varianzas entre las dosis de polvo de cáscara de banano y 0,2 g de polvo de cáscara de banano.....	67
Tabla 26 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,05 g y 0,02 g de polvo de cáscara de banano.....	67
Tabla 27 Varianzas entre las dosis de polvo de cáscara de banano y 0,05 g de polvo de cáscara de banano.....	68

Tabla 28 Costos de inversión.....	78
Tabla 29 Costos de operación y mantenimiento.....	79
Tabla 31 Relación mercados – valor anual.....	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción de lechuga en el departamento de Cundinamarca. Fuente: (Sistema de Estadísticas Agropecuarias, 2013)	31
Figura 2. Rendimiento del cultivo de lechuga en el departamento de Cundinamarca. Fuente: (Sistema de Estadísticas Agropecuarias, 2013)	32
Figura 3. Estudio climatológico Soacha, Cundinamarca. Fuente: (Datos climáticos mundiales, s. f.)	33
Figura 4. Ubicación vereda Bosatama en el mapa del municipio de Soacha, Cundinamarca. Fuente: (Alcaldía de Soacha - Cundinamarca, 2012)	38
Figura 5. Esquema metodología por objetivo. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)	41
Figura 6. San José de Bosatama, Soacha, Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)	42
Figura 7. Recolección de la muestra. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015).....	43
Figura 8. Test de jarras. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)	43
Figura 9. Método de análisis de Plomo - colorimétrico. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)	44
Figura 10. Equipo Multiparámetro. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015).....	45
Figura 12. Secado de cáscaras de banano. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)	46
Figura 13. Polvo de cáscara de banano. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)	47
Figura 14. Test de jarras. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)	48
Figura 15. Test de jarra a 180 Revoluciones Por Minuto (RPM). Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015).....	48
Figura 16. Filtración mediante embudo. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015).....	49
Figura 18 Riego por aspersión en cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha, Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015).....	71
Figura 19 Motor Diésel, unidad de bombeo en cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015).....	72
Figura 20 Tubería de succión y descargue, cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015).....	72
Figura 21 Acoples, cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015).....	73
Figura 22 Surtidores, cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015).....	73
Figura 23 . Esquema de implementación y funcionamiento del polvo de cascara de banano en el riego de cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015).....	75

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el estudio realizado por la Universidad Nacional de Colombia en la sabana de Bogotá, se encontraron casos de presencia de metales pesados en productos agrícolas. En el municipio de Soacha, Cundinamarca, la lechuga presentó en su tejido foliar una concentración de plomo (Pb), de 0,74 ppm, cifra que es muy superior a la normatividad de la Unión Europea para el año 2007, cuya permisividad es de 0,1 ppm en hortalizas frescas (Universidad Nacional de Colombia, 2009), y para el caso colombiano la resolución 631 de 2015 establece para el plomo una cantidad admisible de 0.50 mg/l presente en agua empleada para riego de cultivos (Secretaría Distrital de Ambiente; Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2008); en relación con la cita textual del mismo estudio,

“con respecto a las concentraciones de metales pesados en los tejidos de las plantas sometidas a riego con las aguas del río Bogotá, se encontró una acumulación considerable y una consecuente contaminación por metales pesados como cadmio y plomo; en lechuga llega a exceder en más de un 200% los niveles máximos permitidos por la normatividad colombiana e internacional, lo cual resulta un valor inadmisibles para una hortaliza de consumo en fresco. Este factor por si solo se constituye en limitante para su comercialización y consumo” (*Universidad Nacional de Colombia, 2009*)

y el estudio de calidad del recurso hídrico de Bogotá, que realizó la Alcaldía Mayor de Bogotá junto con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia para el año 2004, que encontró cifras de plomo en el río Bogotá desde 0,009 hasta 0,039 t/día (Alcaldía Mayor de Bogotá; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, 2004), se conoce que la calidad de agua para riego implica una limitante para el desarrollo de las actividades del sector hortícola en Colombia.

En el Distrito Capital el principal cauce superficial es el río Bogotá, comprendido en tres tramos: el primero, hace referencia a la Cuenca Alta desde el nacimiento del río Bogotá en Villapinzón, hasta el puente de la Virgen en Cota; el segundo tramo o Cuenca Media, abarca desde el puente de la Virgen (Cota), hasta antes del embalse del Muña en Alicachín; y el tercero o Cuenca Baja comprende desde el embalse del Muña hasta la desembocadura en el Río

Magdalena (Institutos de Estudios Urbanos). El río en su nacimiento presenta aguas cristalinas, ricas en oxígeno y muy poco contaminadas; desde el tramo de Villapinzón hasta su desembocadura, presenta aportes de aguas residuales, generando la presencia de niveles crecientes de contaminación biológica, química y física (Fundación al Verde Vivo, 2003). La contaminación biológica es muy alta entre la desembocadura del río Juan Amarillo y Alicachín (embalse del Muña), los valores de carga orgánica oscilan entre 75.840 t/año para 2014 (Observatorio Ambiental de Bogotá, 2014); sin embargo, los valores máximos los alcanza aguas abajo del Tunjuelo, una vez que el río ha recibido la totalidad de aguas residuales de Bogotá. Entre los principales contaminantes se encuentran coliformes, materia orgánica, lodos industriales y metales pesados como, níquel, cromo, plomo, derivados de curtiembres, canteras, lavaderos de arena, metalmecánicas, entre otras industrias (Pérez Preciado, 2008) y aun así, el río se utiliza para la irrigación de pastos y sembrados de hortalizas ubicados en la sabana de Bogotá.

El crecimiento de la población nacional, ha obligado al desplazamiento hacia la periferia de las grandes ciudades, y por ende a aumentar la demanda del recurso hídrico. Este es el caso del municipio de Soacha, ubicado en la Cuenca Media del río Bogotá, el cual posee una población aproximada de 511.262 habitantes para el año 2015 según proyecciones del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2015), y entre sus principales actividades económicas se encuentra la agricultura, aproximadamente con 2557,79 ha sembradas para el 2008 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2008), de las cuales 311,5 ha son pertenecientes a cultivos de lechuga (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca, 2009). Estos sistemas productivos se caracterizan por estar constituidos en su mayoría por pequeños y medianos productores, que representan parte importante en el mercado hortícola de los principales centros de abasto, no solo de la región sino de otras zonas del país. Puesto que son productos para el consumo humano, se debe asegurar no solo la inocuidad de los mismos, sino también la calidad del agua utilizada para la producción del cultivo. A pesar de que en la denominada cuenca alta del Río Bogotá, la operación y eficiencia de las plantas de tratamiento de aguas residuales, posibilitan la reutilización del recurso hídrico en las actividades de riego, ésta no garantiza el cumplimiento de los parámetros de calidad establecidos para el uso agrícola. Por ende se han presentado problemas económicos para los horticultores, respecto a la decreciente demanda de productos agrícolas, y de salud pública para los consumidores,

derivados del dispendio de hortalizas, cuyo riego se lleva a cabo con aguas captadas directamente de corrientes hídricas del río Bogotá en inmediaciones de Bosa y Soacha (Instituto de Estudios Urbanos, s. f.), según el informe epidemiológico de las enfermedades transmitidas por alimentos y agua (ETA), Hepatitis A, Fiebre Tifoidea y Paratifoidea, en municipios rivereños a la cuenca del río Bogotá, para el año 2010 que realizó el Instituto Nacional de Salud, se evidencia para el caso de Hepatitis A un total de 41 casos notificados en el municipio de Soacha, Cundinamarca (Instituto Nacional de Salud, 2010).

Las soluciones a esta problemática incluyen desde métodos comunes, como la precipitación en forma de hidróxido, añadiendo soda cáustica (NaOH) o cal (CaO) para obtener un pH alcalino, donde se suelen añadir sulfato de hierro y de aluminio como coagulantes, hasta sílice modificado en gel, alúmina, carbono activado, resinas, arcillas activadas y biopolímeros, sin embargo, estos métodos suelen ser costosos para los horticultores, contaminantes, tóxicos, y en algunos casos poseen baja eficiencia de eliminación cuando dos o más metales pesados se encuentran en el mismo efluente (Pérez, 2006) (American Chemical Society, 2011).

A partir de lo mencionado anteriormente, se plantea la siguiente interrogante, ¿Qué condiciones garantizan la viabilidad de la tecnología de remoción de plomo del agua por medio de cáscara de banano, para mejorar los aspectos económicos y ambientales relacionados con el uso de agua contaminada para riego de cultivos de lechuga en el municipio de Soacha, Cundinamarca?

2. JUSTIFICACIÓN

Bogotá como Distrito Capital de Colombia, es uno de los principales centros abastecedores de alimentos. A éstos llegan diariamente cerca de 12 mil toneladas de productos de diferentes lugares del país, para luego ser distribuidos hacia toda la ciudad y otros departamentos (Corabastos, 2012).

La lista de horticultores encargados de la despensa diaria de hortalizas en el país, es encabezada por los localizados en el departamento de Cundinamarca (27%), seguidos por Boyacá (20%), y finalmente Antioquía (11%) (Asociación Hortifrutícola de Colombia, 2009),

quienes junto con el resto del país alcanzan 5.000m² de predios dedicados a la producción de hortalizas, sin embargo este sector productivo suele tener un uso intensivo de mano de obra y de los recursos, altos costos de producción, carencia de tecnologías apropiadas, entre otros aspectos, que limitan el creciente desarrollo de la economía hortícola (Asociación Hortifrutícola de Colombia, 2009).

En la Sabana de Bogotá es donde más se observan casos de predios de menor tamaño para cultivos de hortalizas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2009), y uno de los municipios a los que más se le atribuye esta característica es Soacha, sumado a esto, otra de las problemáticas que afectan directamente el buen desarrollo de los cultivos de lechuga en el municipio de Soacha, Cundinamarca, son las deficiencias en calidad que presenta el agua para riego proveniente del río Bogotá, lo que ha ocasionado por un lado, la disminución en la competitividad de los pequeños y medianos productores, frente a un mercado altamente exigente en cuanto a normas de sanidad, y por otro, consecuencias en la salud de los consumidores de hortalizas, quienes se han visto afectados por la presencia de metales pesados en productos alimenticios, - como el ocurrido en Soacha, donde la lechuga presentó en su tejido foliar una concentración de plomo (Pb), de 0.74 ppm, cifra que es muy superior a la normatividad de la Unión Europea para el año 2007, cuya permisividad es de 0.1 ppm en hortalizas frescas (Lasprilla, D., Carranza, C., Fischer, G., 2008) y para el caso colombiano la norma establece para el plomo una cantidad admisible de 0.50 mg/l (Secretaría Distrital de Ambiente; Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2008) -, lo que genera disminución en la demanda debido a la falta de confianza frente al producto. Por lo tanto, muchos de los productores hortícolas piden soluciones viables, como lo hace *Élver Muñoz, productor usuario del Distrito la Ramada*, quien sostuvo “*que teniendo en cuenta la situación que revela el estudio de la UN, las autoridades deberían ofrecerles alternativas para sus cultivos, pues serían necesarias tecnologías demasiado costosas para ser asumidas por cada uno de ellos*” (Universidad Nacional de Colombia, 2009).

Las alternativas de solución convencionales a la problemática de calidad de agua para riego, varían desde sílice modificado en gel, alúmina, carbono activado, resinas, arcillas activadas, y biopolímeros, métodos costosos, ineficientes, contaminantes y tóxicos, hasta,

productos naturales que generalmente se consideran residuos, como el bagazo de caña de azúcar, cáscaras de maní, los residuos de manzana, naranja y banano. Desde este punto de vista, el material sólido natural puede ser considerado como una alternativa más atractiva, económica, amigable con el medio ambiente y de fácil acceso e implementación, además de estar alineado con los conceptos de la química verde (Hirschfeld, 2011).

Por éstos motivos, esta investigación pretende ser un aporte inicial para toda la población colombiana, desde los agricultores del municipio de Soacha, Cundinamarca, quienes se abastecen de agua contaminada resultante de aguas residuales domésticas e industriales provenientes del río Bogotá (Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura, 2010), hasta la red de consumidores, quienes son los usuarios directos de éstos alimentos, para los cuales se hace preciso encontrar una alternativa ambientalmente viable y accesible, que mejore las condiciones de riego de cultivos, impulse el desarrollo económico de estos sectores, y disminuya los problemas de salud pública, garantizando la permanencia y estabilidad de éste sector altamente productivo en el país.

3. ANTECEDENTES

Los alimentos contaminados con metales pesados a causa del riego de cultivos con aguas captadas de cauces de baja calidad, no solo se relacionan con la lechuga, el plomo y el río Bogotá; en Perú en una reciente investigación desarrollada en Cajamarca, se determinó el nivel de coliformes fecales y la frecuencia de E. coli en 85 muestras de hortalizas, obtenidas de manera aleatoria y expandidas en los principales mercados de la urbe. El 40% de las muestras analizadas presentaron coliformes y la bacteria E. coli en el perejil y la lechuga, esto a causa de la utilización de las aguas del río Machángara, contaminadas con descargas de aguas servidas de toda la capital, provocando problemas de salud para la provincia y para el país, que utiliza diariamente hortalizas para su alimentación (Clavijo Ramos, 2011). En Madrid, España, Miguel Yuste, declaró que la muerte por cáncer entre la población madrileña, se debe al consumo de hortalizas contaminadas, pues éstas fueron regadas con aguas extraídas del río Manzanares, el cual fue contaminado por una fuga incontrolada de un reactor nuclear (Yuste, 2015).

Para el caso Colombiano, según el Informe nacional sobre la gestión del agua en Colombia, elaborado con apoyo de la Asociación Mundial del Agua y la Comisión Económica Para América Latina (CEPAL), las fuentes que contribuyen al deterioro del agua y al incremento constante de la contaminación en el país son diferentes, siendo los sectores agropecuario, industrial y doméstico los principales responsables, ya que en conjunto generan cerca de 9 mil toneladas de materia orgánica contaminante. El documento, señala que al entorno natural se descargan casi 4.500.000 m³ de aguas residuales domésticas e industriales, y la mayoría de los municipios no cuentan con plantas para su tratamiento. Ciudades del nivel de Barranquilla tan solo tienen a su disposición lagunas de oxidación antes del vertimiento de las aguas, mientras la capital, Bogotá, cuenta con una planta de tratamiento que solo procesa el 20% de lo que producen los habitantes (Comisión Económica Para América Latina y el Caribe , 2000); a pesar de los esfuerzos por parte de los gobiernos locales y nacionales respecto a la problemática de contaminación del recurso agua, no solo el río Bogotá posee problemas de contaminación, según un estudio de la Universidad Nacional de Colombia, se encontró presencia de Plomo en el tejido de los peces en Puerto López (Meta), con el bagre rayado; la represa de Betania (Huila), con el capaz; y Suesca (Cundinamarca), con el pez capitán (Landines & Gonzales, 2013).

A raíz de ésta problemática, han surgido múltiples alternativas “verdes” o tecnologías apropiadas para la eliminación de metales pesados del agua, las cuales varían desde la utilización del bagazo de caña de azúcar, cáscaras de maní, hasta los residuos de manzana, naranja y banano. La Universidad del Estado de São Paulo (UNESP) en la ciudad de Botucatu, encabezados por el Ingeniero Gustavo Castro encontraron en la cáscara de banano, un método de remoción de plomo, cobre, arsénico y cadmio (Minard, 2011), en donde destacaron la biodegradabilidad y naturalidad del banano, lo que significa un método mucho más seguro de eliminar los metales pesados, y además, con un nivel de rendimiento mayor a los métodos tradicionales (Fernandes, 2013).

Los medios de comunicación se han sumado a ser parte de esta alternativa, por esto han decidido ser escenario para la divulgación de ésta importante investigación, entre ellos se encuentra la revista Industrial & Engineering Chemistry Research que en febrero 16 del 2011, desarrolló un artículo basado en la investigación que se realizó en la Universidad del Estado de

São Paulo, donde indica que las cáscaras de banano son útiles removiendo los metales que la industria deja en sus aguas residuales debido a una atracción por fuerzas electrostáticas, y que además lo hacen de forma más segura (Hirschfeld, 2011); otras revistas y páginas de internet dedicadas a la ciencia y tecnología como, National Geographic (Minard, 2011), Discovery News (News Discovery, 2011), entre otras, han decidido publicar esta investigación, con el fin de informar y dar a conocer esta innovadora tecnología, para dar paso a investigaciones específicas que vinculen la utilización de la misma; también trabajos de grado, han asociado el tema desarrollado por la Universidad de São Paulo, entre los que se destacan, la “evaluación del uso de la cáscara del banano para la remoción de arsénico en el agua para consumo humano” a cargo de la Ingeniera Vilma Margarita Caballero Alvarado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde concluyó que para la eliminación de arsénico, la tecnología de la cáscara de Banano es eficiente hasta en un 80% en muestras de agua con concentraciones no mayores de 0.05 mg/L, y además encontró que la cáscara de Banano como medio filtrante, aporta color al agua, afectando su calidad organoléptica haciendo que requiera un tratamiento adicional para remover el color (Caballero Alvarado, 2012), y el otro titulado, “estudio preliminar de la retención de plomo en agua a partir de cascaras de *musa sapientum* (banano) utilizadas como filtro” con la autoría de Ana maría Alvarado Chávez y Denise Elizabeth Gómez Díaz, donde concluyeron que con 10g de cáscara de banano pulverizada y seca, la retención de plomo fue de 98.82%, mientras que con 5g fue de 97.93%, lo que demuestra que entre más cantidad de polvo de cáscara de banano se use, el nivel de retención será mucho mayor (Alvarado Chávez & Gómez Díaz, 2013).

A pesar de la investigación desarrollada por científicos de la Universidad del Estado de São Paulo y su divulgación a través de medio de comunicación y trabajos de grado, aún es muy frecuente el uso de aguas contaminadas con Plomo para riego de cultivos de lechuga en el municipio de Soacha; las soluciones actuales suelen ser costosas y poco alcanzables para la comunidad hortícola en general, por lo tanto se pretende con éste trabajo, determinar la viabilidad técnica, ambiental y socio-económica de aprovechar la cáscara de Banano para la remoción de plomo en las aguas de riego de cultivos de lechuga, en el municipio de Soacha, Cundinamarca, para así plantear una solución mucho más eficiente.

4. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la viabilidad técnica, de uso de la cáscara de banano para la remoción de plomo en las aguas del Río Bogotá, utilizadas para el riego de cultivos de lechuga, y su costo para un estudio de caso en el municipio de Soacha Cundinamarca.

4.1 Objetivos específicos

Analizar las condiciones técnicas que viabilizan el uso de la cáscara de banano como una tecnología apropiada, para ser utilizada por horticultores de lechuga en la remoción de plomo de aguas contaminadas.

Determinar el rango de dosis de polvo de cáscara de banano, con mayor eficiencia a la hora de remover la mayor cantidad de plomo presente en el agua de riego de cultivos de lechuga en el municipio de Soacha, Cundinamarca.

Cuantificar los costos del uso de la cáscara de banano para la remoción de plomo, en aguas de riego de cultivos de lechuga en la vereda Bosatama del municipio de Soacha, Cundinamarca.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Agua y su importancia

El agua es la sustancia que más abunda en la Tierra y es la única que se encuentra en la atmósfera en estado líquido, sólido y gaseoso. La mayor reserva de agua está en los océanos, que contienen el 97% del agua que existe en la Tierra, se trata de agua salada, que sólo permite la vida de la flora y fauna marina, el resto es agua dulce, pero no toda está disponible, gran parte permanece siempre helada, formando los casquetes polares y los glaciales (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2006). Éste líquido es uno de los elementos más esenciales para la salud, tanto del planeta, como de los seres que lo habitan, y resulta fundamental en la supervivencia del ser humano; el 70% del agua que dispone el planeta se emplea en la agricultura, el 22% en la industria –particularmente de alimentos y bebidas– y el

8% restante en usos domésticos, es decir, que su utilización se concentra en la producción de comida, por tanto, el comercio de alimentos equivale a una forma de comercio de agua (Cano, 2011).

5.2. Uso de agua a nivel internacional

A escala mundial, la actividad económica que más usa agua, es la agricultura, seguida de la industria, que utiliza casi dos veces más agua que los hogares, dejándoles un porcentaje mínimo de uso; en términos ambientales aún no está claro cuánta más agua debe permanecer en los ecosistemas para que se mantengan, pero hay indicios de que los límites y la capacidad de resiliencia están muy cerca. Si bien estamos extrayendo sólo el 10% de los recursos hídricos renovables y consumiendo el 5%, sigue habiendo problemas de calidad y cantidad para el uso humano o doméstico. El agua está distribuida de manera desigual en espacio y tiempo, y estamos deteriorando la calidad de mucha más agua que la que extraemos y consumimos (Cosgrove & Rijsberman, 2000). La población mundial crece rápidamente y los análisis indican que, de mantener las prácticas actuales, el mundo enfrentará una escasez mundial del 40% entre la demanda prevista y el suministro disponible en 2030 (Banco Mundial, 2013).

5.3. Uso de agua en agricultura

La agricultura es el mayor consumidor de agua del mundo. De acuerdo con Naciones Unidas, el riego representa el 70% de las extracciones de este recurso, mientras la producción de alimentos consume aproximadamente el 30% de la energía mundial, que en su mayoría se produce de manera hidráulica (Universidad del Norte, 2015); el riego es una de las actividades que consume la mayor parte del agua que se extrae (frecuentemente la mitad o más) como resultado de la evaporación, incorporación a los tejidos de las plantas y transpiración de los cultivos. La otra mitad recarga el agua subterránea, se encuentra como escorrentía superficial o se pierde como evaporación no productiva (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2002).

5.4. Uso de agua en Colombia

Colombia es uno de los países con mayor oferta hídrica natural en el mundo, se estimó para el año 2010 un rendimiento hídrico promedio de 63l/s-Km^2 , el cual supera seis veces el promedio mundial; en cuanto a escorrentía, del volumen total anual de precipitación del país (3.700 Km^3), el 61% se convierte en escorrentía superficial, lo que significa en términos de cantidad valores aceptables; sin embargo cuando de calidad se trata, el recurso hídrico colombiano posee grandes inconvenientes, para el año 2010 la carga total de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) generada por los sectores industrial y doméstico se estimó en 819.235 toneladas al año, de los cuales se removió el 11% a través de tratamiento de aguas residuales. Esto significa que la carga orgánica biodegradable vertida a los sistemas hídricos en Colombia alcanzó 729.300 toneladas, que equivalen a 2026 toneladas por día (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010).

Existen 9 tipos de usos para el agua según la norma colombiana, consumo humano y doméstico, preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, estético, pesca, maricultura y acuicultura, y navegación y transporte acuático (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2010), de los cuales el uso agrícola (54%), es el que mayor demanda del recurso posee, alcanza una magnitud de 19.386 mm^3 de agua utilizada para 2008, de los cuales el 56,33% es consumo efectivo, mientras el 43,67% no consumida por los cultivos (Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010).

5.5. Agua y agricultura en Colombia

En Colombia, desde la antigüedad la agricultura ha sido uno de los motores económicos más importantes y practicados por las poblaciones, si bien se ha experimentado una notable modernización en las zonas de mayor producción y uso intensivo del suelo, esto ha representado un importante incremento de la producción agrícola, que intrínsecamente ha aumentado la tasa de contaminación en algunas regiones del país, ocasionando en ellas un notable deterioro de los suelos, las aguas y, en general, del medio ambiente y la productividad de muchos productos agrícolas.

La extracción hídrica total nacional para el 2008 alcanzó los 11.767 km³, destacando el sector agrícola con una extracción de 6.391 km³, equivalente al 54% del total de las extracciones, del cual 5.867 km³ corresponden al riego y 0.524 km³ al sector pecuario (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2015). La huella hídrica agrícola colombiana para el año 2012, estimó un rango de 2052,5 – 4204,2 mm³/año, para el departamento de Cundinamarca, lo que significa uno de los departamentos con mayor volumen total de agua necesaria, directa e indirectamente, para alimentar las cadenas de producción y suministro de los bienes y servicios producidos, consumidos y/o exportados por los individuos, las empresas o los países (Arévalo Uribe, 2012).

5.6. Agua y contaminación

El recurso hídrico es un bien económico y debe ser visto como tal, sin embargo el creciente desarrollo económico y las malas prácticas ambientales, preocupan a la sociedad y naturaleza acerca de su disponibilidad futura. En términos de contaminación, según la Organización Mundial de la Salud el agua está contaminada “cuando su composición se haya modificado de modo que no reúna las condiciones necesarias para el uso, al que se le hubiera destinado en su estado natural”. Existen varias fuentes de contaminación hídrica a causa de actividades domésticas, industriales y agrícolas, las cuales aumentan a medida que crecen las poblaciones, por ejemplo, los habitantes de zonas urbanas descargan sus residuos en ríos que en muchas ocasiones no son depurados, y las industrias liberan sin control, sustancias que las bacterias son incapaces de eliminar, a esto se le suma el mal uso que se le ha dado al recurso, pues se utiliza agua potable para regar sembrados, para disfrute y recreación, y para diversos usos domésticos e industriales, en definitiva se olvida muchas veces, que este es un recurso no renovable y vital para el hombre y los seres vivos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2000).

5.7. Agua y contaminación por metales pesados

Los metales pesados son elementos químicos metálicos que tienen una densidad relativamente alta, y son considerados como tóxicos en concentraciones pequeñas; éstos se introducen a los sistemas acuáticos, como resultado de la erosión de suelos y rocas, de las erupciones volcánicas y/o de una amplia cantidad de actividades humanas (Salgado & Granda,

2006), entre ellas se encuentra la actividad industrial, la cual puede producir el ingreso de sustancias altamente tóxicas al agua como, cobre, cinc, plomo, mercurio, entre otras; éstos metales suelen ser acumulativos, la ingesta repetida de pequeñas cantidades determina al cabo del tiempo altas concentraciones de metales en los tejidos de los organismos. Estas aguas contaminadas suelen terminar en el mar y gran cantidad de peces de consumo humano se convierten a su vez en agentes tóxicos. Aunque muchos de los elementos metálicos son necesarios para el desarrollo de los organismos vivos, al exceder de una determinada concentración pueden resultar perjudiciales. Los metales pesados constituyen un importante problema mundial. Esta problemática se encuentra relacionada con su persistencia en el medio, y el consecuente factor de bioacumulación (Alvarado & Gómez, 2013).

5.8. Agua y contaminación por plomo

El plomo es un metal pesado, de color azuloso, que se empaña para adquirir un color gris mate. Es flexible, inelástico, se funde con facilidad a 327.4°C y hierve a 1725°C. Es relativamente resistente al ataque de los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Pero se disuelve con lentitud en ácido nítrico (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 2009); este metal tóxico se encuentra presente de forma natural en la corteza terrestre. Su uso generalizado ha dado lugar en muchas partes del mundo a una importante contaminación del medio ambiente, un nivel considerable de exposición humana y graves problemas de salud pública (Organización Mundial de la Salud, 2014).

Entre las principales fuentes de contaminación por Plomo, se destacan la explotación minera, la metalurgia, las actividades de fabricación y reciclaje y, en algunos países, el uso persistente de pinturas y gasolinas con plomo. Más de tres cuartos partes del consumo mundial de plomo corresponden a la fabricación de baterías de plomo-ácido para vehículos de motor, además del utilizado como pigmentos, pinturas, material de soldadura, vidrieras, vajillas de cristal, municiones, esmaltes cerámicos, artículos de joyería y juguetes. En la actualidad, buena parte del plomo comercializado en los mercados mundiales se obtiene por medio del reciclaje (Organización Mundial de la Salud, 2014).

En Colombia, la contaminación de agua por Plomo es cada vez más frecuente, la lista de ríos contaminados con éste metal pesado, es encabezada por el río Bogotá, el cual recibe descargas considerables particularmente en los tramos aguas debajo de las curtiembres de

Villapinzón, y de la desembocadura del Tunjuelo. Se estima que el río Bogotá vierte al Magdalena, diariamente, las siguientes cantidades de contaminantes químicos y físicos: 318 kg de Cromo, 278 kg de Plomo, 140 Ton de Hierro, 1.11 Ton de detergentes y 835 Ton de sólidos en suspensión, entre otros (Pérez Preciado, 2008); de las curtiembres de Villapinzón el plomo proveniente, se debe al proceso de quemado de los recortes del cuero, que producen cenizas las cuales contienen gran cantidad de cromo puro y plomo (El Tiempo, 1994), adicionalmente en ocasiones si se realiza el proceso de teñido del cuero, los colorantes aplicados están hechos a base de metales pesados entre los cuales se encuentra el plomo (Greenpeace, 2012).

5.9. Efectos del plomo en el ambiente y salud humana

AMBIENTE

La presencia del plomo en el aire atmosférico deteriora su calidad y origina complementariamente la formación de la "lluvia ácida", ocasionando una contaminación de los mantos acuíferos, disminución de la fotosíntesis vegetal, generación de comunidades microbiológicas como hongos y bacterias, que alteran los parámetros del suelo para el adecuado y sano uso de las especies vegetales, reducción en el crecimiento, en la biomasa y la transpiración de las plantas; además debido a la característica bioacumulable del plomo, el consumo de material vegetal por parte de animales, significa en muchos casos el desarrollo de anemia en mamíferos o su muerte por intoxicación.. (Alvarado & Gómez, 2013).

SALUD HUMANA

El plomo no desempeña ninguna función en el organismo humano; su importancia es debido a su toxicidad, y no por sus aplicaciones ni por sus propiedades terapéuticas, en el organismo humano concentraciones altas de plomo afectan los principales sistemas del organismo de manera diferente,

Sistema Hematopoyético: uno de los primeros y más importantes efectos son la alteración de la hemoglobina en la sangre provocando anemia (Alvarado & Gómez, 2013).

Sistema Nervioso: los efectos sobre el encéfalo (Sistema nervioso central), están más relacionados con el saturnismo (intoxicación por Plomo) infantil que con las intoxicaciones en

adultos, el principal daño es en los nervios motores, provocando parálisis saturnina (Alvarado & Gómez, 2013).

Sistema Urinario: se ha observado lesión tubular renal caracterizada por aminoaciduria, y hipofosfaturia, glucosuria, y albuminuria (Alvarado & Gómez, 2013).

Sistema Gastrointestinal: el síntoma más frecuente del saturnismo en este sistema es cólico; no es raro que venga acompañada por diarrea o por estreñimiento. Los síntomas graves normales vienen acompañados por palidez del rostro y por bradicardia. Una línea azul en las encías que se debe a una disposición local de sulfuro negro de plomo no es por sí misma una indicación de envenenamiento, pero su presencia puede ayudar a confirmar tal diagnóstico, puede considerarse como un grado de exposición peligrosa. También se han descrito otras manifestaciones: como pérdida de apetito, constipación, náuseas, vómito, sabor metálico en la boca y dolor abdominal (Alvarado & Gómez, 2013).

Sistema cardiovascular: la manifestación más común es presión arterial elevada asociada a altos niveles de plomo (Alvarado & Gómez, 2013).

Sistema esquelético: el plomo se acumula en el esqueleto, sobre todo en los extremos de los huesos largos, los extremos de la costilla y en los metacarpianos, aumentando la densidad de esta zona, también se presentan defectos renales, en la estructura del diente, debido a que este metal se concentra en ellos al igual que en los huesos y tejido adiposo (Alvarado & Gómez, 2013).

5.10. Lechuga (láctica sativa)

La lechuga o *Lactuca sativa L.* es originaria del Mediterráneo oriental y del occidente de Asia, propia de las regiones semi-templadas que se cultiva con fines alimenticios. En Colombia, este cultivo se desarrolla principalmente en Cundinamarca, Antioquia y Nariño. En la actualidad, el país produce 60 mil toneladas. Su raíz no llega nunca a sobrepasar los 25 cm de profundidad, es pivotante, corta y con ramificaciones; sus hojas suelen estar colocadas en roseta, desplegadas al principio; en unos casos siguen así durante todo su desarrollo (variedades romanas), y en otros

se acogollan más tarde. El borde de los limbos pueden ser lisos, ondulados o aserrados, su tallo es cilíndrico y ramificado (Departamento de Agricultura, 2008).

5.10.1 Características del cultivo de lechuga

TEMPERATURA

La lechuga puede tolerar las heladas ligeras pero no resiste bien temperaturas superiores a los 30°C. La germinación dura 3 días a una temperatura entre 15 y 20°C, y 15 días cuando la temperatura es de 5°C. Si se sobrepasa los 25°C, la germinación ya no es tan efectiva, por lo tanto cuando el tiempo es soleado, debe proporcionarse sombra al semillero, con el fin de bajar la temperatura del suelo; durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día, y 5-8°C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12°C por el día y 3-5°C por la noche (Departamento de Agricultura, 2008).

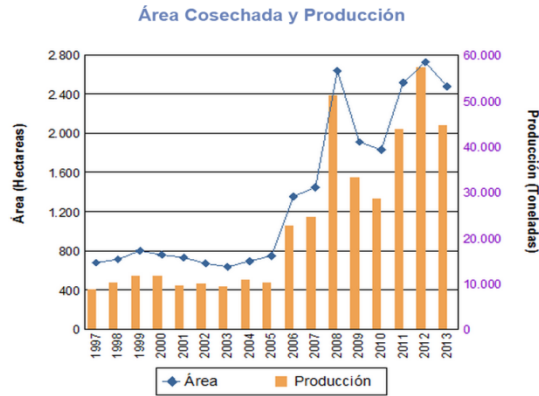
CRECIMIENTO

La lechuga tiene un promedio de cultivo de 3 meses, divididos en 2 fases, la primera, de plántula con una duración de 30 días, y la segunda, de plantación, crecimiento y cosecha, con una duración de 60 días. El cultivo nace a partir de la fase de plántula, esta fase se divide en 4 etapas en las cuales la plántula adquiere las condiciones fitosanitarias apropiadas para su posterior desarrollo y cultivo. La primera etapa hace referencia a la germinación de la plántula. La segunda etapa se denomina fase de roseta. La fase de formación de cabeza y floración representan la tercera y cuarta etapa respectivamente (Silva Artunduaga, 2009) (Zumel García, 2013).

USO CONSUNTIVO

El uso consuntivo se refiere a la combinación de la evapotranspiración y el agua que las plantas retienen para su nutrición. Esta última cantidad es pequeña en comparación con la evapotranspiración (aproximadamente representa sólo el 1 %), por lo que los términos evapotranspiración y uso consuntivo se usan como sinónimos (Instituto Tecnológico de Apizaco, 2010). En cuanto al dato del uso consuntivo del cultivo de lechuga aún no se encuentra un dato

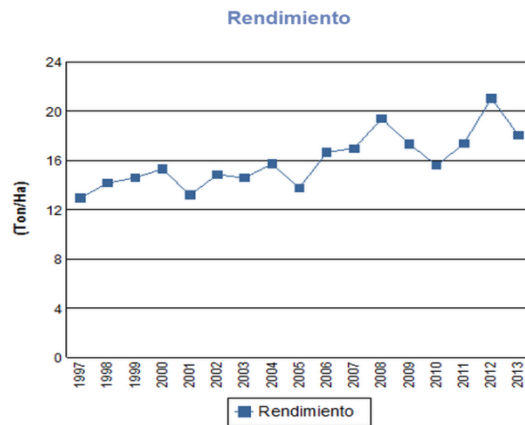
exacto, sin embargo se mediante la lectura de visitas a la vereda Cundinamarca, el cual es hectárea (Universidad de (Baldomero Garay,



aproximó un valor varios documentos y las Bosatama en Soacha, de 80 – 200 m³ por Sonora, (2006) 2009).

5.11. Cultivo de lechuga en Colombia – Cundinamarca

El mercado nacional hortícola, según la Corporación Colombiana Internacional se caracteriza por un bajo y embargo la lechuga es la en Cundinamarca, con un 2.500 ha, una producción *figura 1*), y un Ton/Ha (*ver figura 2*) principales municipios departamento son, Funza (31,3%), Madrid (8,9%) y Bojacá (6,9%) (Ruge Correa & Chaparro Rodríguez, 2010).



decadente consumo; sin hortaliza más cultivada área aproximada de anual de 42.000 ton (*ver rendimiento de 18 para 2013, los productores de este (36,8%), Soacha*

Figura 1. Producción de lechuga en el departamento de Cundinamarca.
Fuente: (Sistema de Estadísticas Agropecuarias, 2013)

Figura 2. Rendimiento del cultivo de lechuga en el departamento de Cundinamarca. Fuente:
(Sistema de Estadísticas Agropecuarias, 2013)

5.12. Municipio de Soacha

En la actualidad, Soacha presenta un desorden espacial, físico y ambiental de su territorio; la cuenca hidrográfica (cuenca alta del río Bogotá) de la cual tiene el mayor porcentaje de ocupación (26,8%), viene siendo sometida a un grave y progresivo deterioro ambiental, lo que representa problemas sociales y económicos de alto nivel. En términos espaciales Soacha posee 184.45 Km², distribuidos en área urbana (19 Km²) y área rural (165.45 Km²). Gran parte del sector rural está representado por zonas de reserva (páramo del Sumapaz, sector de canoas-el salto, nacimiento del río Soacha), y dos corregimientos que incluyen veredas como el Romeral, Alto de Cabra, Hungría, Bosatama, El Charquito, entre otras, en las cuales se hace necesaria su protección y recuperación, ya que se encuentran allí numerosos nacederos y quebradas, siendo esta zona hídrica de vital importancia para el municipio de Soacha y municipios aledaños (Alcaldía de Soacha - Cundinamarca, 2012).

5.12.1. Clima

Según la clasificación de climas de Holdridge, Soacha se clasifica como bosque seco montano bajo (bs-MB) en su parte central, norte y oriental, hacia el sur oriente y occidente, las condiciones climáticas son diferentes haciéndose más húmedo hasta alcanzar denominaciones de bosque húmedo montano (bh-M), bosque húmedo montano bajo (bh-MB), y bosque muy húmedo montano (bmh-M). Estas condiciones se traducen en una temperatura promedio de 15°C, y precipitaciones promedio anual entre 500 y 1000 mm para el primer tipo (bs-MB); el

segundo (bh-M) que predomina en la cuenca media del río Soacha, posee una temperatura promedio entre 6 y 12°C, y una precipitación promedio anual de 500 a 1000 mm; el tercer tipo climático (bh-MB) se caracteriza por presentar un temperatura promedio de 16°C, y precipitaciones anuales totales entre 1000 y 2000 mm; el cuarto y último tipo climático (bmh-M) se define como un clima con temperaturas entre 6 y 12°C, y precipitaciones entre 100 y 2000 mm, y comprende el área de subpáramo donde se encuentra la cuenca alta del río Soacha. En términos promedios Soacha presente dos periodos de lluvias bien definidos, entre abril – junio y octubre – diciembre, y dos periodos cálidos entre enero – marzo y julio – septiembre (*ver figura 3*) (Alcaldía de Soacha - Cundinamarca, 2012).

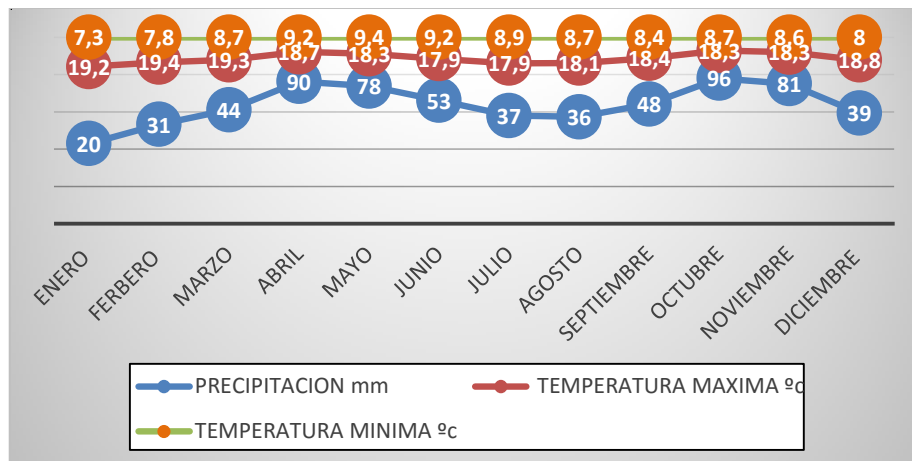


Figura 3. Estudio climatológico Soacha, Cundinamarca. Fuente: (Datos climáticos mundiales, s. f.)

5.12.2. Hidrología

El municipio de Soacha comprende parte de la cuenca alta del río Bogotá, que ocupa una extensión aproximada de 4.305 Km², la cual recibe toda la afectación ambiental, debido a la localización geográfica del municipio, lo que lo coloca al sur occidente de Bogotá en el extremo más bajo de la cuenca alta del río; el eje hidrológico de la cuenca es el río Bogotá, que tiene una longitud de 185 km comprendido entre su nacimiento y el salto del Tequendama, en su trayectoria de la parte alta, el río presenta tala de bosques, cultivos de papa; a su paso por Villapinzón, está contaminado por basuras y desechos agrícolas, luego recibe la descarga directa de 189 industrias de tratamiento de cueros y curtiembres situadas entre Villapinzón y Chocontá, a continuación recibe las descargas industriales de Zipaquirá, Tocancipá, Cajicá, y finalmente los

residuos orgánicos de Bogotá. La red hidrológica del municipio no solo cuenta con el río Bogotá, sino también con el río Soacha, el cual nace en la zona de páramo al oriente del municipio de Soacha en la vereda Hungría, estuvo rodeado de bosques de una gran biodiversidad al tiempo que era drenado por una gran cantidad de arroyos y quebradas, muchos de los cuales han desaparecido por causas netamente antrópicas, provocando que este río se convierta en un cauce receptor de aguas residuales de una buena parte del municipio (Alcaldía de Soacha - Cundinamarca, 2012).

5.12.2.1. Río Bogotá

La cuenca del río Bogotá, se encuentra localizada en el centro del país y del departamento de Cundinamarca, junto al que se suman los ríos Sumapaz, Magdalena, Negro, Minero, Suárez, Blanco, Gacheta y Mchetá, los cuales conforman el grupo de corrientes de segundo orden del departamento. Tiene una superficie total de 589.143 hectáreas que corresponden a cerca del 32% del total de la superficie departamental. Nace a los 3.300 msnm en el alto de la calavera en el municipio de Villapinzón, y finaliza con su desembocadura al río Magdalena a los 280 msnm en el municipio de Girardot (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2007).

El río Bogotá es el eje fundamental y principal elemento del sistema hídrico del distrito capital; actúa como límite occidental de la ciudad y como elemento articulador entre el área urbana y el área rural de la sabana. Además es una de las estructuras económicas más diversificadas, cuenta con el desarrollo de actividades agrícolas, ganaderas, mineras, pecuarias, entre otras, que son el sustento de una gran cantidad de población colindante a la cuenca; sin embargo, el desarrollo acelerado de estas actividades y otras de carácter doméstico, han generado una continua sobreexplotación en el río. Las principales fuentes de contaminación orgánica generadas por la ciudad capital provienen de actividades domésticas (76%) e industriales (24%), aunque la minería es una fuente importante de sólidos en suspensión (46%), seguida por la industria cervecera (33%). Los primeros aportes de agua residual que recibe la cuenca, son producto de los procesos que se manejan en las curtiembres localizadas en el corredor de Villapinzón- Chocontá, las cuales generan una pérdida significativa de Oxígeno Disuelto (OD) y aportes de metales pesados; a medida que el río atraviesa la zona urbana de la capital, los índices

de contaminación se incrementan debido a las constates descargas de aguas residuales aportadas por los ríos Salitre, Fucha y Tunjuelo; ya en la parte más baja de la cuenca, se alcanza a recuperar una parte del Oxígeno Disuelto (OD) gracias a la aireación que generan caídas de 2000m en menos de 50Km, sin embargo llegando a la desembocadura del río se percibe un aumento de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno) y una disminución significativa de Oxígeno Disuelto (OD), resultantes de la descarga de aguas residuales provenientes de los municipios de Tocaima y Girardot (Fundación Al Verde Vivo, 2000).

5.12.2.2. Cuenca media del Rio Bogotá

La cuenca media del río Bogotá empieza en el puente de la Virgen en Cota, y va hasta antes del embalse del Muña en Alicachín, posee una longitud de 90Km, y es alimentada por las aguas residuales del sistema de drenaje urbano de Bogotá y sus áreas periféricas. Esta parte del río Bogotá pasa por la capital y varios municipios entre los que se encuentran, Funza, Mosquera, Soacha, Sibaté, Subachoque, el Rosal, Madrid, Bojacá y Facatativa, los cuales se destacan por una constante actividad agrícola, que significa una demanda significativa de agua para riego (Instituto de Estudios Urbanos, s. f.).

El principal problema de contaminación de la cuenca media radica en la descarga desmesurada de aguas residuales domésticas, provenientes de una ciudad con alrededor de 8 millones de personas, sin olvidar las descargas de aguas residuales industriales, las cuales generan valores significativos en aportes de metales pesados (Corporación Autonoma Regional de Cundinamarca, 2010). Según el estudio de calidad del agua en el río Bogotá que realizó la CAR para el año 2008, la cuenca media presentó valores inferiores a 1.0 mg/L de concentración de oxígeno disuelto, en coliformes totales los valores van desde 240.000 NMP/100mL hasta 120.000.000 NMP/100mL, en E. coli existen concentraciones de 170.000 NMP/100mL a 1E+07 NMP/100mL, para los parámetros de DBO y DQO los valores oscilan entre 17-132 mg/L y 42-246 mg/L respectivamente, y para el plomo se halló una concentración de 0.20 mg/L (Corporación Autonoma Regional de Cundinamarca, 2008), sumado a esto, la lentitud de su caudal y el mal funcionamiento de las plantas de tratamiento que hay en los municipios, las cuales solo remueven en promedio el 40% de carga orgánica, dificultan la capacidad de resiliencia y recuperación del ecosistema (El Espectador, 2014).

5.12.3. Geomorfología

El municipio está localizado en el borde sur-occidental del altiplano, denominado sabana de Bogotá, que está localizada sobre la Cordillera Oriental, rodeada por cerros y sierras que alcanzan hasta los mil metros por encima del nivel promedio. La parte plana fue un lago de montaña alta, del cual quedan aún remanentes lacustres como la Laguna de la Herrera, debido a esta condición de ubicación, el municipio presenta una serie de estratos sedimentarios con espesores que oscilan entre 550 y 600 m (Secretaría Distrital de Ambiente , 2007).

5.12.4. Población y economía

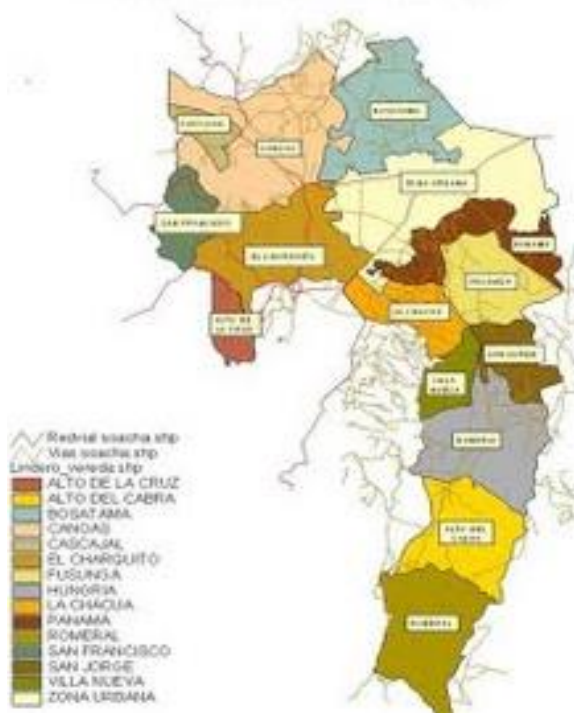
Según el censo más reciente realizado en 2005 por el DANE, se estima una cifra de 402.007 habitantes en el municipio de Soacha, Cundinamarca (Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, 2005), de los cuales aproximadamente el 16,16% posee alguna Necesidad Básica Insatisfecha (NBI) (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2010), todo esto resultante de los bajos niveles de educación y la falta de oportunidades laborales; la situación de desempleo es crítica, llegando a un 15,6% de la población económicamente activa (149.803); el 58% de los ocupados corresponde a obreros o empleados del sector privado, y un 15% a trabajadores independientes (Consejo Territorial de Planeación de Soacha , 2010).

El municipio de Soacha se divide en sector rural y sector urbano, el sector rural es el de mayor extensión con el 85% del área total del municipio, y se encuentra distribuido en dos corregimientos, catorce veredas y 4.400 habitantes, repartidos en 1.746 predios, con producciones tradicionales de papa, arveja, maíz y hortalizas (Oficina de Planeación del Municipio de Soacha, 2008). La producción agrícola para 2008 contó con la siembra de 875 ha, de las cuales la mayor proporción se utilizó en cultivo de papa con 385 ha, y en cultivo de hortalizas con 307 ha, obteniendo una producción de 3.800 Ton en papa, y 27.000 Ton en hortalizas; sin embargo este sector productivo se ve limitado debido al uso inapropiado de los suelos, deterioro irreversible de los ecosistemas estratégicos y los recursos naturales, deforestación incontrolada, pocos conocimientos de procesos más eficientes, y baja inversión en tecnologías limpias (Consejo Territorial del Municipio de Soacha, 2010).

MUNICIPIO DE SOACHA

5.12.5. Cultivo de

Entre los de Cundinamarca se encuentran, Funza (31,3%), Madrid (Ruge Correa & 2010), uno de ellos realizado por la Colombia y ratificó la presencia de de la lechuga cultivada Soacha, la que concentración de



lechuga en Soacha

principales municipios donde se cultiva lechuga, (36,8%), Soacha (8,9%) y Bojacá (6,9%) Chaparro Rodríguez, implicado en el estudio Universidad Nacional de Colciencias, el cual Plomo en el tejido foliar en el municipio de presentó una plomo (Pb) de 0,74 ppm,

cifra muy superior a la normatividad de la Unión Europea para el año 2007, cuya permisividad es de 0,1 ppm en hortalizas frescas (Universidad Nacional de Colombia, 2009), y para el caso colombiano la norma establece una cantidad admisible de 5.0 mg/l de Plomo presente el agua para riego (Secretaría Distrital de Ambiente; Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá, 2008).

5.12.6. Vereda Bosatama

En el segundo corregimiento del municipio de Soacha, se encuentra ubicada la vereda Bosatama, localizada a los 4°37' de latitud norte y 74°13' de longitud al oeste del Meridiano de Greenwich (*ver figura 4*) (Google, Earth, 2015). La vereda Bosatama se caracteriza por su cultivo constante de hortalizas, entre las cuales se encuentran la acelga, el cilantro, el apio, la lechuga, el ajo y la coliflor, debido a esto se ha convertido en una despensa importante de hortalizas de la ciudad de Bogotá, sus tierras son consideradas por el IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi) como de alto valor agrológico, y su producción va dirigida directamente a CORABASTOS (Alcaldía de Soacha - Cundinamarca, s. f.).

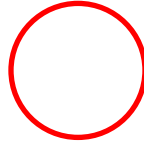


Figura 4. Ubicación vereda Bosatama en el mapa del municipio de Soacha, Cundinamarca. Fuente: (Alcaldía de Soacha - Cundinamarca, 2012)

5.13. Tecnologías alternativas para descontaminar aguas con metales pesados

En muchas ocasiones lo que se consideran desechos, pueden llegar a ser la fuente principal para la retención de metales pesados presentes en el agua, este es el caso de varios alimentos como la caña de azúcar, el ajo, la cebolla, cáscaras de huevo y las cáscaras de banano, que son capaces de adsorber metales pesados como Plomo, Cadmio, Arsénico, Zinc, entre otros, mediante la atracción de las moléculas o iones de una sustancia en el área de otra; para el caso del bagazo de caña de azúcar, se pretende realizar una biomasa a partir de éste residuo y adicionarle bacterias, con el fin de que los microorganismos se alimenten del bagazo, generando que respiren metales en lugar de oxígeno, dejando así el agua libre de tóxicos ya que el bagazo funciona como esponja y absorbe los metales (Ponce, 2014); para el caso del ajo y la cebolla, se busca construir una biomasa con estos dos alimentos, para luego usar ácido nítrico como separador de los metales pesados adheridos esta (Yañez, 2012); y por último, el método con las cáscaras de huevo, es muy similar a los anteriores basado en la técnica de adsorción, aquí se

trituran las cáscaras y se ponen en interacción con el líquido contaminado, obteniendo finalmente una reducción considerable del metal presente en el agua (Avané Cataño, 2013).

5.14. Tecnología de remoción de plomo, por medio de la cascara de banano

Investigadores del Instituto de Biociencias de Botucatu, Brasil, encabezados por Gustavo Castro, encontraron que las cáscaras de banano poseen elementos químicos que facilitan la adsorción¹ de metales pesados, pues en la cáscara de banano existen un gran número de iones con carga negativa y éstas tienen un gran poder de atracción sobre la carga positiva de los metales pesados; el grupo de investigación seco las cáscaras de banano al sol durante una semana, las molieron y agregaron este polvo al agua de río contaminada con cobre y plomo en concentraciones conocidas, así hallaron que las cáscaras adsorbieron el 97% de los metales presentes después de sólo una hora; también realizaron un filtro por el cual se hizo pasar el líquido contaminado, y se observó un resultado similar; con el tiempo la eficiencia del polvo de cáscara de banano se reduce, y en ese punto los metales deben extraerse de la cáscara para que puedan ser desechadas de forma segura (American Chemical Society, 2011) (Minard, 2011) (News Discovery, 2011) (Civantos, 2011).

6. DISEÑO METODOLÓGICO

Este proyecto busca cumplir con el objetivo general: “Evaluar la viabilidad técnica, de uso de la cáscara de banano para la remoción de plomo en las aguas del Río Bogotá, utilizadas para el riego de cultivos de lechuga, y su costo para un estudio de caso en el municipio de Soacha Cundinamarca”, para su desarrollo, se dividió el trabajo en tres grandes fases, enumeradas de la siguiente manera, fase (1) o fase técnica, fase (2) o fase estadística, y fase (3) o fase económica (*ver figura 5*).

La fase inicial o fase técnica, busca establecer el funcionamiento de la tecnología de remoción de plomo con agua del río Bogotá, por medio de la cáscara de banano, a través de una recopilación de información y antecedentes de carácter secundario acerca de la tecnología, y de

¹ La adsorción se utiliza para eliminar de forma individual los componentes de una mezcla gaseosa o líquida. El componente a separar se liga de forma física o química a una superficie sólida (Alvarado Chávez & Gómez Díaz, 2013).

una práctica experimental contemplada en tres laboratorios, los cuales se realizaron con ayuda de la Universidad Piloto de Colombia y la Universidad Nacional de Colombia, tomando una muestra directamente captada del río Bogotá de donde proviene el agua de riego de cultivos de lechuga, con el fin de replicarla dos veces, y así asegurar la confiabilidad de los datos. Para realizar la prueba piloto, se desarrollaron 6 etapas,

1. Recolección de muestra de agua:

El trabajo de investigación no cuenta con universo² y muestra³, pues el objeto de estudio fue el tramo dos del río Bogotá, y éste conserva las mismas características químicas a lo largo de su flujo.

El sitio de la muestra fue la cuenca media del río Bogotá, en la vereda Bosatama del municipio de Soacha, en la finca “San José de Bosatama”. Debido a que los objetivos de nuestro proyecto apuntan a una evaluación de la viabilidad técnica, del uso de la cáscara de banano para la remoción de plomo en las aguas del Río Bogotá, utilizadas para el riego de cultivos de lechuga, y su costo para un estudio de caso en el municipio de Soacha Cundinamarca, la hora de toma de la muestra fue al finalizar la tarde, teniendo como en cuenta la finalización de la mayoría de la jornada industrial (Preciado Pérez, 2012).

² conjunto, finito o infinito de seres vivos, elementos o cosas, sobre los cuales están definidas características que interesa analizar (Ludewig, 2005).

³ subconjunto del universo, que se obtiene para averiguar las propiedades o características de ésta (Ludewig, 2005).

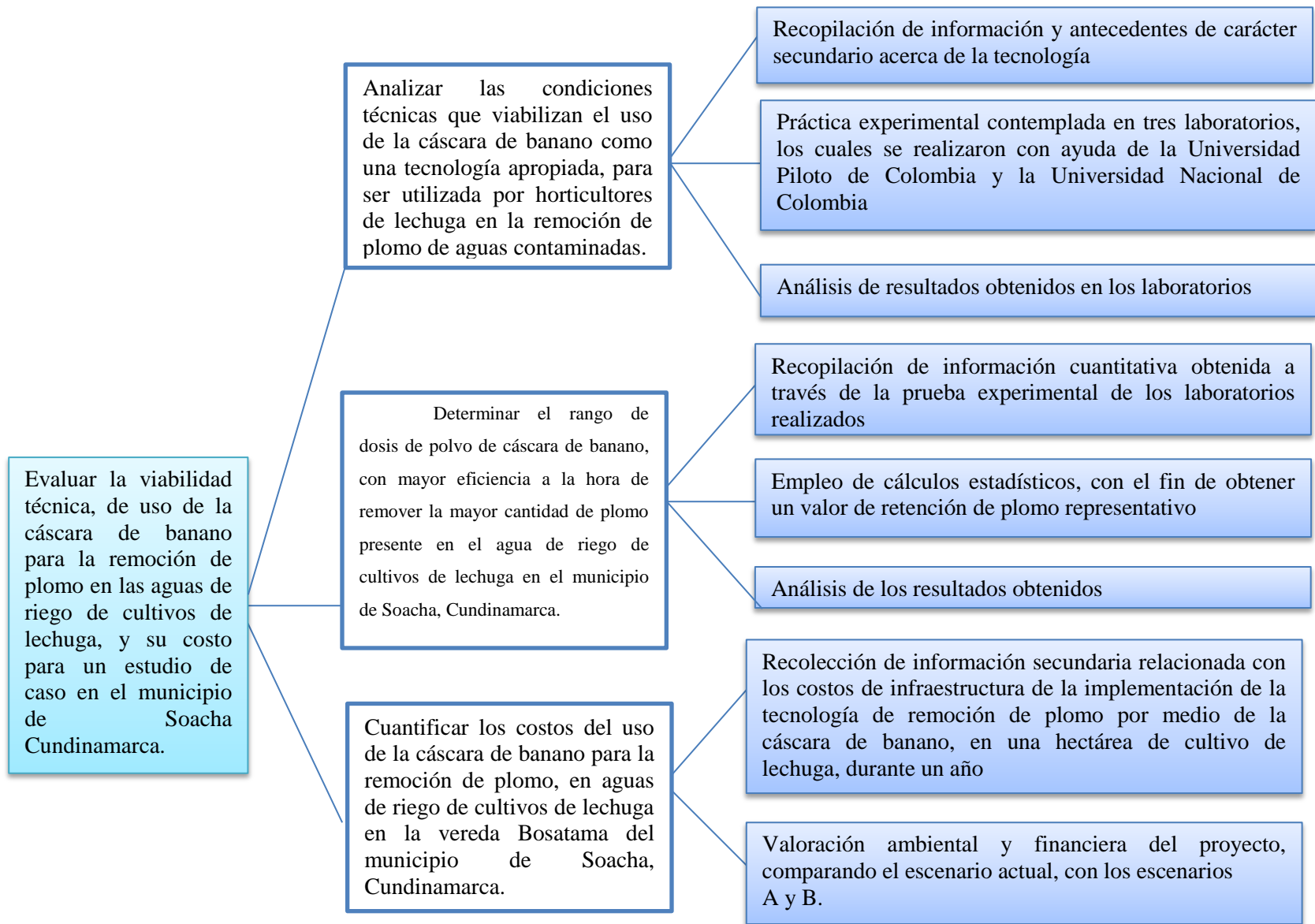


Figura 5. Esquema metodología por objetivo. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Los parámetros a evaluar en cada muestra fueron: Plomo (Pb), pH, conductividad, sólidos disueltos totales, turbidez y DQO (Demanda Química de Oxígeno), debido a que son parámetros físicos y químicos requeridos a la hora de utilizar el agua para riego, lo que los hace esenciales para el éxito del presente estudio (Escuela Superior de Agricultura de Barcelona, 1997)(Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010).

Para estandarizar los resultados del laboratorio, se realizó un laboratorio con una muestra, y a esta muestra se le realizaron dos réplicas, en las cuales se midieron las concentraciones de plomo y los parámetros mencionados anteriormente.

- La muestra se tomó el día 10 de Octubre de 2015 a las 5:00pm. La cantidad de agua recolectada fue de 10.800 ml aproximadamente.
- Se identificó el punto del río donde se captó la muestra (*ver figura 6*), (la recolección debe hacerse en un lugar de fácil acceso y con un buen flujo de agua)



Figura 6. San José de Bosatama, Soacha, Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

- Se sumerge el recipiente de 600 ml con la boca apuntando directamente al flujo del río (ver figura 7).



Figura 7. Recolección de la muestra. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

- Se refrigera la muestra (ver figura 8), (las pruebas de laboratorio se realizarán 24 horas después de haber recolectado la muestra, razón por la cual, la muestra se refrigera de una manera sencilla)



Figura 8. Test de jarras. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

2. Análisis de laboratorio de la muestra de agua cruda:

La muestra de agua cruda recolectada paso a ser analizada de dos formas, la primera por medio del método colorimétrico en el laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Piloto de Colombia (*ver figura 9*), y la segunda por medio del método espectrofotométrico en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia.

- La muestra de agua cruda recolectada pasó a ser analizada en el laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Piloto de Colombia, para determinar el pH, la conductividad y los sólidos disueltos totales, por medio de un equipo multiparámetro marca Hach DR 3900 (*ver figura 10*).
- La muestra de agua cruda recolectada paso a ser analizada en el laboratorio de la Universidad Piloto de Colombia, para determinar la turbidez, por medio de un turbidímetro (*ver figura 11*).



Figura 9. Método de análisis de Plomo - colorimétrico.

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)



Figura 10. Equipo Multiparámetro. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)



Figura 11 Equipo Turbidímetro. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

3. Recolección de las cáscaras de banano (*ver anexo A*): las cáscaras de banano se recolectaron en primera semana del mes de octubre de 2015, se seleccionó las más maduras y en buen estado.

4. Tratamiento de la cáscara de banano:
 - Se cortan las cáscaras de banano en pequeños trozos, aproximadamente de 1 cm X 1 cm.
 - Los trozos de cáscara de banano se colocaron en una bandeja de aluminio sobre el techo de la casa, a una temperatura ambiente de 20°C a 22°C durante aproximadamente 2.5 semanas (*ver figura 12*). (este procedimiento puede realizarse también exponiendo las pieles del banano al calor de un horno, durante 11 horas, con una temperatura de 70°C a 90°C (Alvarado Chávez & Gómez Díaz, 2013))
 - Ya secas las cáscaras de banano, se procede a moler con la ayuda de un molino, para obtener el polvo (*ver figura 13*).



Figura 12. Secado de cáscaras de banano. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)



Figura 13. Polvo de cáscara de banano. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

5. Prueba piloto: con ayuda de un test de jarras (*ver figura 14*), se mezclan cantidades específicas de polvo de cáscara de banano, con cantidades específicas de agua contaminada con plomo proveniente del río Bogotá.
- Se marcaron las 6 jarras de la siguiente manera, la primera P1 con 500 ml de agua del río Bogotá y 1g de polvo de cáscara de banano, P2 con 500 ml de agua del río Bogotá y 0.8g de polvo de cáscara de banano, P3 con 500 ml de agua del río Bogotá y 0.5g de polvo de cáscara de banano, P4 con 500 ml de agua del río Bogotá y 0.2g de polvo de cáscara de banano, P5 con 500 ml de agua del río Bogotá y 0.05g de polvo de cáscara de banano, y P6 con 500 ml de agua del río Bogotá y 0.02g de polvo de cáscara de banano.
 - Luego se procedió a realizar el test de jarras en 3 pasos, el primero consistió en la generación de un movimiento a 180 RPM durante 2 minutos (*ver figura 15*), luego a 30 RPM durante 30 minutos, y por último se dejó sedimentar sin ningún tipo de movimiento durante 30 minutos (Quijandría, 2012).



Figura 14. Test de jarras. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)



Figura 15. Test de jarra a 180 Revoluciones Por Minuto (RPM). Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

- Finalmente el agua resultante se pasa por un embudo de filtración para remover las partículas más grandes de polvo de cáscara de banano (ver figura 16).



Figura 16. Filtración mediante embudo. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

6. Determinación de plomo muestra de agua tratada:

La prueba piloto se realizó a través del método colorimétrico, realizado en el laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Piloto de Colombia, para determinar la cantidad de plomo.

Una vez determinada la eficiencia del polvo de cascara de banano como retenedora de plomo, se procedió a desarrollar una prueba más precisa a través del método espectrofotométrico. Para esta prueba se desarrollaron los siguientes pasos:

- Refrigerar cada una de las muestras.
- Transportar las muestras hasta las instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia.
- Preparar el equipo con el cual se desarrollara el método y definir la longitud de onda.
- Calibrar el equipo con las diferentes concentración del polvo de cascara de banano.
- Medir las cantidades de plomo presentes con ayuda de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica a longitud de onda de 283.3nm (Querubin Franco, 2013).

La fase (2) o fase estadística, se caracterizó por ser una fase de análisis⁴, de compilación de información cuantitativa obtenida a través de la prueba experimental o prueba piloto. Para el desarrollo de esta fase se utilizaron cálculos estadísticos como, media, desviación estándar, coeficiente de variación, varianza y ANOVA, con el fin de obtener un rango de dosis de polvo de cáscara de banano, que permita determinar la eficacia de la tecnología de remoción de plomo.

La fase (3) o fase económica, pretende una recolección de información secundaria relacionada con los costos de infraestructura de la implementación de la tecnología de remoción de plomo por medio de la cáscara de banano, en una hectárea de cultivo de lechuga, durante un año. Para la realización de ésta fase, se calcularán los costos necesarios de materiales para poder ejecutar a escala el método de remoción de plomo.

7. RESULTADO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Porcentaje de retención de plomo:

Se determinó el porcentaje de retención de plomo de cada uno de los filtrados obtenidos para lo que primero se determinó la diferencia de plomo, que consiste en calcular la variación del contenido de plomo inicial respecto al contenido final; se utilizó la siguiente fórmula:

$$DP = Pb \text{ i.} - Pb \text{ f.}$$

Dónde:

DP: Diferencia de plomo.

Pb i.: Concentración de plomo inicial

Pb f.: Concentración de plomo final

Con la diferencia de plomo obtenido se determinó el porcentaje de retención, el cual se calculó de la siguiente manera:

$$\%RPb = DP * 100 / Pb \text{ i.}$$

Dónde:

Pb i: Concentración de plomo inicial

DP: Diferencia de Plomo

%RPb: Variable de porcentaje de Retención de plomo

⁴ Tipo de estadística que se encarga de recolectar, describir y resumir un conjunto de datos obtenidos (tiposde.org, 2009).

Las pruebas de laboratorio se realizaron en el laboratorio de Química Ambiental de la Universidad Piloto de Colombia, con el acompañamiento del Ingeniero Jesús Ramos; mediante un multiparámetro se midió el Ph, conductividad y (SDT) solidos disueltos totales, la medición de plomo se realizó por medio del método colorimétrico (Marca: Merck KGaA, Rango: 0 mg/L – 500 mg/L), el cual consiste en una serie de químicos que son aplicados a la muestra, y después de 5 minutos de reposo, se prosigue a introducir una tira indicadora, la cual después de retirada va tomando un color específico, el cual debe compararse con una tabla de colores que indica la concentración de plomo de la muestra. Adicionalmente, se realizó una medición de Plomo más exacta a través de una prueba con espectrofotómetro; la cual que se realizó en los laboratorios de Ingeniería Química de la Universidad Nacional de Colombia. En la tabla 1 se muestran los materiales y métodos utilizados en los laboratorios.

Tabla 1 Materiales y equipos.

MATERIALES	EQUIPOS
Gafas	Turbidímetro
Guantes	Multiparámetro
Bata	Espectrofotómetro
Tapabocas	
Pipeta graduada	
Pipeta aforadora	
Probeta	
Beaker	
Tubo de ensayo	
Gramera	
Espátula	
Frascos lavadores	
Agitadores	
Balde	
Test de plomo	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

7.1 Resultados prueba piloto y réplicas

Durante la primera parte del laboratorio, se midió el pH, conductividad, sólidos disueltos totales (TDS) y turbiedad de la muestra inicial; adicionalmente se midió la cantidad de plomo presente en cada una de las pruebas, alterándolas con cierta dosis de polvo de cáscara de banano, mediante el método espectrofotométrico. En la tabla 2 se muestra el parámetro a medir y su resultado correspondiente.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba piloto, se desarrollaron dos réplicas, siguiendo los parámetros establecidos en la prueba piloto, y conservando las cantidades de agua y gramos de polvo de cáscara de banano establecidos con anterioridad. En la tabla 3, se muestra la medición de concentraciones de plomo finales, después de haber alterado las muestras con el polvo de la cáscara de banano (*ver figura 17*).

Tabla 2 pH, conductividad, STD y turbiedad, sin alterar la muestra.

Parámetro a medir	Resultado
pH	7.46
Conductividad	379,9 Ms/cm
Sólidos Disueltos Totales	253,2 ppm
Turbidez	108,5 NTU
DQO	350,2 mg/l

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 3 Resultados concentraciones de plomo, según dosis aplicada de polvo de cáscara de banano.

Dosis de polvo de cáscara de banano (g)	Concentración de Pb (mg/L) (Prueba Piloto)	Concentración de Pb (mg/L) (Replica 1)	Concentración de Pb (mg/L) (Replica 2)
1	0	0	0
0,8	0	0,1	0
0,5	2,8	4,5	1,2
0,2	3,4	6,3	2,1
0,05	4,8	8,8	4,4
0,02	5,1	10,2	5

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

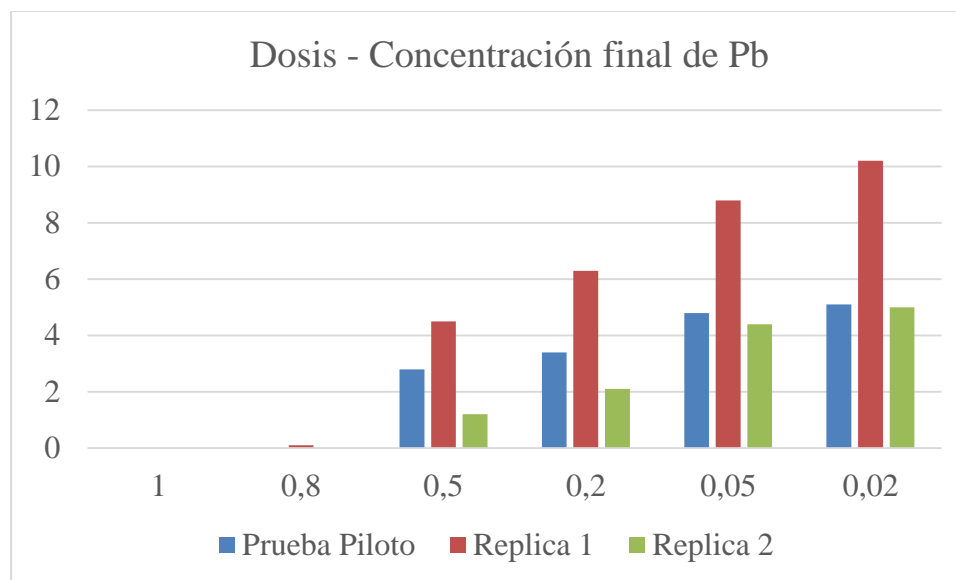


Figura 17 Dosis de polvo de cáscara de banano vs. Concentración final de plomo. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Al final de las pruebas experimentales, se logra concluir que al aplicar 1 gramo de polvo de cáscara de banano en una muestra de agua contaminada con plomo de 500 mililitros, la cantidad del metal pesado es eliminada por completo. De igual manera, es importante señalar que al aplicar en una muestra de 500 mililitros de agua contaminada, una cantidad inferior a 0.8 gramos de polvo de cáscara de banano, la concentración de plomo se reduce en un 70%, sin ser eliminada por completo, sin embargo comparando las tres pruebas experimentales, se puede observar que en la segunda réplica es donde más eficiencia de remoción de plomo tiene el polvo de cáscara de banano, esto, puede deberse a que en la última réplica los equipos de medición ya estaban completamente calibrados y ensayados, y además el procedimiento que se debe llevar a cabo para implementar la tecnología (tamizaje del polvo, pesaje, mezcla rápido y lento, filtración final) ocurrió en un menor tiempo.

8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DESCRIPTIVO

De acuerdo al diseño metodológico planteado en nuestro proyecto, en el análisis estadístico descriptivo se determina la Media, la desviación estándar, el coeficiente de variación y la varianza. Este tipo de cálculos estadísticos se emplearan en nuestro trabajo investigativo, con el fin de establecer un rango de dosis de polvo de cáscara de banano, que determine la cantidad

más eficiente de remoción de plomo en el agua. En la tabla 4, se sintetizan las medias de los datos resultantes de las pruebas experimentales, es importante aclarar que el objeto del estudio se centra en las concentraciones de plomo, por esta razón, el análisis estadístico descriptivo no presenta ninguna otra variable como la de pH, conductividad, turbidez o DQO.

Tabla 4 Media aritmética de las pruebas experimentales.

Prueba experimental	Dosis polvo de cáscara de banano (g)	Concentración de Pb (mg/L)	Media
Prueba piloto	1	0	2,683333333
	0,8	0	
	0,5	2,8	
	0,2	3,4	
	0,05	4,8	
	0,02	5,1	
Primera réplica	1	0	4,983333333
	0,8	0,1	
	0,5	4,5	
	0,2	6,3	
	0,05	8,8	
	0,02	10,2	
Segunda réplica	1	0	2,116666667
	0,8	0	
	0,5	1,2	
	0,2	2,1	
	0,05	4,4	
	0,02	5	
Media global		3,261111111	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Para poder cumplir con el objetivo mencionado anteriormente de “determinar el rango de dosis de polvo de cáscara de banano, con mayor eficiencia a la hora de remover la mayor cantidad de plomo presente en el agua de riego de cultivos de lechuga en el municipio de Soacha, Cundinamarca”, los grupos que se manejarán para el análisis estadístico serán los siguientes (*ver tabla 5*):

Tabla 5 Grupos de datos para realizar el análisis estadístico.

	Concentración de Pb (mg/L) prueba piloto	Concentración de Pb (mg/L) primera réplica	Concentración de Pb (mg/L) segunda réplica
Dosis de polvo de cáscara de banano 1 g	0	0	0
Dosis de polvo de cáscara de banano 0,8 g	0	0,1	0
Dosis de polvo de cáscara de banano 0,5 g	2,8	4,5	1,2
Dosis de polvo de cáscara de banano 0,2 g	3,4	6,3	2,1
Dosis de polvo de cáscara de banano 0,05 g	4,8	8,8	4,4
Dosis de polvo de cáscara de banano 0,02 g	5,1	10,2	5

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Para determinar que dosis de polvo de cáscara de banano es la más eficiente se calculó la desviación de la media de los grupos de datos, es decir, que tanto se encuentra alejada la media de cada grupo de datos, respecto a la media global de todos los datos, por lo tanto el resultado de la desviación de la media que sea más alto, nos indicara cual es la dosis con menor eficiencia en la remoción de plomo del agua (*ver tabla 6*).

Tabla 6 Eficiencia del polvo de cáscara de banano por concentración.

	Concentración de Pb (mg/L) prueba piloto	Concentración de Pb (mg/L) primera réplica	Concentración de Pb (mg/L) segunda réplica	Media aritmética	Desviación de la media
Dosis de polvo de cáscara de banano 1 g	0	0	0	0	0

Dosis de polvo de cáscara de banano 0,8 g	0	0,1	0	0,033333333	0,04714045
Dosis de polvo de cáscara de banano 0,5 g	2,8	4,5	1,2	2,833333333	1,34742553
Dosis de polvo de cáscara de banano 0,2 g	3,4	6,3	2,1	3,933333333	1,75562588
Dosis de polvo de cáscara de banano 0,05 g	4,8	8,8	4,4	6	1,98662192
Dosis de polvo de cáscara de banano 0,02 g	5,1	10,2	5	6,766666667	2,42807651

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Finalmente se puede concluir, que la dosis de polvo de cáscara de banano que más eficiencia tiene en una muestra de 500 ml de agua del Rio Bogotá contaminada con plomo, es 1 g, pues es el dato que menor desviación de la media tiene, lo que significa que es el más alejado de la media global; así mismo, las dosis inferiores (0,8 g, 0,5 g, 0,2 g, 0,05 g, 0,02 g) representan de manera ordenada de menor mayor su desviación de la media, por lo tanto la última dosis (0,02 g) presenta menor eficiencia a la hora de retener plomo en aguas del Rio Bogotá contaminadas con metales pesados.

8.1 Análisis de varianza utilizando ANOVA y Post Hoc

Para desarrollar completamente la herramienta, se establecieron dos hipótesis; Hipótesis Nula (H_0) y la Hipótesis Alternativa (H_1) en donde:

- **Hipótesis Nula (H_0):** las dosis de polvo de cáscara de banano no afectan los resultados finales de las concentraciones de plomo.
- **Hipótesis Alternativa (H_1):** las dosis de polvo de cáscara de banano afectan los resultados finales de las concentraciones de plomo.

Tabla 7 Aplicación de criterios de ANOVA y varianza.

<i>RESUMEN</i>						
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>		
<i>1</i>	3	0	0	0		
<i>0,8</i>	3	0,1	0,03333333	0,00333333		
<i>0,5</i>	3	8,5	2,83333333	2,72333333		
<i>0,2</i>	3	11,8	3,93333333	4,62333333		
<i>0,05</i>	3	18	6	5,92		
<i>0,02</i>	3	20,3	6,76666667	8,84333333		
<i>ANÁLISIS DE VARIANZA</i>						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
<i>Entre grupos</i>	124,4361111	5	24,8872222	6,75263793	0,003255761	3,10587524
<i>Dentro de los grupos</i>	44,22666667	12	3,68555556			
<i>Total</i>	168,6627778	17				

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Se obtiene a partir del análisis de ANOVA y varianza, una dispersión de 124,4361 entre los grupos, es decir, entre las diferentes dosis de polvo de cáscara de banano, y una dispersión de 44,2266 entre las concentraciones finales de remoción de plomo, es decir, entre cada uno de los datos que hay en cada grupo, lo que significa que existe una mayor dispersión en los datos entre los grupos, es decir entre cada dosis de polvo de cáscara de banano.

Una vez calculados estos resultados, empleamos la tabla de distribución F de Fisher⁵ (*ver Anexo C*) utilizando un índice de confianza del 95% y un área del 5% en donde se obtuvo un resultado de $F < F_{(0,05, 5, 12)} = 3.10$. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (las dosis de polvo de cáscara de banano afectan los resultados finales de las concentraciones de plomo), y se rechaza la hipótesis nula (las dosis de polvo de cáscara de banano no afectan los resultados

⁵ Esta distribución se aplica para desarrollar problemas en donde intervienen dos o más muestras, de igual manera, la aplicación de esta distribución permite comparar las varianzas muestrales que presenta nuestro proyecto (Morochó Quezada, 2007).

finales de las concentraciones de plomo), con una probabilidad de equivocación de 0,003255761 al rechazar esta hipótesis.

Debido a la poca variabilidad que presentan las medias de cada grupo de datos, fue necesario realizar un análisis Post Hoc (*ver tablas 8, 9 y 10*), que permitiera determinar con exactitud que medias son las que difieren, así poder complementar los resultados obtenidos con la desviación de las medias obtenidas anteriormente, y finalmente determinar que rango de dosis de polvo de cáscara de banano es la que más es eficiente; para esto se comparó la varianza de cada una de las dosis respecto a las otras y se determinó el rango más eficiente de remoción de plomo.

Tabla 8 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 1 g y 0,8 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 1 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,8 g</i>
Media	0	0,033333333
Varianza	0	0,003333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	0,001666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-1	
P(T<=t) una cola	0,186950483	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,373900966	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 9 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 1 g y 0,5 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 1 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,5 g</i>

Media	0	2,833333333
Varianza	0	2,723333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	1,361666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-2,973773571	
P(T<=t) una cola	0,020495377	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,040990755	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 10 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 1 g y 0,2 g de polvo de cáscara de banana.

Prueba t para dos muestras
suponiendo varianzas iguales

	<i>Dosis de polvo de cáscara de banana 1 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banana 0,2 g</i>
Media	0	3,933333333
Varianza	0	4,623333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	2,311666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-3,16842752	
P(T<=t) una cola	0,01695443	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,033908861	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 11 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 1 g y 0,05 g de polvo de cáscara de banana.

Prueba t para dos muestras
suponiendo varianzas iguales

	<i>Dosis de polvo de cáscara de banana 1 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banana 0,05 g</i>
Media	0	6

Varianza	0	5,92
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	2,96	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-4,271210981	
P(T<=t) una cola	0,006468836	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,012937673	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 12 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 1 g y 0,02 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras
suponiendo varianzas iguales

	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 1 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,02 g</i>
Media	0	6,766666667
Varianza	0	8,843333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	4,421666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-3,94119037	
P(T<=t) una cola	0,008471419	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,016942838	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Finalmente, se obtiene la varianza entre 1 g de polvo de cáscara de banano y las demás dosis mencionadas (*ver tabla 13*),

Tabla 13 *Varianzas entre las dosis de polvo de cáscara de banano y 1 g de polvo de cáscara de banano.*

Dosis de polvo de cáscara de banano comparativa (g)	Dosis de polvo de cáscara de banano (g)	Varianza
1	0,8	0,003333333
1	0,5	2,723333333
1	0,2	4,623333333
1	0,05	5,92
1	0,02	8,843333333

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Se concluye que en la comparación realizada entre 1 g de polvo de cáscara de banano y las demás dosis anteriormente expuestas, la menor varianza es entre el rango 1 gramo y 0,8 gramos.

Tabla 14 *Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,8 g y 0,5 g de polvo de cáscara de banano.*

Prueba t para dos muestras
suponiendo varianzas iguales

	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,8 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,5 g</i>
Media	0,033333333	2,833333333
Varianza	0,003333333	2,723333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	1,363333333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-2,936991125	
P(T<=t) una cola	0,021258197	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,042516394	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 15 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,8 g y 0,2 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras
suponiendo varianzas iguales

	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,8 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,2 g</i>
Media	0,033333333	3,933333333
Varianza	0,003333333	4,623333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	2,313333333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-3,140444544	
P(T<=t) una cola	0,017416411	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,034832822	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 16 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,8 g y 0,05 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras
suponiendo varianzas iguales

	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,8 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,05 g</i>
Media	0,033333333	6
Varianza	0,003333333	5,92
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	2,961666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-4,246286736	
P(T<=t) una cola	0,006598561	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,013197121	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 17 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,8 g y 0,02 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras
suponiendo varianzas iguales

	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,8 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,02 g</i>
Media	0,033333333	6,766666667
Varianza	0,003333333	8,843333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	4,423333333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-3,921036727	
P(T<=t) una cola	0,00861631	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,017232619	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Finalmente, se obtiene la varianza entre 0,08 g de polvo de cáscara de banano y las demás dosis mencionadas (*ver tabla 18*),

Tabla 18 Varianzas entre las dosis de polvo de cáscara de banano y 0,08 g de polvo de cáscara de banano.

Dosis de polvo de cáscara de banano comparativa (g)	Dosis de polvo de cáscara de banano (g)	Varianza
0,08	1	0,003333333
0,08	0,5	2,7233333
0,08	0,2	4,623333
0,08	0,05	5,92
0,08	0,02	8,8433333

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Se concluye que en la comparación realizada entre 0,8 g de polvo de cáscara de banano y las demás dosis anteriormente expuestas, la menor varianza es entre el rango 0,8 gramos y 1 gramo.

Tabla 19 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,5 g y 0,2 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano</i> 0,5 g	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano</i> 0,2 g
Media	2,833333333	3,933333333
Varianza	2,723333333	4,623333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	3,673333333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-0,702923633	
P(T<=t) una cola	0,260429745	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,520859489	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 20 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,5 g y 0,05 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano</i> 0,5 g	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano</i> 0,05 g
Media	2,833333333	6
Varianza	2,723333333	5,92
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	4,321666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-1,865616383	
P(T<=t) una cola	0,06775832	

Valor crítico de t (una cola)	2,131846786
P(T<=t) dos colas	0,135516641
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 21 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,5 g y 0,02 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales		
	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,5 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,02 g</i>
Media	2,833333333	6,766666667
Varianza	2,723333333	8,843333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	5,783333333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-2,003167521	
P(T<=t) una cola	0,057848698	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,115697396	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Finalmente, se obtiene la varianza entre 0,5 g de polvo de cáscara de banano y las demás dosis mencionadas (*ver tabla 22*),

Tabla 22 Varianzas entre las dosis de polvo de cáscara de banano y 0,5 g de polvo de cáscara de banano.

Dosis de polvo de cáscara de banano comparativa (g)	Dosis de polvo de cáscara de banano (g)	Varianza
0,5	1	2,723333333
0,5	0,8	2,7233333
0,5	0,2	4,623333333
0,5	0,05	5,92
0,5	0,02	8,843333333

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Se concluye que en la comparación realizada entre 0,5 g de polvo de cáscara de banano y las demás dosis anteriormente expuestas, la menor varianza es entre el rango 0,5 gramos y 1 gramo y 0,5 g y 0,8 g.

Tabla 23 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,2 g y 0,05 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras
suponiendo varianzas iguales

	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,2 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,05 g</i>
Media	3,933333333	6
Varianza	4,623333333	5,92
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	5,271666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-1,102407333	
P(T<=t) una cola	0,166076162	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,332152325	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 24 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,2 g y 0,02 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras
suponiendo varianzas iguales

	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,2 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,02 g</i>
Media	3,933333333	6,766666667
Varianza	4,623333333	8,843333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	6,733333333	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-1,337298148	
P(T<=t) una cola	0,126052525	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,252105051	

Valor crítico de t (dos colas) 2,776445105

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Finalmente, se obtiene la varianza entre 0,2 g de polvo de cáscara de banano y las demás dosis mencionadas (*ver tabla 25*),

Tabla 25 Varianzas entre las dosis de polvo de cáscara de banano y 0,2 g de polvo de cáscara de banano.

Dosis de polvo de cáscara de banano comparativa (g)	Dosis de polvo de cáscara de banano (g)	Varianza
0,2	1	4,623333333
0,2	0,8	4,623333333
0,2	0,5	4,623333333
0,2	0,05	5,92
0,2	0,02	8,843333333

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Se concluye que en la comparación realizada entre 0,2 g de polvo de cáscara de banano y las demás dosis anteriormente expuestas, la menor varianza es entre el rango 0,2 gramos y 1 gramo y 0,5 g, 0,2 g y 0,8, y 0,2 y 0,5.

Tabla 26 Prueba T para dos muestras suponiendo varianzas iguales, comparación dosis 0,05 g y 0,02 g de polvo de cáscara de banano.

Prueba t para dos muestras
suponiendo varianzas iguales

	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,05 g</i>	<i>Dosis de polvo de cáscara de banano 0,02 g</i>
Media	6	6,766666667
Varianza	5,92	8,843333333
Observaciones	3	3
Varianza agrupada	7,381666667	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	-0,345601004	
P(T<=t) una cola	0,373526539	

Valor crítico de t (una cola)	2,131846786
P(T<=t) dos colas	0,747053078
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Finalmente, se obtiene la varianza entre 0,2 g de polvo de cáscara de banano y las demás dosis mencionadas (*ver tabla 27*),

Tabla 27 *Varianzas entre las dosis de polvo de cáscara de banano y 0,05 g de polvo de cáscara de banano.*

Dosis de polvo de cáscara de banano comparativa (g)	Dosis de polvo de cáscara de banano (g)	Varianza
0,05	1	5,92
0,05	0,8	5,92
0,05	0,5	5,92
0,05	0,2	5,92
0,05	0,02	8,843333333

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Se concluye que en la comparación realizada entre 0,2 g de polvo de cáscara de banano y las demás dosis anteriormente expuestas, la menor varianza es entre los rangos, 0,05 gramos y 1 gramo, 0,05 g y 0,8 g, 0,05 g y 0,5 g, y 0,05 g y 0,2 g.

Finalmente a partir del análisis de Post Hoc, se puede observar que el rango que tiene mayor eficiencia es 1 g – 0,8 g, pues los demás tiene un punto de comparación donde la varianza es igual, lo que significa que es igual aplicar las dos cantidades comparadas, pues el resultado obtenido va a ser el mismo.

9. COSTOS DE EJECUCIÓN PARA UN AÑO DE PRODUCCIÓN DE LECHUGA EN UNA HECTAREA

Para tener un valor aproximado que determine los costos de ejecución del uso de la cáscara de banano, para remover el plomo en el agua utilizada para el riego del cultivo de lechuga en la vereda Bosatama del municipio de Soacha, Cundinamarca durante un año, es importante señalar algunos aspectos; por ejemplo, la recolección y transporte de las cáscaras de

banano, la cantidad, el tipo de secado al que se expondrán las cáscaras, el instrumento de trituración, la mano de obra, entre otros; adicionalmente se debe conocer que el agua utilizada para el riego de cultivos en Bosatama, Soacha, no deriva costo alguno por tratamiento o utilización, sin embargo, la normatividad vigente ambiental, exige un cobro por el uso de aguas superficiales (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2016), en el presente caso de estudio este cobro no se realiza, pero para efectos de conocer el costo real de la ejecución del proyecto, el precio por utilización de aguas superficiales se tendrá en cuenta.

Aproximadamente al año hay un promedio de cultivo de lechuga de tres ciclos, cada uno de tres meses⁷, la cantidad de agua que se utiliza para regar una hectárea de cultivo de lechuga oscila entre los 80 y 200 m³ por ciclo; el riego se realiza generalmente de una a dos veces por semana, claro está que la cantidad de agua varía según el clima y el suelo de la zona, y el método de riego que se utilice (Díaz, 2015) (Agrosiembra, s. f.) (Infoagro, 2012).

Para remover la mayor cantidad de plomo posible, que se encuentre en un volumen de 200 m³ de agua contaminada, se necesitan aproximadamente (basándonos en que para remover el 100% de plomo que se encuentra en una solución de 500 ml de agua contaminada, se necesita 1 gramo de polvo de cáscara de banano) 400 kilos de polvo de cáscara de banano, lo que traducido en cantidad de cáscaras es un total de 2.500 por ciclo productivo, tomando como base un banano mediano, con una cáscara promedio que mida entre 17,8 a 20 cm (Cespedes, 2013).

Las cifras calculadas anteriormente se hacen en base a los 200 m³ que representan el tope o la cantidad máxima necesaria para regar una hectárea de cultivo de lechuga por ciclo de producción. Ya que el número de cáscaras necesarias para ejecutar el proyecto es bastante alto, se pensó, en contar con la ayuda de una empresa privada, cuya actividad económica se basara en el procesamiento y comercialización de alimentos. La empresa Pan Pa'Ya tiene su planta de producción ubicada en la Calle 144 # 49-30 en la ciudad de Bogotá, aquí se utiliza la pulpa de banano para el desarrollo de postres y otros derivados, por lo que las cáscaras del banano resultantes son consideradas residuos. Para determinar la forma de recolección, es importante

⁷ Debido a que el suelo donde se siembran las lechugas debe tener unos periodos de barbecho o periodos sin siembra, con el fin de alcanzar un nivel de resiliencia considerable, únicamente se consideraron 3 ciclos de cultivo de lechuga para este proyecto.

decir que en promedio cada cáscara de banano mediana pesa 0.118 kilos, y para la ejecución del proyecto durante un año son necesarias 7.500 cáscaras que equivalen a 885 kilos; la empresa genera 23 kilos de cáscara de banano al día, es decir, 138 kilos por una semana de trabajo, lo que significa que debe haber una frecuencia de recolección de una vez por semana durante 7 semanas, a medida que se vaya necesitando la cáscara de banano. Existen dos motivos fundamentales por los cuales se decidió adoptar la recolección de las cáscaras con la ayuda de esta empresa privada; la primera, se asocia a la facilidad con la que se pueden recolectar estas cáscaras, pues la empresa Pan Pa'Ya realiza dentro de sus procesos, la separación y el pesaje de las cáscaras de banano a diario, y aseguran la calidad y el buen estado de éstas, ya que, en ningún momento las cáscaras entran en contacto con algún tipo de alimento o contaminante. La segunda razón, se relaciona con la cantidad de cáscaras, como se mencionó anteriormente, nuestro proyecto implica la utilización de una gran cantidad de polvo de cáscara de banano, por lo tanto, el adquirir esta cantidad de cáscaras llegaría a ser algo complicado, sino se cuenta con la ayuda de una empresa privada que deseche la cantidad necesaria en el menor tiempo posible

Ya que para la empresa Pan Pa'Ya las cáscara de banano son calificadas como residuo, la adquisición de las mismas para el desarrollo del proyecto no genera costo alguno; sin embargo existen otros aspectos que si generan costos de inversión en el proyecto, y básicamente éstos se refieren a insumos adicionales necesarios para el montaje del mecanismo de riego utilizado en Bosatama, y el transporte derivado de éstos.

El mecanismo de riego utilizado en la vereda Bosatama en Soacha, Cundinamarca, es el de aspersión (*ver figura 18*), el cual consiste en la aplicación de agua al suelo, simulando una especie de goteo que emerge por las boquillas del aspersor a una presión determinada, generada por una motobomba o unidad de bombeo (Universidad de Castilla - La Mancha , 2009).



Figura 18 Riego por aspersión en cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha, Cundinamarca.

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

En la vereda Bosatama del municipio de Soacha, Cundinamarca, el método de riego por aspersión, cuenta con varios componentes que garantizan su funcionalidad, el primero de ellos se denomina unidad de bombeo, para éste caso en la vereda Bosatama se utiliza un motor diésel (*ver figura 19*); adicionalmente existen otras dos partes importantes en la unidad de bombeo: la tubería o manguera de succión y la tubería o manguera de descarga (*ver figura 20*); la tubería de succión, es la encargada de captar el agua y llevarla hasta el motor para su posterior distribución, y la tubería de descarga, es la encargada de llevar el agua desde el motor hasta cada uno de los surtidores. Por último, se encuentran los acoples y surtidores, los acoples (*ver figura 21*) se ubican al final de cada tramo de tubería para servir de conexión con la otra, y los surtidores (*ver figura 22*) son la combinación de un aspersor y de un paral o tubo, los cuales están encargados de regar uniformemente el cultivo con ayuda de la presión del agua, dando la simulación de lluvia.



Figura 19 Motor Diésel, unidad de bombeo en cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)



Figura 20 Tubería de succión y descargue, cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)



Figura 21 Acoples, cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

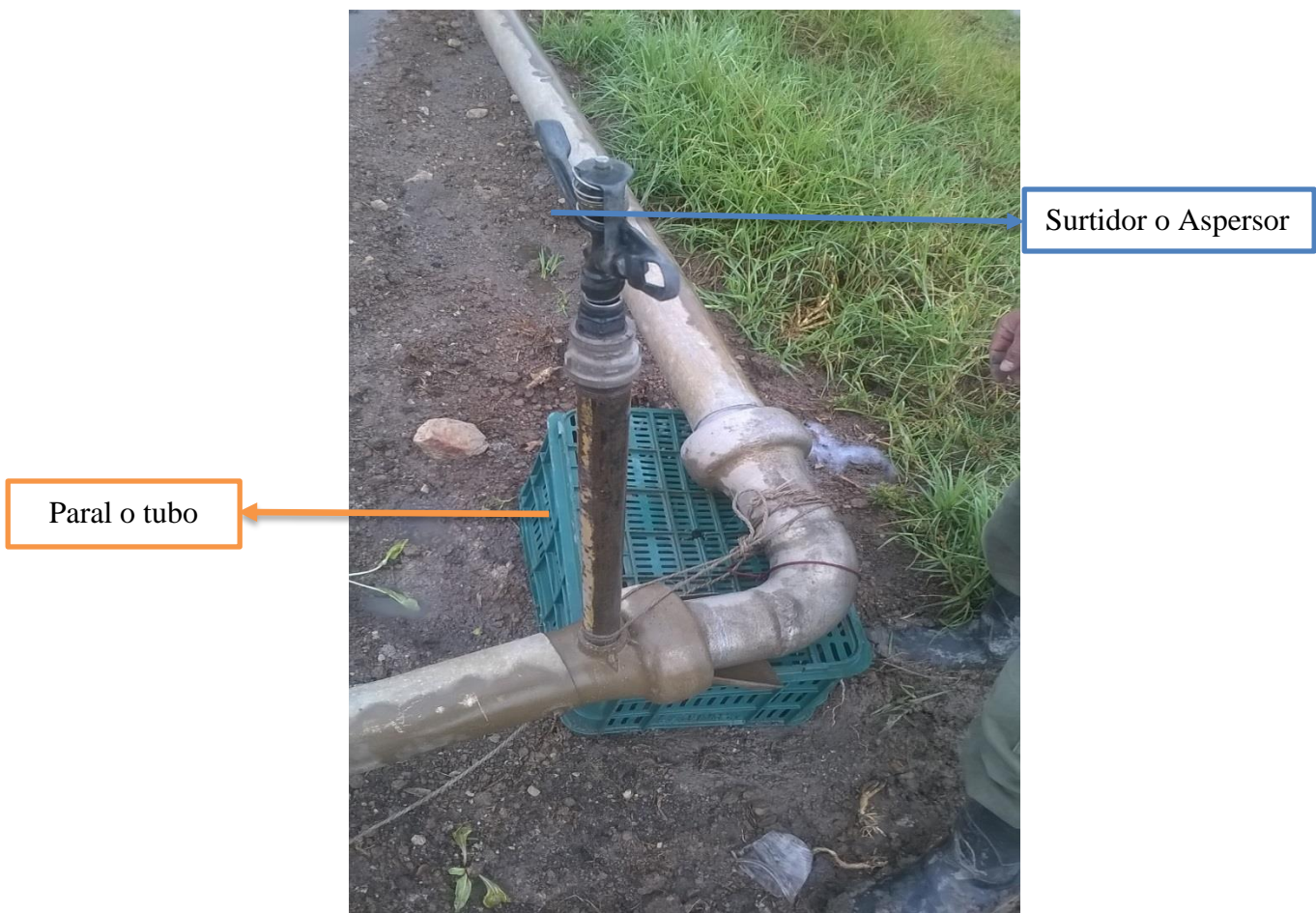


Figura 22 Surtidores, cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Sin embargo, para la ejecución del proyecto de remoción de plomo con el polvo de la cáscara de banano, se hace necesario incurrir en ciertos costos de inversión. Teniendo en cuenta que el agua se adquiere directamente del río Bogotá, se debe contar con una motobomba adicional que permita la entrada del agua del río a un tanque almacenador, tanque que deberá ser de aproximadamente 1000 litros, el cual sirva para retener el agua antes de que ésta llegue a la unidad de bombeo. En este tanque se mezclaría el agua del río Bogotá, y el polvo de la cáscara de banano obtenida y tratada con anterioridad. Para que el polvo de la cáscara pueda mezclarse correctamente con el agua de riego del cultivo, se hace necesario adaptar un agitador de montaje vertical de unas 1000 rpm dentro del tanque, esto para garantizar la funcionalidad del polvo de cáscara de banano como agente removedor de plomo. Adicionalmente, es necesario adaptar una rejilla filtrante de 6 a 8 pulgadas, la cual se ubicara en la tubería de descarga que sale de la primera unidad de bombeo, la cual también debe adquirirse, hacia los parales, con el fin de retener partículas sólidas que se encuentren en el agua, de igual forma, es importante tener en cuenta, la utilización de un tramo de tubería de succión y otro de descarga, además de dos acoples de 2 pulgadas para la unión de las tuberías, para así obtener el montaje final del mecanismo de riego (*ver figura 23*).

También debe considerarse el costo proveniente de, la adquisición del horno, en caso de que no se cuente con este, la compra de un molino multiusos, y la tarifa de mano de obra para la instalación del tanque almacenador, la cual sería de \$46.500, por un día laborado entre dos personas (Secretaría Senado, 2016).

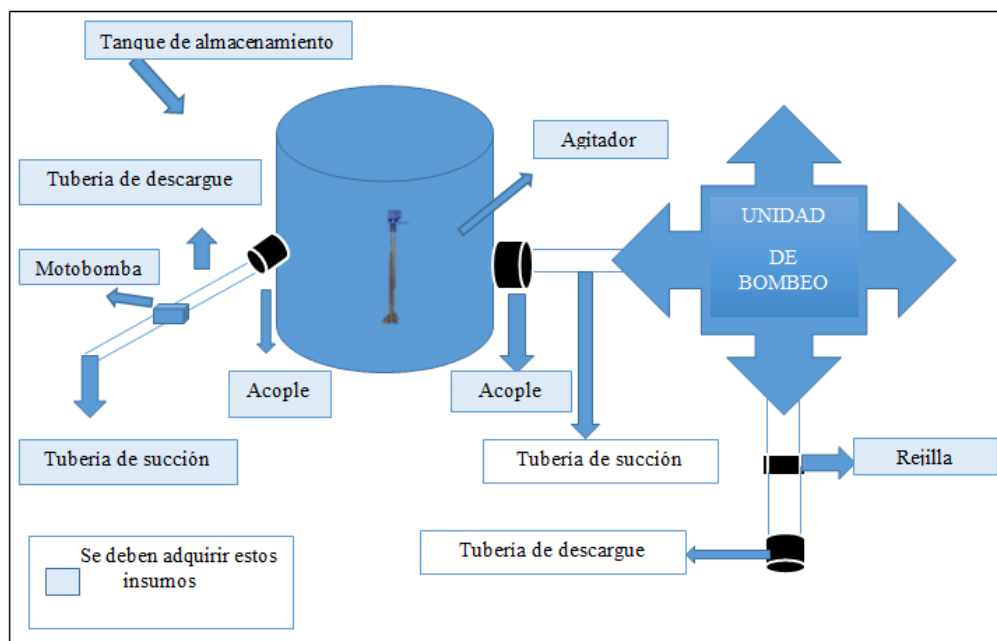


Figura 23 . Esquema de implementación y funcionamiento del polvo de cascara de banana en el riego de cultivos de lechuga, vereda Bosatama Soacha Cundinamarca. Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Los costos de operación y mantenimiento de éste proyecto, hacen referencia a transporte, mano de obra, lavado de tanque, consumo de gas, consumo de diésel, tarifa por uso de aguas superficiales, y demás insumos que se hacen necesarios para garantizar la funcionalidad del método de remoción de plomo, los cuales se explicaran a continuación.

Para calcular el costo promedio del transporte que se hace necesario para el traslado de las cáscaras de banana del lugar de generación, hacia el lugar de implementación, es necesario tener en cuenta que para recolectar los 885 kilogramos de cáscara, sería necesario ir una vez por semana durante siete semanas a la planta de producción de Pan Pa'Ya, el transporte del material se haría por medio de un vehículo particular, y para esto, es necesario tener en cuenta el consumo de combustible que implicaría realizar este recorrido, desde la vereda Bosatama en Soacha, Cundinamarca, hasta Bogotá, más exactamente en la Calle 144 # 49-30, lugar de ubicación de la planta de procesamiento de alimentos que proveerá las cáscaras. La distancia entre los dos puntos oscila entre los 31 Km (*ver figura 24*) en automóvil⁸, lo que genera un costo de viaje ida y

⁸ El automóvil que se utilizaría para el transporte, sería un Kia Picanto modelo 2014, el cual tiene un consumo de 58.2 Km por galón de gasolina (El comercio, 2014), conociendo que el galón de gasolina en Bogotá se encuentra actualmente valorizado en \$7.699 (El Tiempo, 2016).

vuelta de aproximadamente \$8.200, a este valor se le multiplica por 7, que son las veces necesarias de realizar el recorrido para la recolección de los 885 kilogramos de cáscara de banano, obteniendo como resultado un valor de \$57.400 para el transporte.

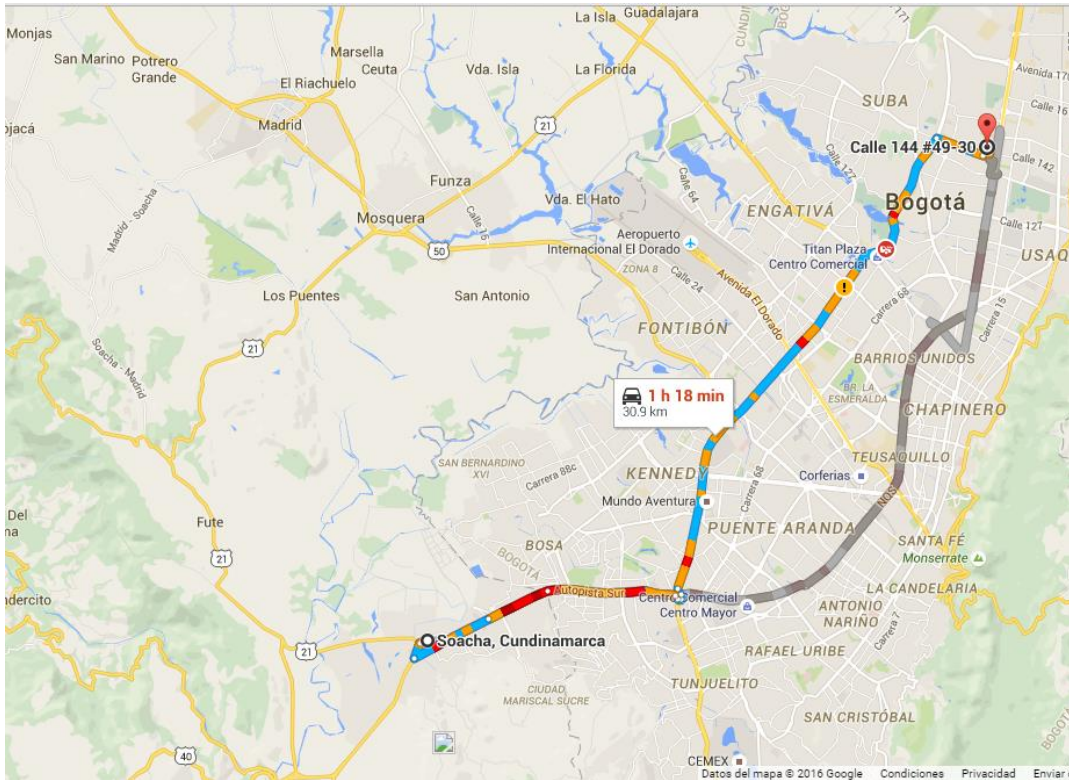


Figura 24 Distancia entre la vereda Bosatama en Soacha, Cundinamarca, y la planta procesadora de alimentos. Fuente: (Google Maps, 2016)

Una vez obtenidas las cáscaras, es necesario llevar a cabo todas las actividades pertinentes para asegurar la funcionalidad de la cáscara de banano como retenedora de plomo. Para esto, es necesario:

- Cortar las cáscaras de banano en pequeños trozos: el corte de las cáscaras es muy sencillo y deberá hacerse con la ayuda de un elemento corto punzante, para este caso podría usarse un cuchillo. Considerando que el corte de las cáscaras puede hacerse sin la ayuda de algún tipo de elemento electrónico, en este paso los costos solo se relacionan a la mano de obra. Debido a la facilidad con la que se puede realizar esta actividad, el tiempo estimado no debe ser superior a 8 días, teniendo en cuenta que por cáscara se demora aproximadamente un minuto, es decir, en una jornada laboral de 8 horas se estarían

cortando alrededor de 480 cáscaras por persona, suponiendo que son dos los trabajadores, en 7.81 días se deberán tener las 7.500 cáscara de banano cortadas en trozos.

Los costos resultantes de esta actividad tendrían origen en la mano de obra, la cual actualmente se encuentra valorizada en \$22.981,83 para una jornada laboral de 8 horas diarias, más el auxilio de transporte que se da por día trabajado, de \$2.590, entonces por persona sería una total de \$204.600 por los 8 día trabajados, para un total de \$409.200 aproximadamente por las dos personas, durante los 8 días que se requieren para llevar a cabo esta actividad (Secretaría Senado, 2016).

- Los trozos de cáscara de banano deberán pasar por un proceso de secado, ya sea al sol, o por medio de un horno, de ésta actividad solo se genera en costos de operación y mantenimiento, el valor por el consumo de gas; teniendo en cuenta que es necesario operar el horno durante 11 horas por ciclo, que el consumo del gas se mide por m³ (los cuales equivalen a 11.70 kWh), y que el precio unitario de m³ es de \$1.742,690 (Gas Natural Fenosa, 2016), el costo promedio por las 33 horas de trabajo del horno al año, tendría un valor de \$18.600, utilizando un horno a gas marca Challenger que consuma aproximadamente 0.32 m³/h.
- Ya secas las cáscaras de banano, se procede a moler con la ayuda de un molino, para obtener finalmente el polvo.

El consumo de diésel generado por las motobombas del sistema de riego, varía de acuerdo a las condiciones climatológicas y a la cantidad de horas que esté en funcionamiento el motor; para éste caso como se mencionó anteriormente el cultivo de lechuga tiene un promedio de crecimiento de 3 meses por ciclo, el cual se riega tres veces por semana, durante 3 horas por día (ecohortum, 2013), lo que nos arroja un promedio de 108 horas durante los 3 meses de cultivo y 324 horas anuales para una sola bomba; el motor diésel que se utiliza en ambas motobombas, es un motor marca Honda el cual tiene un consumo de 1.2 Lt/Hr (Honda, 2016), para la ejecución del sistema durante un año serían necesarios 777.6 Lt o 205,42 gal de diésel por bomba, lo que generaría un costo aproximado de \$1.494.000 para las dos motobombas que garantizan el funcionamiento del sistema de riego por aspersion, basándonos en que el valor actual del diésel se encuentra en \$7.273, (El Tiempo, 2016).

Dentro de los costos de operación y mantenimiento se encuentran, el mantenimiento del sistema de riego, el cual solo genera gastos derivados de la limpieza del tanque almacenador, pues las demás partes del sistema pueden hacerse de forma manual, el costo aproximado por una limpieza semestral es de \$229.000 con la empresa PRI Ltda. (Profesionales e Ingenieros Asociados Ltda., 2016); y los costos relacionados al uso de aguas superficiales, en este caso aguas captadas de la cuenca media del rio Bogotá, la cual tiene un precio por metro cúbico usado de \$0,76, para cubrir la demanda anual de riego en la producción de cultivo de lechuga, son necesarios aproximadamente 600 m³, equivalentes en dinero a \$500 (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2016).

Finalmente, después de realizado el proceso de remoción de plomo por medio del polvo de cáscara de banano, en la rejilla filtrante quedan pequeños trozos de la cáscara contaminada, aproximadamente por ciclo unos 100 kg, debido a que este residuo contiene plomo, se califica como un residuo peligroso y debe ser tratado por una empresa especial, dentro del código CIU para clasificar lo residuos peligrosos, éste residuo se encuentra identificado como “A1160 acumuladores de plomo de desecho, enteros o triturados” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial, 2007), en éste caso la recolección, tratamiento y disposición final la realiza la empresa llamada ECOCAPITAL S. A., por un costo de \$83.900 al mes (Ecocapital, 2016), lo que significaría para un año \$755.100, equivalentes a 9 meses de generación de residuos.

9.1 Estructura de costos del proyecto

En la siguiente tabla se sintetizan los costos totales anuales del proyecto (*ver tabla 28 y tabla 29*);

Tabla 28 Costos de inversión.

TIPO DE	CONCEPTO	CANTIDAD	VALOR	VALOR
---------	----------	----------	-------	-------

COSTO			UNITARIO	TOTAL
Costos de Inversión	Tanque almacenador ⁹	1 Tanque almacenador.	339.000	339.000
	Motobomba ¹⁰	1 motobomba	200.000	200.000
	Tubería succión ¹¹	1 Tubería de succión	95.900	95.900
	Tubería descarga ¹²	1 Tubería de descarga	50.900	50.900
	Acoples ¹³	2 Acoples	1.400	2.800
	Mezclador ¹⁴	1 Mezclador	340.000	340.000
	Rejilla filtrante ¹⁵	1 Rejilla filtrante.	9.000	9.000
	Horno a gas ¹⁶	1 Horno	559.000	559.000
	Molino multiusos ¹⁷	1 Molino	49.900	49.900
	Tarifa mano de obra (instalación tanque)	2 jornales / proyecto	23.250	46.500
TOTAL				\$1'693.000

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Tabla 29 Costos de operación y mantenimiento

	Transporte	7 Recorridos /	8.200	57.400
--	------------	----------------	-------	--------

⁹ Tanque 1000 litros Colempaques (Homecenter, 2016).

¹⁰ Motobomba Honda WB 30 XT (Infoagro.com, 2016)

¹¹ Tubería o manguera corrugada de succión (Homecenter, 2016).

¹² Tubería descarga (Homecenter, 2016).

¹³ Acoples de dos pulgadas (Homecenter, 2016).

¹⁴ Agitador de montaje vertical (SULZER, 2016).

¹⁵ Rejilla de filtración (Homecenter, 2016).

¹⁶ Horno de gas challenger (Homecenter, 2016).

¹⁷ Molino multiusos (megashoptv, 2016).

Costos de operación y mantenimiento		año.		
	Tarifa mano de obra (corte cáscaras)	16 jornales / año.	25.600	409.200
	Cáscara de banano	885 Kg	0	0
	Consumo de gas	10.56 m ³ / año	6.150	18.500
	Tarifa de combustible para la unidad de bombeo	205.42 galones / año.	700.273	1.494.000
	Limpieza tanque almacenador ¹⁸	2 procedimientos/ año.	229.000	458.000
	Disposición final de residuos peligrosos	9 procedimientos / año.	83.900	755.100
	Tasa por uso de agua superficial	600m ³	0,76	500
TOTAL				\$ 3'192.800

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2015)

Para la ejecución del proyecto, se generaron dos escenarios hipotéticos, y uno actual; el escenario actual cuenta con la utilización de agua del río Bogotá para uso agrícola o de riego de cultivos, sin ninguna clase de tratamiento que mejore su calidad; los escenarios A y B son muy similares, ambos cuentan con los costos anteriormente explicados (costos de inversión, costos de operación y mantenimiento), con la diferencia que el escenario A utiliza como mecanismo de secado, el sol, generando un costo total anual de \$4.268.300, y el escenario B, utiliza el horno a gas con su respectiva tarifa de consumo, con un costo total anual de \$4.885.800.

9.2 Beneficios ambientales y financieros

- Beneficios ambientales

Los beneficios ambientales del proyecto, se derivan del tratamiento que se le realiza al agua del Río Bogotá utilizada para riego de cultivos de lechuga, es decir, existe una reducción de aproximadamente 47.880.000 mg/L de plomo en los vertimientos.

- Beneficios financieros

Los beneficios financieros se derivan de ahorros generados por posibles reducciones de impuestos, y de ingresos adicionales por posibles aperturas de nuevos mercados.

Para el caso de inversión ambiental en Colombia, existen dos incentivos aplicables al proyecto, uno es la reducción de impuestos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2008), donde el ahorro puede alcanzar hasta el 6.8% del total del impuesto de renta en un año; y el otro, se refiere a una reducción del 16% correspondiente al IVA, en equipos o maquinaria (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2008) que se utilice para llevar a cabo proyectos con fines ambientales.

Debido a la calidad y salubridad con la que se estaría cultivando la lechuga gracias a la ejecución del proyecto, la apertura a nuevos mercados implicaría ingresos adicionales, pues por un lado, se podría empezar a exportar la hortaliza hacia España, donde se compra por un precio de 5,61 euros por kilo (Boletín Agrario, 2015), en pesos colombianos aproximadamente \$14.400, es decir \$5.400 por encima del mercado colombiano tradicional²⁹, y por otro, en tiendas orgánicas colombianas el kilo se encuentra en un promedio de \$9.500, es decir, \$500 por encima del mercado nacional tradicional, todo esto teniendo en cuenta que para un ciclo de cultivo de lechuga en una hectárea, hay un rendimiento aproximado de 25.900 kilos (Agromatica, 2012), lo que en un año significa alrededor de 76.800 kilos.

Tabla 30 Beneficios financieros del proyecto.

BENEFICIOS FINANCIEROS	SITUACION ACTUAL	SITUACION A	SITUACION B	BENEFICIO ESPERADO
-------------------------------	-------------------------	--------------------	--------------------	---------------------------

²⁹ En Colombia la lechuga se compra por un precio de \$9.000 el kilo (docena) (Corabastos, 2016), en términos de dinero al año serían unos \$691.200.000 por la venta de lechuga regada con agua directamente del río Bogotá.

	COSTO ANUAL (\$)	COSTO ANUAL (\$)	COSTOS ANUAL (\$)	AHORRO ANUAL (\$)
Costos evitados por la reducción de impuestos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2008)				
El ahorro puede alcanzar hasta el 6.8% del total del impuesto de renta en un año.				
Impuesto de renta	\$4.500.000	\$4.194.000	\$4.194.000	\$306.000
Extención del IVA en equipos o maquinaria (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2008)				
Motobomba (200.000/16%)	\$200.000	\$168.000	\$168.000	\$32.000
Horno (559.000/16%)	\$559.000	\$469.560	\$469.560	\$89.440
Apertura a mercados nuevos				
Venta de lechuga –mercado España	\$691.200.000	\$1.105.920.000	\$1.105.920.000	\$414.720.000
Venta de lechuga –mercado nacional orgánico	\$691.200.000	\$729.600.000	\$729.600.000	\$38.400.000
TOTAL				\$453.547.440

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2016)

Tabla 31 Relación mercados – valor anual.

MERCADO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (\$)	VALOR ANUAL
Nacional tradicional	1 kilo	9.000	621.200.000
Nacional orgánico	1 kilo	9.500	729.600.000
España	1 kilo	14.400	1.105.920.000

Fuente: (Rincón Vallejo & Vásquez Galindo, 2016)

La ejecución del proyecto y su inversión inicial puede que no se vean muy alentadoras, pues acarrearán costos elevados adicionales de personal, maquinaria, entre otros, que hacen que el proyecto se vea costoso. Aparte de ello, las entidades ambientales encargadas de regular y reglamentar este tipo de proyectos presentan cierto tipo de deficiencia en relación a la ejecución

de políticas y normatividad lo que permite que la implementación de unas buenas y mejores prácticas ambientales sea demasiado difícil. De igual manera, Los vertimientos evitados podrían cuantificarse monetariamente mediante el uso de herramientas de valoración económica ambiental (beneficios sociales del proyecto). Sin embargo, no se aplican en este trabajo por superar el alcance de los objetivos planteados, esto debe considerarse para futuras aproximaciones al tema toda vez que dichos beneficios tendrían que compensar algunos aspectos de costos adicionales en que incurrirían las unidades productoras que decidan mejorar su desempeño ambiental. Finalmente, dada la debilidad en la aplicación de acciones por parte de las instituciones con jurisdicción en la zona y por parte de los mismos productores en el sentido de propiciar condiciones para la apertura de mercados para bienes con desempeño ambiental favorable, se pueden percibir beneficios subvalorados sobre la implementación de prácticas de producción sostenible. En este caso, se buscó identificar incentivos económicos en la normatividad actual así como el análisis de precios entre productos convencionales y con estándares de calidad ambiental (orgánicos) a fin de hacer evidentes posibles beneficios de acciones de calidad ambiental. Sin embargo, a la hora de cuantificar beneficios económicos y otros beneficios, se puede observar que son mucho mayores los beneficios a largo plazo, que la inversión inicial del proyecto. Adicionalmente se generará un aumento de la confiabilidad y credibilidad de los productos para con sus clientes, al mejorar la calidad del mismo.

Se obtuvo como resultado del análisis financiero inicialmente, un bajo beneficio económico frente a la ejecución del proyecto para un solo ciclo de cultivo de lechuga, pues se acarrea una alta inversión que no logran ser recuperada en poco tiempo, sin embargo a la hora de comparar este resultado con la ejecución del proyecto para un año de producción del cultivo, los resultados son totalmente diferentes, pues el beneficio económico alcanza a ser muy superior a la inversión inicial, aproximadamente cerca de unos \$38.827.440 con una apertura a mercados orgánicos nacionales, y de unos \$415.147.440 para apertura a mercado españoles.

10. CONCLUSIONES

1. El método de remoción de plomo en el agua por medio del polvo de la cáscara de banano, es una alternativa técnicamente funcional y ambientalmente saludable ya que por un lado, a través de los laboratorios experimentales realizados, se puede comprobar la funcionalidad del polvo de la cáscara de banano, con una remoción promedio del 91,84% de plomo en el agua del Rio Bogotá usada para el riego de lechuga en la vereda Bosatama; por otro lado, puede llegar a remplazar los métodos tradicionales utilizados para remover metales pesados del agua, que muchas veces perjudican tanto la salud del hombre como la de la naturaleza, adicionalmente, es un material reutilizado, lo que reduce el volumen de residuos que llegan al relleno sanitario Doña Juana disminuyendo la presión de estos residuos al suelo.
2. De acuerdo al ejercicio estadístico realizado, se determinó que el rango de dosis más eficiente para retener concentraciones de plomo en 500 ml de agua, es de 1 gramo a 0.8 gramos de polvo de cáscara de banano. Esto, tomando como base que la varianza resultante al comparar los datos entre 1 gramo y 0.8 gramos fue igual a 0, esto quiere decir que al utilizar 0.8 gramos a 1 gramo de polvo de cascara de banano en una solución de 500 ml de agua se obtiene el mismo porcentaje de retención de plomo. En otras palabras, la tecnología llega a ser igualmente eficiente utilizando 0.8 gramos o 1 gramo de polvo de cascara de banano.
3. Al utilizar concentraciones de polvo de cascara de banano diferentes a 1 gramo o 0.8 gramos en soluciones de 500 ml la eficiencia de la tecnología puede afectarse, ya que, al cambiar este valor, las concentraciones finales de retención de plomo son menores al 100%.
4. A pesar de que es un método muy eficiente y ambientalmente innovador, la implementación del mismo puede llegar a ser costosa para su uso casero o para un cultivo cuya extensión sea pequeña, es decir, que no tenga más de 5 hectáreas, por este motivo la

ejecución del método de remoción de plomo del agua por medio de la cáscara de banano, sería más sencilla de implementar para un uso industrial o de mediana escala, es decir, para cultivos que posean más de 5 hectáreas.

11. RECOMENDACIONES

1. Para tener más precisión en los datos y en los porcentajes de retención de plomo utilizando polvo de cáscara de banano, los laboratorios deben ser analizados mediante el método espectrofotométrico, ya que, este método permite determinar con más exactitud las concentraciones iniciales y finales de plomo.
2. Ubicar una empresa procesadora de fruta (banano) más cercana al cultivo, lo que facilite la recolección y transporte de las cáscaras de banano, esto, con el fin de reducir los costos de adquisición y transporte que implica la ejecución del proyecto.
3. Para poner en ejecución el método de remoción de plomo del agua por medio de la cáscara de banano, se recomienda realizarlo para medianas producciones de cultivos de lechuga o para asociaciones de horticultores, es decir, con fines industriales, esto debido a los altos costos que acarrea la ejecución del método para producciones bajas.
4. Se recomienda que la implementación de este proyecto se apoye legalmente con incentivos tributarios por parte de la autoridad ambiental competente y demás herramientas que permitan la viabilidad del proyecto.

12. BILIOGRAFÍA

Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2009). Recuperado el Mayo de 2015, de http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts13.html

Agromatica. (31 de Agosto de 2012). Recuperado el 16 de mayo de 2016, de <http://www.agromatica.es/rendimiento-por-hectarea-de-los-cultivos/>

Agrosiembra. (s. f.). Recuperado el Diciembre de 2015, de http://www.agrosiembra.com/?NAME=r_c_sembrar&c_id=19

Alcaldía de Soacha - Cundinamarca. (2 de Enero de 2012). Obtenido de http://www.soacha-cundinamarca.gov.co/informacion_general.shtml

Alcaldía de Soacha - Cundinamarca. (s. f.). Recuperado el 23 de Septiembre de 2015, de http://www.soacha-cundinamarca.gov.co/documentos_municipio.shtml

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2007). *Biblioteca virtual Luis Angel Arango*. Recuperado el 30 de septiembre de 2015, de <http://www.banrepcultural.org/node/19162>

Alcaldía Mayor de Bogotá; Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. (2004). Recuperado el Junio de 2015, de http://ambientebogota.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=e464720b-b21b-4b3c-b134-2dea4af9f372&groupId=10157

Alvarado Chávez, A. M., & Gómez Díaz, D. E. (2013). Recuperado el Mayo de 2015, de <http://ri.ues.edu.sv/5104/1/TESIS%20COMPLETA.pdf>

Alvarado, A. M., & Gómez, D. (2013). Recuperado el 17 de Enero de 2015, de <http://ri.ues.edu.sv/5104/1/TESIS%20COMPLETA.pdf>

American Chemical Society. (2011). *Banana Peel Applied to the Solid Phase Extraction of Copper and Lead from River Water: Preconcentration of Metal Ions with a Fruit Waste*. Brasil.

Asociación Hortifrutícola de Colombia. (2009). Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_30_GUIAhortifruticultura%5B1%5D.pdf

Asociación Hortifrutícola de Colombia. (2009). *Asohofrucol*. Recuperado el Marzo de 2015, de http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_28_PHN.pdf

Avané Cataño, L. (2013). *elmundo.com*. Recuperado el Abril de 2015, de http://www.elmundo.com/portal/noticias/territorio/cascara_de_huevo_para_descontaminar_el_agua.php#.Vak-Nvntmko

Baldomero Garay, O. (2009). Recuperado el 19 de Diciembre de 2015, de <http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/incagro/datos/ManualConsuntivo.pdf>

Boletín Agrario. (2015). Recuperado el 16 de mayo de 2016, de <http://www.boletinagrario.com/ap-39,observatorio-precios,26.html>

Botanical Online. (2005). Obtenido de <http://www.botanical-online.com/florlactucasativa.htm>

Caballero Alvarado, V. M. (2012). *Universidad de San Carlos Guatemala*. Recuperado el Junio de 2015, de http://sitios.ingenieria.usac.edu.gt/eris/tesis_eris/is/IS_0251.pdf

Céspedes, A. (2013). Recuperado el 25 de Noviembre de 2015, de http://www.ehowenespanol.com/calorias-gramo-platano-sobre_116536/

CITALSA. (Diciembre de 2013). Recuperado el 08 de Enero de 2015, de <http://www.citalsa.com/ciproducts/5/491#firstproduct>

Civantos, D. (03 de Enero de 2011). Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de <http://www.cookingideas.es/los-quimicos-descubren-que-las-cascaras-de-platano-no-solo-sirven-para-provocar-trompazos-20110103.html>

Clavijo Ramos, G. (2011). Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de <http://www.elmercurio.com.ec/287091-%C2%BFhortalizas-contaminadas/#.VdtZgJe3uY1>

Comisión Económica Para América Latina y el Caribe . (2000). Recuperado el Abril de 2015, de <http://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/5/23345/InCo00200.pdf>

Consejo Territorial de Planeación de Soacha . (2010). *Política Pública, Desarrollo Económico Incluyente del Municipio de Soacha: "Soacha para Vivir Mejor"*. Bogotá.

Consejo Territorial del Municipio de Soacha. (2010). *Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo* . Obtenido de http://www.pnud.org.co/img_upload/33323133323161646164616461646164/SOACHA%20desarrollo%20DEFINITIVA.pdf

Corabastos. (2012). Recuperado el Marzo de 2015, de http://www.corabastos.com.co/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=45&Itemid=135

Corabastos. (16 de Mayo de 2016). Recuperado el 16 de mayo de 2016, de <http://www.corabastos.com.co/sitio/historicoApp2/reportes/BoletinDescarga.php>

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2008). *Observatorio Ambiental de Bogotá*. Recuperado el 30 de septiembre de 2015, de [http://www.observatorioambientalcar.co/archivos/1393271399evaluacionambientalvolumeni\(1\).pdf](http://www.observatorioambientalcar.co/archivos/1393271399evaluacionambientalvolumeni(1).pdf)

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2010). *Observatorio Ambiental de Bogotá*. Recuperado el 30 de septiembre de 2015, de [http://www.observatorioambientalcar.co/archivos/1393271399evaluacionambientalvolumeni\(1\).pdf](http://www.observatorioambientalcar.co/archivos/1393271399evaluacionambientalvolumeni(1).pdf)

Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (Febrero de 2016). Recuperado el 11 de Mayo de 2016, de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/ACUERDO%2003%20DE%202016%20CON%20ANEXOS.pdf>

Datos climáticos mundiales. (s. f.). Recuperado el 28 de septiembre de 2015, de <http://es.climate-data.org/location/31233/>

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2010). Obtenido de <http://sigotn.igac.gov.co/sigotn/reporteMapaNuevo.aspx?prmAlls=156;2;2010;1;25;25754;390357;Necesidades%20B%C3%A1sicas%20Insatisfechas%20-%20NBI>;

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2015). *Periodismo Público*. Recuperado el Mayo de 2015, de <http://www.periodismopublico.com/Soacha-es-la-decima-ciudad-mas>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas. (2005). *Colombia, proyecciones de población municipales por área* . Bogotá.

Departamento de Agricultura. (2008). Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/005/s8630s/s8630s08.htm>

Díaz, H. (Julio de 2015). (O. Vasquez, Entrevistador)

Ecocapital. (2016). Recuperado el 28 de Abril de 2016, de http://www.ecocapital-int.com/index.php?option=com_content&view=article&id=15&Itemid=115

ecohortum. (7 de Mayo de 2013). Recuperado el 19 de Abril de 2016, de <http://ecohortum.com/como-cultivar-lechuga/>

El comercio. (2014). Recuperado el 19 de Abril de 2016, de http://cde.3.elcomercio.pe/doc/0/0/9/4/6/946070.pdf?ref=nota_economia&ft=contenido

El Espectador. (1 de Agosto de 2014). Recuperado el 30 de septiembre de 2015, de <http://blogs.elespectador.com/el-rio/2014/08/01/cuenca-media-del-rio-bogota-el-tramo-mas-grave/>

El Tiempo. (5 de Abril de 2016). Recuperado el 19 de Abril de 2016, de <http://www.eltiempo.com/economia/indicadores/precios-de-la-gasolina-y-el-acpm/16555752>

Escuela Superior de Agricultura de Barcelona. (1997). Recuperado el 6 de octubre de 2015, de <http://mie.esab.upc.es/arr/T21E.htm>

Fernandes, A. (2013). *Universidad de Sao Paulo*. Recuperado el Marzo de 2015, de <http://www5.usp.br/26012/casca-de-banana-e-utilizada-para-despoluir-agua-contaminada-por-pesticidas/>

Fundación Al Verde Vivo. (2000). *Observatorio Ambiental de Bogotá*. Recuperado el 30 de septiembre de 2015, de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/DIAGNOSTICO%20DEL%20RIO%20BOGOTA.pdf>

Fundacion al Verde Vivo. (2003). Obtenido de Al Verde Vivo, ORG: www.alverdevivo.org

Gas Natural Fenosa. (2016). Recuperado el 19 de Abril de 2016, de <http://www.gasnaturalfenosa.es/es/hogar/gas+luz+servicios/tarifas+luz+y+gas/1285340342233/tarifas+consumo.html>

Google maps. (s. f.). Recuperado el 27 de Noviembre de 2015, de <https://www.google.com.co/maps/place/surtifruver/@4.642651,-74.0766119,15z/data=!4m2!3m1!1s0x0:0xb157a95b66004eab>.

Hirschfeld, D. (2011). *Scidev.net*. Recuperado el Abril de 2015, de <http://www.scidev.net/america-latina/contaminacion/noticias/c-scara-de-banano-purificar-a-el-agua-seg-n-cient-ficos-.html>

Homecenter. (2016). Recuperado el 05 de Enero de 2016, de <http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/31653/Tanque-2000-litros#>

Homecenter. (2016). Recuperado el 05 de Enero de 2016, de <http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/234562/Horno-de-Gas>

Homecenter. (2016). Recuperado el 05 de Enero de 2016, de <http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/category/cat80104/Tapas-registros-y-rejillas>

Honda. (2016). Recuperado el 19 de Abril de 2016, de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/FT_Motobombas_2_3%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/FT_Motobombas_2_3%20(2).pdf)

Infoagro. (2012). Recuperado el Diciembre de 2015, de <http://www.infoagro.com/hortalizas/lechuga.htm>

Instituto de Estudios Urbanos. (s. f.). Recuperado el Mayo de 2015, de <http://institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/01121182.htm>

Instituto Nacional de Salud. (2010). Recuperado el 19 de Octubre de 2015, de <http://www.ins.gov.co/sivicap/Informes%20Cuenca%20Rio%20Bogota/INFORME%20RIO%20BOGOTA%202010.pdf>

Instituto Tecnológico de Apizaco. (2010). Recuperado el 03 de Enero de 2016, de http://www.academia.edu/11622135/4._EVAPORACION_Y_USO_CONSUNTIVO

Institutos de Estudios Urbanos. (s.f.). Obtenido de <http://institutodeestudiosurbanos.info/endatos/0100/0110/0112-hidro/0112111.htm>

Landines, M., & Gonzales, J. (2013). *Universidad Nacional de Colombia*. Recuperado el Mayo de 2015, de <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/article/bagres-del-pais-contaminados-con-plomo.html>

Lasprilla, D., Carranza, C., Fischer, G. (2008). *Calidad del Agua de Riego en la Sabana de Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia, Agronomía, Bogotá.

Ludewig, C. (2005). Recuperado el 29 de Diciembre de 2015, de <http://www.smo.edu.mx/colegiados/apoyos/muestreo.pdf>

Magno Araya, C. (s. f.). Recuperado el 03 de Enero de 2016, de <http://www.academiamat.com/descarga/9.pdf>

Mercado Libre. (2016). Recuperado el 05 de Enero de 2016, de http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-418630997-molino-multiuso-carnemaizcoco-pastasnuevo-_JM

Mercado Libre. (2016). Recuperado el 05 de Enero de 2016, de http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-419338192-motobomba-bomba-de-agua-electrica-370wts-12-hp-_JM

Minard, A. (2011). *National Geographic*. Recuperado el Octubre de 2014, de <http://news.nationalgeographic.com/news/2011/03/110311-water-pollution-lead-heavy-metal-banana-peel-innovation/>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2008). *Área Agrícola Sembrada Total - Soacha*. Bogotá.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2009). Recuperado el Marzo de 2015, de <http://www.cci.org.co/ccinew/pdf/SEMBREMOS/JULIO%202010%20REVISTA%2013/produccion.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2008). Recuperado el 2016, de http://responsabilidadintegral.org/formularios/memorias1/2008/01/01_Invertir_en_el_Medio_Ambiente_SI_PAGA.pdf

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial. (2007). Recuperado el Abril de 2016, de https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/gestion_integral_respel_bases_conceptuales.pdf

News Discovery. (2011). *News Discovery*. Recuperado el Marzo de 2015, de <http://news.discovery.com/earth/banana-peels-water-purification-110323.htm>

Observatorio Ambiental de Bogotá. (2014). Obtenido de <http://oab.ambientebogota.gov.co/es/indicadores?id=58>

Oficina de Planeación del Municipio de Soacha. (2008). *Diagnóstico agropecuario*. Bogotá.

Organización de las Naciones Unidas para Alimentación y la Agricultura. (2010). Análisis de los sistemas de producción agrícola de las Provincias de Soacha y Sumapaz (Cundinamarca). Bogotá. Recuperado el Marzo de 2015

Organización Mundial de la Salud. (2014). Recuperado el 13 de Mayo de 2015, de <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/>

Peréz Preciado, A. (2008). *Al verde vivo*. Recuperado el Octubre de 2014, de <http://alverde vivo.org/SitioAntiguo/Documentos/EL%20PROBLEMA%20DEL%20RIO%20BOGOTA.pdf>

Peréz, A. (2006). *Universidad Politécnica de Catalunya*. Recuperado el Noviembre de 2014, de <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/3694/1/55706-1.pdf>

Ponce, T. (2014). Recuperado el Abril de 2015, de <http://especiales.elcomercio.com/2014/planetaIdeas/Febrero23/contaminacion.php>

Profesionales e Ingenieros Asociados Ltda. (2016). Recuperado el 19 de Abril de 2016, de <http://www.pri.com.co/ingsanitariatop/tanques-de-agua-potable.html>

Rincón Vallejo, V., & Vásquez Galindo, O. (2015). *Viabilidad del aprovechamiento de la cáscara de banano para la remoción de plomo en aguas de riego de cultivos de lechuga, en el municipio de Soacha, Cundinamarca*. Bogotá.

Ruge Correa, M., & Chaparro Rodríguez, L. A. (2010). Recuperado el Junio de 2015, de <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/bitstream/11158/165/1/202917.pdf>

Ruge Correa, M., & Chaparro Rodríguez, L. A. (2010). Obtenido de <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/bitstream/11158/165/1/202917.pdf>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Cundinamarca. (2009). *Cundinamarca.gov*. Recuperado el Julio de 2015, de http://www.cundinamarca.gov.co/wps/wcm/connect/bf58d381-97aa-4c27-9ed2-9ace183fa7c8/Anuario_agropecuario.pdf?MOD=AJPERES

Secretaría Distrital de Ambiente . (2007). Obtenido de <http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/4edf22f4-b802-401a-ae91-dc7a70c8a2e9>

Secretaría Distrital de Ambiente; Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2008). Recuperado el Junio de 2015, de http://ambientebogota.gov.co/documents/10157/220042/calidad_del_recurso_hidrico2008.pdf

Secretaría Senado. (2016). Recuperado el 19 de Abril de 2016, de http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/codigo_sustantivo_trabajo_pr004.html#145

Silva Artunduaga, G. (2009). Recuperado el 28 de Septiembre de 2015, de <http://repository.udca.edu.co:8080/jspui/bitstream/11158/167/1/202294.pdf>

Sistema de Estadísticas Agropecuarias. (2013). *agronet.gov.co*. Recuperado el 13 de Mayo de 2015, de <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/ReportesAjax/VerReporte.aspx>

tiposde.org. (2009). *Portal educativo*. Recuperado el 6 de octubre de 2015, de <http://www.tiposde.org/ciencias-exactas/209-tipos-de-estadisticas/>

Universidad de Castilla - La Mancha . (2009). Recuperado el 19 de Abril de 2016, de https://www.uclm.es/area/ing_rural/Hidraulica/PresentacionesPDF_STR/TemaRiegoAspersion.pdf

Universidad de Sonora. (2005). Recuperado el 3 de Septiembre de 2015, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/8410/Capitulo4.pdf>

Universidad de Sonora. (2006). Recuperado el 20 de Diciembre de 2015, de <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/3526/Capitulo1.pdf>

Universidad Nacional de Colombia. (2009). *agenciadenoticia.unal*. Recuperado el 25 de Marzo de 2015, de <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/hortalizas-con-exceso-de-metales-toxicos/>

Universidad Nacional de Colombia. (21 de Septiembre de 2009). Hortalizas con exceso de metales tóxicos. *UN Periodico*.

Yañez, M. (2012). Recuperado el Abril de 2015, de <https://www.veoverde.com/2012/12/genial-vegetales-para-limpiar-metales-pesados-del-agua-y-el-suelo/>

Yuste, M. (2015). Recuperado el 24 de Agosto de 2015, de http://www.cuatro.com/cuarto-milenio/programas/temporada-10/t10xp37/Miguel-Yuste-madrilenos-hortalizas-contaminadas_2_1992405089.html

Zumel García, M. (2013). Obtenido de https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2012/446/42109/1/Documento2.pdf

13. GLOSARIO

VIABILIDAD: es la probabilidad de éxito o fracaso que presenta un proyecto al momento de ejecutarse en base a sus características y particularidades.

REMOCION: acción de mover, quitar, desplazar o apartar algo de su lugar independientemente de que sea reemplazado o no por otro.

CULTIVO: conjunto de componentes que crean las condiciones propicias y necesarias para el correcto desarrollo de hortalizas, tubérculos etc.

PLOMO: elemento de la tabla periódica, metal color azul-grisáceo. Su uso principalmente se asocia a actividades industriales y económicas tales como: minería, pintura, y combustibles fósiles.

METALES PESADOS: elementos químicos metálicos que tienen una densidad relativamente alta, son considerados como tóxicos en concentraciones pequeñas.

RECURSO HÍDRICO: son todos aquellos cuerpos de agua tales como: océanos, ríos, lagos, arroyos y lagunas que pertenecen a un determinado territorio y que gracias a su funcionalidad permiten satisfacer alguna finalidad o cumplir con algún objetivo en particular.

DESARROLLO RURAL: son todas aquellas acciones que promueven la gestión y el desarrollo coordinado de recursos renovables, no renovables, financieros, económicos y sociales con el fin de maximizar los resultados económicos y el bienestar social de una comunidad.

HORTICULTURA: técnica de cultivo de plantas que se desarrollan en cultivos.

HORTALIZAS: verduras y demás plantaciones comestibles y que mayormente se les consume como alimentos, ya sea de manera cruda o bien cocinada.

TECNOLOGIA APROPIADA: tipo de tecnología que gracias a sus características es barata, sencilla y fácil de implementar. Este tipo de tecnologías, convencionalmente son utilizadas a partir de materiales locales, reciclados o reutilizados.

COSTOS: gasto económico ocasionado por la producción de algún bien o la oferta de algún servicio.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO: es la representación de los datos de una muestra. Este análisis se encarga de la obtención, organización, representación y caracterización de los datos.

BIOACOMULACION: proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos a partir de fuentes bióticas y abióticas.

CONCENTRACION: cantidad de soluto que hay en una masa o volumen determinado de solución o solvente.

DQO: demanda química de oxígeno.

CONDUCTIVIDAD: capacidad del agua para transportar una carga eléctrica.

TURBIDEZ: es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales.

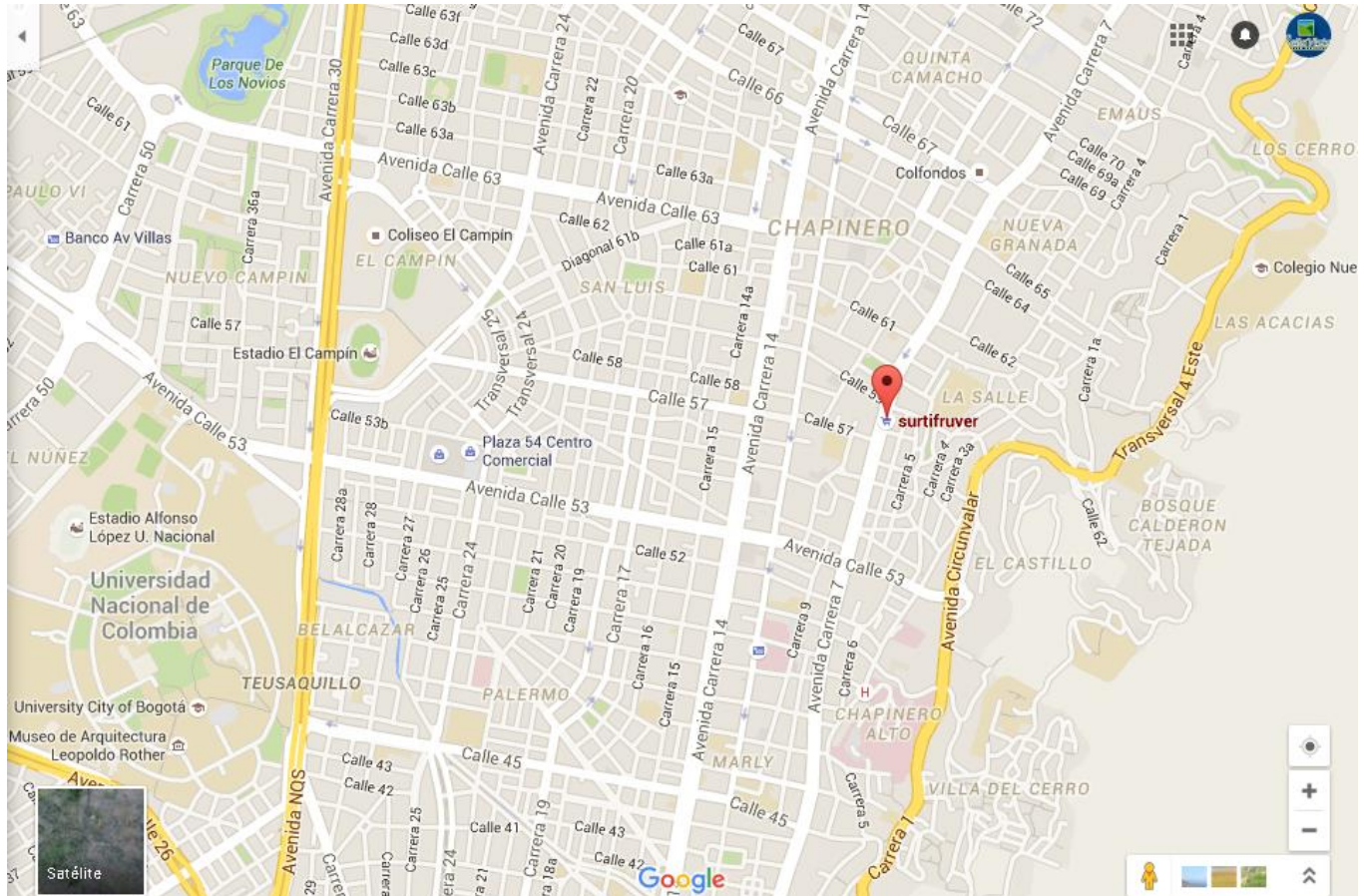
MEDIA ARITMETICA: suma de los valores de una muestra divididos por la cantidad de la misma.

DESVIACION ESTANDAR: mide la separación de los datos en relación a la media.

COEFICIENTE DE VARIACION: relación entre el tamaño de la media y la variabilidad de la variable.

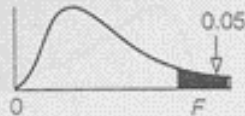
ANOVA: herramienta de tipo estadístico que se emplea cuando se desea comparar distintos conjuntos de resultados.

ANEXO A: LOCALIZACIÓN DEL SITIO DE RECOLECCIÓN DE LAS CÁSCARAS DE BANANO



Ubicación Surtifruser de Chapinero, Carrera. 7 # 58-18, Bogotá. Fuente: (Google maps, s. f.)

ANEXO B: TABLA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER



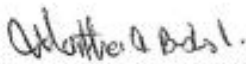

		Grados de libertad para el numerador																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	
Grados de libertad para el denominador	1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	249	250	251	
	2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5
	3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	
	4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	
	5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	
	6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	
	7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	
	8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	
	9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	
	10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	
	11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	
	12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	
	13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	
	14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	
	15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	
	16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	
	17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.19	2.15	2.10	
	18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.15	2.11	2.06	
	19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.11	2.07	2.03	
	20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.08	2.04	1.99	
	21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37	2.32	2.25	2.18	2.10	2.05	2.01	1.96	
	22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34	2.30	2.23	2.15	2.07	2.03	1.98	1.94	
	23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32	2.27	2.20	2.13	2.05	2.01	1.96	1.91	
	24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30	2.25	2.18	2.11	2.03	1.98	1.94	1.89	
	25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.96	1.92	1.87	
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.89	1.84	1.79		
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.79	1.74	1.69		
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.70	1.65	1.59		
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.61	1.55	1.50		
∞	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.52	1.46	1.39		

ANEXO C: RESULTADOS LABORATORIO UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N.º:	35526
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N.º:	283-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 88 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	111-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-11-18	Fecha de Entrega:	2015-11-18
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 6	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-11-18	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL
RESULTADOS			
	Parámetro	Unidades	Método
	Plomo	mg/L	SM 3111 B
			5,0
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.</p>			
 Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ <small>Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental</small>		 Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA <small>Responsable Técnico M.P. Q-3246</small>	



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	35525
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	283-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 88 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	111-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-11-18	Fecha de Entrega:	2015-11-18

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CLINDIAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 5	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-11-18	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	4,4

OBSERVACIONES:

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente válidos para esta muestra.


Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ
Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental


Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDÍA
Responsable Técnico M.P. Q-3246



Laboratorio Acreditado N.º 113-13700-0176, por Resolución N.º 19300 de agosto 22 de 2011 en Tarea de muestra simple y compleja, ORO, COB, NI, PT, KI, Vn, Arsenico y pl

LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA
SEDE BOGOTÁ
FACULTAD DE INGENIERÍA

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente: VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN Persona a contactar: SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO Dirección / Ciudad: CRA. 107 C No. 68 B- 23 / BOGOTÁ Telefono Fijo/Fax/Movil: 311 8699497 Fecha de Registro: 2015-11-18	ANALISIS N.º: 35524 Cotizacion N.º: 283-2015 Orden de trabajo: 111-2015 Recibida por: D.A. Fecha de Entrega: 2015-11-18
--	--

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Municipio: BOGOTÁ / SOACHA Procedencia: RÍO BOGOTÁ Punto de Captación: CUENCA MEDIA / MUESTRA 4 Fecha De Toma de Muestra: 2015-11-18	Departamento: CUNDINAMARCA Toma de Muestra: NO Tipo de Muestra: AGUA CRUDA Tipo Toma de Muestra: PUNTUAL
---	---

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	2,1

OBSERVACIONES:

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervision del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.

Marta Cristina Bustos López

Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ

Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental

César Augusto Coy Velandia

Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA

Responsable Técnico M.P. Q-3246



**LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS**



INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	35523
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	283-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 85 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	111-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-11-18	Fecha de Entrega:	2015-11-18

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 3	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-11-18	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

RESULTADOS			
Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	1,2

OBSERVACIONES:
La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.

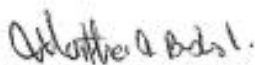

Marta Cristina Bustos López
Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ
Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental

César Augusto Coy Velandia
Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA
Responsable Técnico M.P. Q-3246



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	35522
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	283-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 66 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	111-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8599497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-11-18	Fecha de Entrega:	2015-11-18
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 2	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-11-18	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL
RESULTADOS			
	Parámetro	Unidades	Método
	Plomo	mg/L	SM 3111 B
			Resultado
			0,1
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.</p>			
 Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental		 Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA Responsable Técnico M.P. Q-3246	



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	35521
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	283-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 88 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	111-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-11-18	Fecha de Entrega:	2015-11-18

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

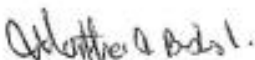
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 1	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-11-18	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	<0,1

OBSERVACIONES:

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente válidos para esta muestra.


Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ
Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental


Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDÍA
Responsable Técnico M.P. Q-3246

SEGUNDO LABORATORIO UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS

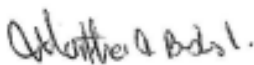



INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	35015
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	201-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 88 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	089-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-09-10	Fecha de Entrega:	2015-09-10
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CLINDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 6	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-09-10	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL
RESULTADOS			
	Parámetro	Unidades	Método
	Plomo	mg/L	SM 3111 B
			10,2
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.</p>			
<p>Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental</p>		<p>Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDÍA Responsable Técnico M.P. Q-3246</p>	



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE											
Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS Nº:	35013								
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización Nº:	201-2015								
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 68 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	089-2015								
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 9699497	Recibida por:	D.A.								
Fecha de Registro:	2015-09-10	Fecha de Entrega:	2015-09-10								
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA											
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA								
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO								
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 4	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA								
Fecha De Toma de Muestra:	2015-09-10	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL								
RESULTADOS											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Parámetro</th> <th style="width: 15%;">Unidades</th> <th style="width: 15%;">Método</th> <th style="width: 40%;">Resultado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Plomo</td> <td>mg/L</td> <td>SM 3111 B</td> <td style="text-align: center;">6,3</td> </tr> </tbody> </table>				Parámetro	Unidades	Método	Resultado	Plomo	mg/L	SM 3111 B	6,3
Parámetro	Unidades	Método	Resultado								
Plomo	mg/L	SM 3111 B	6,3								
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente válidos para esta muestra.</p>											
 Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental		 Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDÍA Responsable Técnico M.P. Q-3246									



**LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS**



INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	35012
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	201-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 68 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	089-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-09-10	Fecha de Entrega:	2015-09-10

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 3	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-09-10	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	4,5

OBSERVACIONES:

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente válidos para esta muestra.


Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ
 Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental


Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDÍA
 Responsable Técnico M.P. Q-3246



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente: VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN Persona a contactar: SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO Dirección / Ciudad: CRA. 107 C No. 88 B- 23 / BOGOTÁ Teléfono Fijo/Fax/Móvil: 311 8699497 Fecha de Registro: 2015-09-10	ANÁLISIS N°: 35011 Cotización N°: 201-2015 Orden de trabajo: 089-2015 Recibida por: D.A. Fecha de Entrega: 2015-09-10
--	--

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Municipio: BOGOTÁ / SOACHA Procedencia: RÍO BOGOTÁ Punto de Captación: CUENCA MEDIA / MUESTRA 2 Fecha De Toma de Muestra: 2015-09-10	Departamento: CUNDINAMARCA Toma de Muestra: NO Tipo de Muestra: AGUA CRUDA Tipo Toma de Muestra: PUNTUAL
---	---

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	0,1

OBSERVACIONES:

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.

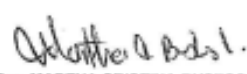


Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ
 Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental


Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDÍA
 Responsable Técnico M.P. 0-3246



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



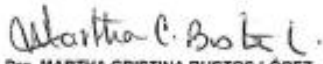
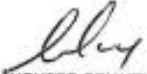
INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	36010
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	201-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 88 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	089-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8899497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-09-10	Fecha de Entrega:	2015-09-10
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 1	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-09-10	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL
RESULTADOS			
Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	<0,1
<p>OBSERVACIONES:</p> <p>La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.</p>			
 Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental		 Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA Responsable Técnico M.P. Q-3246	

TERCER LABORATORIO UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	33164
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	122-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 68 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	061-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8689497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-09-08	Fecha de Entrega:	2015-09-08
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 6	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-09-08	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL
RESULTADOS			
Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	5,1
<p>OBSERVACIONES: La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.</p>			
 Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental		 Q. CÉSAR ÁUGUSTO COY VELANDIA Responsable Técnico M.P. Q-3246	



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	33163
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	122-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 68 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	061-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-09-08	Fecha de Entrega:	2015-09-08

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 5	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-09-08	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Piomo	mg/L	SM 3111 B	4,8

OBSERVACIONES:

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.


Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ
Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental


Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA
Responsable Técnico M.P. Q-3246



**LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS**



INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	33162
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	122-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 88 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	061-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-09-08	Fecha de Entrega:	2015-09-08

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 4	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-09-08	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	3,4

OBSERVACIONES:

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.

Martha C. Bustos L.
Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ

Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental

César Augusto Coy Velandía
Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDÍA

Responsable Técnico M.P. Q-3246



**LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS**



INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	33161
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	122-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 68 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	061-2015
Teléfono Fijo/Fax/Movil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-09-08	Fecha de Entrega:	2015-09-08

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 3	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-09-08	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	2,8

OBSERVACIONES:

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.


Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ
 Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental


Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA
 Responsable Técnico M.P. Q-3248



LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL INFORME DE RESULTADOS



INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	33160
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	122-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 68 B-23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	061-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-09-08	Fecha de Entrega:	2015-09-08

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CUNDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 2	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-09-08	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

RESULTADOS

Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	0,1

OBSERVACIONES:

La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente válidos para esta muestra.

Martha Cristina Bustos López

Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ
Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental

César Augusto Coy Velandía

Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDÍA
Responsable Técnico M.P. Q-3246



**LABORATORIO INGENIERIA AMBIENTAL
INFORME DE RESULTADOS**



INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
Cliente:	VÁSQUEZ GALINDO OSCAR JULIÁN	ANÁLISIS N°:	33159
Persona a contactar:	SR. OSCAR JULIÁN VÁSQUEZ GALINDO	Cotización N°:	122-2015
Dirección / Ciudad:	CRA. 107 C No. 88 B- 23 / BOGOTÁ	Orden de trabajo:	061-2015
Teléfono Fijo/Fax/Móvil:	311 8699497	Recibida por:	D.A.
Fecha de Registro:	2015-09-08	Fecha de Entrega:	2015-09-08

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA			
Municipio:	BOGOTÁ / SOACHA	Departamento:	CLINDINAMARCA
Procedencia:	RÍO BOGOTÁ	Toma de Muestra:	NO
Punto de Captación:	CUENCA MEDIA / MUESTRA 1	Tipo de Muestra:	AGUA CRUDA
Fecha De Toma de Muestra:	2015-09-08	Tipo Toma de Muestra:	PUNTUAL

RESULTADOS			
Parámetro	Unidades	Método	Resultado
Plomo	mg/L	SM 3111 B	0,1

OBSERVACIONES:
La muestra analizada No fue recolectada por personal del laboratorio ni bajo supervisión del mismo, por lo que estos resultados son solamente validos para esta muestra.

Martha Cristina Bustos López
Dra. MARTHA CRISTINA BUSTOS LÓPEZ
Coordinadora Laboratorio Ing Ambiental

César Augusto Coy Velandía
Q. CÉSAR AUGUSTO COY VELANDIA
Responsable Técnico M.P. Q-3246