

**CÓDIGO****AP-BIB-FO-05****VERSIÓN****1****VIGENCIA****2014****PÁGINA****1 de 2**

Neiva, 4 de Agosto de 2014

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

Los suscritos:

JUAN CAMILO GALLO ARIZA, con C.C. No. 1075.223.108 de Neiva,

OSCAR MAURICIO ARTAGA ALVARADO, con C.C. No. 7.697.700 de Neiva,

Autores de la tesis y/o trabajo de grado en enfocado en la estructura de un plan de negocios;

Titulado “estudio de pre factibilidad técnica y comercial para la elaboración de un producto orgánico a base de cascara de banano” presentado y aprobado en el año 2014 como requisito para optar al título de Especialista en Alta Gerencia;

Autorizamos al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

- Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open Access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.
- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato CD-ROM o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.
- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.



CARTA DE AUTORIZACIÓN



CÓDIGO	AP-BIB-FO-05	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2
--------	--------------	---------	---	----------	------	--------	--------

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, "Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores", los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

EL AUTOR/ESTUDIANTE:  
Firma: Juan Carlos Gallo Ariza

EL AUTOR/ESTUDIANTE:  
Firma: [Signature]

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>				  		
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>1 de 3</b>

**TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y COMERCIAL PARA LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO ORGÁNICO A BASE DE CASCARAS DE BANANO.**

**AUTOR O AUTORES:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
GALLO ARIZA	JUAN CAMILO
ARTEAGA ALVARADO	OSCAR MAURICIO

**DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
RAMIREZ PLAZAS	ELIAS
ZAPATA DOMINGUEZ	ALVARO

**ASESOR (ES):**

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
ZAPATA DOMINGUEZ	ALVARO

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE: ESPECIALISTA EN ALTA GERENCIA**

**FACULTAD: ECONOMÍA Y ADMINISTRACIÓN**

**PROGRAMA O POSGRADO: ESPECIALIZACIÓN EN ALTA GERENCIA**

**CIUDAD: NEIVA**

**AÑO DE PRESENTACIÓN: 2014**

**NÚMERO DE PÁGINAS: 78**

	<b>GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS</b>				  		
	<b>DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO</b>						
<b>CÓDIGO</b>	<b>AP-BIB-FO-07</b>	<b>VERSIÓN</b>	<b>1</b>	<b>VIGENCIA</b>	<b>2014</b>	<b>PÁGINA</b>	<b>2 de 3</b>

**TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):**

Diagramas\_\_\_ Fotografías X Grabaciones en discos\_\_\_ Ilustraciones en general\_\_\_ Grabados\_\_\_ Láminas\_\_\_  
 Litografías\_\_\_ Mapas\_\_\_ Música impresa\_\_\_ Planos\_\_\_ Retratos\_\_\_ Sin ilustraciones\_\_\_ Tablas o Cuadros  
X

**SOFTWARE** requerido y/o especializado para la lectura del documento: No.

**MATERIAL ANEXO:** No.

**PREMIO O DISTINCIÓN** (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

**PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:**

<u>Español</u>	<u>Inglés</u>	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1. Factibilidad	Feasibility	6. Agua	Water
2. Banano	Banana	7. Filtro	Filter
3. Plomo	Lead	8. Retención	Retention
4. Descontaminación	decontamination	9. Ionico	Ionic
5. Adsorción	Adsorption	10. Lignina	Lignin

**RESUMEN DEL CONTENIDO:** (Máximo 250 palabras)

En el marco de cierre del de la XXII versión del programa de especialización de Alta Gerencia de la Universidad Surcolombiana de la ciudad de Neiva, se realizó este trabajo enfocando los aspectos principales de un proyecto de estudio de pre factibilidad técnica y comercial para un plan de negocios basado en la necesidad de elaborar un producto orgánico para remover el Plomo y otros metales pesados en las aguas residuales que al finalizar el ciclo de aprovechamiento por el hombre es vertido a las fuentes hídricas.

Las investigaciones a nivel mundial de como optimizar las tecnologías para la descontaminación de los recursos naturales en los últimos años han estado direccionadas en reemplazar los elementos altamente tóxicos y descubrir otros usos en los residuos orgánicos, es de esta manera que la cascara de banano ha ganado espacio después de unos procesos de secado y trituración hasta convertirlo en un polvo aditivo que en interacción química con el agua contaminada o de tipo residual puede llegar hacer un agente importante

**CÓDIGO****AP-BIB-FO-07****VERSIÓN****1****VIGENCIA****2014****PÁGINA****3 de 3**

para la eliminación de metales pesados y otros compuestos contaminantes; en este documento observaremos técnicamente la viabilidad inicial para diferentes tipos de vertimientos y como esta reacción a través de un filtro artesanal de bajo costo puede convertirse en un sistema alternativo de tratamiento aplicado a la oferta que hoy en día exige una gran cantidad de dinero en la producción y financiación de tecnologías sofisticadas únicamente funcionales con elementos altamente dañinos como el sulfato de aluminio y el oxiclورو de sodio, los cuales pueden llegar hacer muy perjudiciales para el consumo humano y los organismos vivos.

**ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)**

As part of the closing the 22nd version of the Specialization in Management from Universidad Surcolombiana in Neiva Huila - Colombia, was made this Research Project in which the main aspects from a technical and commercial pre-feasibility study Project, were focused in a business plan based on the need for an organic product to remove lead and other heavy metals from the sewage dumped on the water sources, when the cycle of exploitation by the man, finishes.

Worldwide researaches about how optimizing decontamination of natural resources in recent years, have been routed to replace highly toxic elements and find other ways of use in organic waste, for that reason, banana peel has got prestige in all this process, being an important agent to remove heavy metals and other contaminating compounds, when becomes in additive powder that, chemically mixed with residual water, after drying and grinding. In this essay, technically we will observe the viability for different types of dumpings and how this reaction can become, through a low cost handmade filter, in an alternative treatment system applied to the offer that, nowadays, requires a lot of money in the financing and production of sophisticated technologies only functionals with highly harmful elements such as aluminium and sodium oxychloride, which are very harmful for human consumption and living organism.

**APROBACION DE LA TESIS**

Nombre Presidente Jurado: ELÍAS RAMÍREZ PLAZAS

Firma:

**ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y COMERCIAL PARA LA  
ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO ORGÁNICO A BASE DE CASCARAS DE  
BANANO**

**OSCAR MAURICIO ARTEAGA ALVARADO  
JUAN CAMILO GALLO ARIZA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBNA  
FACULTAD DE ECONOMIA Y ADMINISTRACION  
ESPECIALIZACION EN ALTA GERENCIA  
NEIVA**

**ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y COMERCIAL PARA LA  
ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO ORGÁNICO A BASE DE CASCARAS DE  
BANANO**

**OSCAR MAURICIO ARTEAGA ALVARADO  
JUAN CAMILO GALLO ARIZA**

**Proyecto presentado para optar al título de especialista en alta gerencia**

**ASESOR:  
ALVARADO DOMINGUEZ ZAPATA**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBNA  
FACULTAD DE ECONOMIA Y ADMINISTRACION  
ESPECIALIZACION EN ALTA GERENCIA  
COLOMBIA  
2014**

**Nota de Aceptación**

---

---

---

---

---

---

---

---

**Firma del presidente del jurado**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**Neiva - Huila, Julio 21 de 2014**

## **Agradecimientos**

A Dios por permitirnos realizar de su mano tan reconocido e importante postgrado, a nuestros familiares ya que con su aliento y motivación a pesar de las difíciles jornadas dedicadas para cumplir con las responsabilidades laborales, académicas y familiares siempre comprendieron la importancia de sobresalir en todas, a nuestros docentes Elías Ramírez, Álvaro Zapata y Dagoberto Paramo, entre otros; por su valioso direccionamiento, enseñanza y apoyo, por facilitarnos lo necesario, por sus consejos brindados y su tiempo.

Que Dios los bendiga.

## Contenido

Índice de Tablas .....	viii
Índice de Graficas .....	ix
Índice de Figuras .....	x
Resumen.....	xi
Abstract .....	xii
Capítulo 1: Planteamiento del problema.....	13
1.1. Justificación.....	15
1.2. Objetivos de Investigación.....	16
1.2.3. Objetivo General.....	16
1.2.4. Objetivos Específicos.....	16
Capítulo 2: Marco Teórico.....	17
2.1 Definición de Agua .....	17
2.1.2. Generalidades del Agua.....	17
2.1.3. Propiedades Físicas y Químicas del Agua.....	18
2.1.4. El Uso del Agua en la Industria.....	19
2.1.5. La Contaminación y la Depuración del Agua.....	20
2.1.6. El Agua Contaminada por Metales Pesados.....	24
2.1.7. Generalidades del Plomo.....	25
2.1.8. Plomo en el Medio Ambiente.....	26
2.1.9. Contaminación del Agua por Plomo.....	26
2.1.10. Plomo en la Salud Humana.....	28
2.1.11. Efectos de Plomo en Sistemas y Órganos Humanos.....	29
2.1.12. Tipos de Intoxicaciones.....	30
2.1.13. Síntomas más Frecuentes por Exposición por Plomo.....	31
2.1.14. Filtro.....	32
2.1.15. La Filtración.....	33
2.1.16. Tipos de Filtros.....	33
2.1.17. Filtros de Gravedad.....	34
2.1.18. Filtros de Presión o de Vacío.....	34
2.1.19. Fundamentos de Adsorción.....	34

2.1.20. Proceso de Adsorción.....	35
2.1.21. Tipos de Adsorción.....	36
2.1.22. Adsorción por Intercambio Iónico.....	36
2.1.23. Adsorción por Fuerzas de Van Der Waals. ....	36
2.1.24. Adsorción Química.....	37
2.2 Metodología .....	37
2.2.1. Tipo de Estudio.....	37
2.2.2. Investigación Bibliográfica.....	37
2.2.3. Investigación de Campo. ....	38
Capítulo 3: Pre Factibilidad Técnica.....	39
3.1 Resultados .....	46
3.2. Pre Factibilidad Comercial.....	52
3.2.1 Identificación del Producto .....	52
3.2.1.1. Usos .....	52
3.2.1.2. La Planta.....	53
3.2.1.3. Las Flores .....	54
3.2.1.4. El Fruto.....	54
3.2.1.5. Composición Química de la Cáscara del Banano.....	55
3.2.1.6. Composición.....	56
3.2.2. Usuarios.....	57
3.2.3. Presentación o Portafolio .....	57
3.2.4. Servicio.....	58
3.2.5. Bienes de Capital.....	59
3.2.6. Fuentes de Abastecimiento de Insumos .....	62
3.2.7. Sistemas de Distribución.....	63
3.2.8. Precios y Costos .....	65
3.2.9. Área del Mercado .....	66
3.2.10. Comercialización.....	67
3.2.11. Promoción y Publicidad Motivación del Proyecto Sistema de Comercialización o Marketing .....	67
3.3. Estudio de Caso.....	68

Conclusiones y Recomendaciones .....	73
Bibliografía .....	76

## Índice de Tablas

Tabla 1 .....	23
Tabla 2 .....	48
Tabla 3 .....	68
Tabla 4 .....	69
Tabla 5 .....	70

## Índice de Graficas

Gráfica 1. <i>Concentración del plomo en relación con la absorción atómica</i> .....	49
Gráfica 2. <i>Resultados comparativos de resultado de parámetros evaluados</i> .....	70

## Índice de Figuras

Figura 1. <i>Muestra de Plomo Solido, recuperado al interior de los recursos naturales.</i> .....	25
Figura 2. <i>Tipos de Intoxicaciones</i> .....	31
Figura 3. <i>Síntomas más frecuentes por exposición del Plomo</i> .....	32
Figura 4. <i>Recolección y secado de cascara de banano</i> .....	39
Figura 5. <i>Polvo de cáscara de banano pesada</i> .....	40
Figura 6. <i>Filtro diseñado</i> .....	46
Figura 7. <i>Filtros elaborados a diferentes cantidades de cascara de Banano</i> .....	47
Figura 8 <i>Análisis relación de concentración de plomo vs absorción atómica</i> .....	49
Figura 9. <i>Porcentaje de retención de plomo según resultados de absorción</i> .....	51

# ESTUDIO DE PRE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y COMERCIAL PARA LA ELABORACIÓN DE UN PRODUCTO ORGÁNICO A BASE DE CASCARAS DE BANANO

## Resumen

En el marco de cierre del de la XXII versión del programa de especialización de Alta Gerencia de la Universidad Surcolombiana de la ciudad de Neiva, se realizó este trabajo enfocando los aspectos principales de un proyecto de estudio de pre factibilidad técnica y comercial para un plan de negocios basado en la necesidad de elaborar un producto orgánico para remover el Plomo y otros metales pesados en las aguas residuales que al finalizar el ciclo de aprovechamiento por el hombre es vertido a las fuentes hídricas. Las investigaciones a nivel mundial de como optimizar las tecnologías para la descontaminación de los recursos naturales en los últimos años han estado direccionadas en reemplazar los elementos altamente tóxicos y descubrir otros usos en los residuos orgánicos, es de esta manera que la cascara de banano ha ganado espacio después de unos procesos de secado y trituración hasta convertirlo en un polvo aditivo que en interacción química con el agua contaminada o de tipo residual puede llegar hacer un agente importante para la eliminación de metales pesados y otros compuestos contaminantes; en este documento observaremos técnicamente la viabilidad inicial para diferentes tipos de vertimientos y como esta reacción a través de un filtro artesanal de bajo costo puede convertirse en un sistema alternativo de tratamiento aplicado a la oferta que hoy en día exige una gran cantidad de dinero en la producción y financiación de tecnologías sofisticadas únicamente funcionales con elementos altamente dañinos como el sulfato de aluminio y el oxiclورو de sodio, los cuales pueden llegar hacer muy perjudiciales para el consumo humano y los organismos vivos.

## **Abstract**

As part of the closing the 22nd version of the Specialization in Management from Universidad Surcolombiana in Neiva Huila - Colombia, was made this Research Project in which the main aspects from a technical and commercial pre-feasibility study Project, were focused in a business plan based on the need for an organic product to remove lead and other heavy metals from the sewage dumped on the water sources, when the cycle of exploitation by the man, finishes.

Worldwide reasearches about how optimizing decontamination of natural resources in recent years, have been routed to replace highly toxic elements and find other ways of use in organic waste, for that reason, banana peel has got prestige in all this process, being an important agent to remove heavy metals and other contaminating compounds, when becomes in additive powder that, chemically mixed with residual water, after drying and grinding. In this essay, technically we will observe the viability for different types of dumpings and how this reaction can become, through a low cost handmade filter, in an alternative treatment system applied to the offer that, nowadays, requires a lot of money in the financing and production of sophisticated technologies only functionals with highly harmful elements such as aluminium and sodium oxychloride, which are very harmful for human consumption and living organism.

## Capítulo 1: Planteamiento del problema

La contaminación se puede definir como la adición por parte del hombre de materiales o energía calorífica en cantidades que causan alteraciones indeseables del agua, aire o suelo. Cualquiera de estos materiales es llamado contaminante.

La contaminación resulta de muy variados actos, desde derrames inadvertidos y accidentales hasta descargas tóxicas con intenciones delictivas. Cualquiera que sea la causa, la contaminación es un subproducto de las actividades económicas y sociales, tales como: cultivos, construcción de hogares, suministro de energía y transporte, manufactura de artículos, aprovechamiento de la energía atómica y nuestras funciones biológicas básicas (excreciones).

Específicamente en el direccionando el enfoque en el recurso hídrico, el agua es un elemento esencial para la vida. Constituye el principal componente del protoplasma celular y representa los dos tercios del peso total del hombre y hasta 9 décimas partes del peso de los vegetales.

El hombre puede subsistir con 5 litros de agua diaria; ciertas poblaciones de nómadas de zonas saharianas se contentan con dicha cantidad por largos períodos sin embargo, teniendo en cuenta los aspectos de higiene personal y doméstica, se calcula en una media 40-50 litros consumidos por persona y día. A ello hay que sumar las necesidades de agua en la agricultura y ganadería. Lo que suponen ciertos países y regiones un consumo de hasta 500 litros de agua por habitante día.

La contaminación en este recurso ha aumentado en los últimos años y también ha decrecido la calidad de muchos depósitos de agua que son ocasionados por las termoeléctricas. El aumento en la actividad industrial ha incrementado la polución de las aguas de la superficie terrestre y está contaminando cada día los depósitos de agua subterráneas. Para calcular la contaminación de las aguas se usa la medición de la demanda bioquímica de oxígeno o DBO, verificándose la cantidad de oxígeno en un volumen unitario de agua durante el proceso biológico de la degradación de la materia orgánica. Al aumentar la contaminación el oxígeno del agua se agota y hace que muchos animales acuáticos mueran por asfixia, ya que las bacterias aeróbicas presentes en el agua lo consumen en el proceso de biodegradación. La contaminación es una actividad típica del progreso humano, cualquier paso hacia adelante trae un paso hacia atrás para la siempre afectada naturaleza.

La contaminación hídrica en Colombia proviene principalmente de las actividades industriales, domésticas y agropecuarias, además del aporte de residuos de las explotaciones mineras y de sitios de disposición final de residuos.

En los grandes centros urbanos y núcleos industriales del país, la calidad del recurso hídrico se ha deteriorado por la descarga de residuos peligrosos (básicamente de la industria química, farmacéutica y de transformación), la descarga de materia orgánica y la presencia de microorganismos patógenos, aportados por algunos tipos de industrias y servicios (hospitales y otros). Adicionalmente, las aguas industriales se manejan conjuntamente con las aguas residuales domésticas de los núcleos urbanos: menos de 20% de los 1.044 municipios del país tratan sus aguas residuales.

## 1.1. Justificación

El proyecto de pre factibilidad técnica y comercial de un producto a base de cascara de banano principalmente para procesos de tratamiento y descontaminación de aguas pretende generar alternativas económicas y técnicas viables y efectivas en una realidad donde los contaminantes importantes como los metales pesados representan un peligro genérico para el medio ambiente ya que se mezclan con las características químicas en aguas superficiales y en suelos provocando su acumulación en organismos acuáticos y terrestres con la posibilidad de llegar al ser humano a través de la cadena alimenticia afectando el sistema nervioso; el torrente sanguíneo, alterando los glóbulos rojos, lo que limita su capacidad para transportar oxígeno a los órganos y tejidos que lo necesitan. Los métodos actuales para remover los metales pesados del agua son de un precio elevado, tradicionalmente, se han utilizado sulfato de aluminio, poliacrilamida, policloruro de aluminio, pero el uso de estos agentes químicos conlleva efectos secundarios propios potencialmente tóxicos para la salud.

De acuerdo a lo anterior con el presente trabajo se determinó la retención de metales pesados en agua a partir de cascara *Banano* ya secas y pulverizadas utilizadas como filtro, las cuales poseen un gran contenido de iones negativos los cuales atrapan los cationes de metales pesados que encontramos en los líquidos residuales. Este producto a base de cascara de banano podrían ser una alternativa fácil y económica para la purificación de agua ya que es un residuo abundante de la industria gastronómica siendo esta una opción 100% orgánica y es biodegradable.

## **1.2. Objetivos de Investigación**

### **1.2.3. Objetivo General.**

Determinar la pre factibilidad técnica y comercial para la elaboración de un producto a base de cascaras de banano para procesos de tratamiento y descontaminación de aguas.

### **1.2.4. Objetivos Específicos.**

- Elaborar un estudio técnico de reacciones físico químicas de un producto orgánico en polvo a base de cascara de banano deshidratadas para la remoción de Plomo en el agua.
- Elaborar un estudio de impactos socioeconómicos para determinar la demanda y oferta del producto orgánico a base de cascara de banano para procesos de tratamiento y descontaminación de Plomo en el aguas.
- Formulación de recomendaciones para la elaboración del plan de negocio.

## Capítulo 2: Marco Teórico

### 2.1 Definición de Agua

El agua es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno (H<sub>2</sub>O). Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. El término agua generalmente se refiere a la sustancia en su estado líquido, pero la misma puede hallarse en su forma sólida llamada hielo, y en forma gaseosa denominada vapor. (Bravo, 2006).

#### 2.1.2. Generalidades del Agua.

El agua cubre el 71% de la superficie de la corteza terrestre. Se localiza principalmente en los océanos donde se concentra el 96,5% del agua total, los glaciares y casquetes polares poseen el 1,74%, los depósitos subterráneos (acuíferos), los permafrost y los glaciares continentales suponen el 1,72% y el restante 0,04% se reparte en orden decreciente entre lagos, humedad del suelo, atmósfera, embalses, ríos y seres vivos. El agua es un elemento común del sistema solar, hecho confirmado en descubrimientos recientes. Puede ser encontrada, principalmente, en forma de hielo; de hecho, es el material base de los cometas y el vapor que compone sus colas.

Desde el punto de vista físico, el agua circula constantemente en un ciclo de evaporación o transpiración (evapotranspiración), precipitación, y desplazamiento hacia el mar. Los vientos transportan tanto vapor de agua como el que se vierte en los mares mediante su curso sobre la tierra, en una cantidad aproximada de 45.000 km<sup>3</sup> al año. En tierra firme, la evaporación y

transpiración contribuyen con 74.000 km<sup>3</sup> anuales al causar precipitaciones de 119.000 km<sup>3</sup> cada año.

Se estima que aproximadamente el 70% del agua dulce es usada para agricultura. El agua en la industria absorbe una media del 20% del consumo mundial, empleándose en tareas de refrigeración, transporte y como disolvente de una gran variedad de sustancias químicas. El consumo doméstico absorbe el 10% restante. (Bravo, 2006).

### **2.1.3. Propiedades Físicas y Químicas del Agua.**

El impacto de una gota sobre la superficie del agua provoca unas ondas características, llamadas ondas capilares. El agua es una sustancia que químicamente se formula como H<sub>2</sub>O; es decir, que una molécula de agua se compone de dos átomos de hidrógeno enlazados covalentemente a un átomo de oxígeno.

El agua es insípida, incolora e inodora en condiciones normales de presión y temperatura. Ya que el oxígeno tiene una electronegatividad superior a la del hidrógeno, el agua es una molécula polar. La fuerza de interacción de la tensión superficial del agua es la fuerza de van der Waals entre moléculas de agua.

La unión entre moléculas de agua es el enlace por puente de hidrógeno. El punto de ebullición del agua está directamente relacionado con la presión atmosférica. Por ejemplo, en la cima del Everest, el agua hierve a unos 68°C, mientras que al nivel del mar este valor sube hasta 100°C.

El agua es un disolvente muy potente, al que se ha catalogado como el disolvente universal, y afecta a muchos tipos de sustancias distintas. El agua es miscible con muchos líquidos, como el

etanol, y en cualquier proporción, formando un líquido homogéneo. El agua pura tiene una conductividad eléctrica relativamente baja, pero ese valor se incrementa significativamente con la disolución de una pequeña cantidad de material iónico, como el cloruro de sodio.

El agua tiene el segundo índice más alto de capacidad calorífica específica así como una elevada entalpía de vaporización (40,65 kJ/mol); ambos factores se deben al enlace de hidrógeno entre moléculas.

La densidad del agua líquida es muy estable y varía poco con los cambios de temperatura y presión. A la presión normal (1 atmósfera), el agua líquida tiene una mínima densidad (0,958 kg/L) a los 100°C (Bravo, 2006).

#### **2.1.4. El Uso del Agua en la Industria.**

La industria utiliza el agua para múltiples aplicaciones, para calentar y para enfriar, para producir vapor de agua o como disolvente, como materia prima o para limpiar. La mayor parte, después de su uso, se elimina devolviéndola nuevamente a la naturaleza. Estos vertidos, a veces se tratan, pero otras veces el agua residual industrial vuelve al ciclo del agua sin tratarla adecuadamente. La calidad del agua de muchos ríos del mundo se está deteriorando y está afectando negativamente al medio ambiente acuático por los vertidos industriales de metales pesados, sustancias químicas o materia orgánica.

También se puede producir una contaminación indirecta: residuos sólidos pueden llevar agua contaminada u otros líquidos, el lixiviado, los cuales se acaban filtrando al terreno y contaminando los mantos acuíferos.

Los mayores consumidores de agua para la industria son: EE.UU. 220,7 km<sup>3</sup>, China 162 km<sup>3</sup>, Federación Rusa 48,7 km<sup>3</sup>, India 35,2 km<sup>3</sup>, Alemania 32 km<sup>3</sup>, Canadá 31,6 km<sup>3</sup> y Francia 29,8 km<sup>3</sup>. En los países de habla hispana, España 6,6 km<sup>3</sup>, México 4,3 km<sup>3</sup>, Chile 3,2 km<sup>3</sup> y Argentina 2,8 km<sup>3</sup>.

En algunos países desarrollados y sobre todo en Asia Oriental y en el África subsahariana, el consumo industrial de agua puede superar ampliamente al doméstico (Bravo, 2006).

### **2.1.5. La Contaminación y la Depuración del Agua.**

La población deposita los residuos y la basura en la atmósfera, en la tierra y en el agua. Esta forma de actuar hace que los residuos no se traten adecuadamente y causen contaminación. La contaminación del agua afecta a las precipitaciones, a las aguas superficiales, a las subterráneas y como consecuencia degrada los ecosistemas naturales.

El crecimiento de la población y la expansión de sus actividades económicas están presionando negativamente a los ecosistemas de las aguas costeras, los ríos, los lagos, los humedales y los acuíferos. Ejemplos son la construcción a lo largo de la costa de nuevos puertos y zonas urbanas, la alteración de los sistemas fluviales para la navegación y para embalses de almacenamiento de agua, el drenaje de humedales para aumentar la superficie agrícola, la sobreexplotación de los fondos pesqueros, las múltiples fuentes de contaminación provenientes de la agricultura, la industria, el turismo y las aguas residuales de los hogares. Un dato significativo de esta presión es que mientras la población desde 1900 se ha multiplicado por cuatro, la extracción de agua se ha multiplicado por seis. La calidad de las masas naturales de agua se está reduciendo debido al aumento de la contaminación y a los factores mencionados.

Según la Asamblea General de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2000) estableció ocho objetivos para el futuro (Objetivos de Desarrollo del Milenio). Entre ellos estaba el que los países se esforzaran en invertir la tendencia de pérdida de recursos medioambientales, pues se reconocía la necesidad de preservar los ecosistemas, esenciales para mantener la biodiversidad y el bienestar humano, pues de ellos depende la obtención de agua potable y alimentos. Para ello además de políticas de desarrollo sostenible, se precisan sistemas de depuración que mejoren la calidad de los vertidos generados por la actividad humana. La depuración del agua es el conjunto de tratamientos de tipo físico, químico o biológico que mejoran la calidad de las aguas o que eliminan o reducen la contaminación. Hay dos tipos de tratamientos: los que se aplican para obtener agua de calidad apta para el consumo humano y los que reducen la contaminación del agua en los vertidos a la naturaleza después de su uso.

La contaminación del agua se divide en:

*Contaminación natural* (No generada por el hombre): Esta contaminación empezó antes de que existieran los animales y los seres humanos sobre la faz de la tierra y continúa después de su aparición. Mucha agua que es considerada actualmente como potable, es decir aceptable para el consumo de los seres humanos, animales y plantas, se sigue contaminando por sales y elementos químicos proveniente del suelo y de erupciones volcánicas, con materiales orgánicos y componentes del suelo (arena, arcilla, etc.). Arrastrados por las corrientes de agua producidas por lluvias torrenciales o depositados directamente por los vientos.

*Contaminación Artificial* (Generada por el hombre): Es una modificación generalmente, provocada por el hombre, haciéndola impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales y la vida natural.

El desarrollo y la industrialización suponen un mayor uso de agua, una gran generación de residuos, muchos de los cuales van a parar al agua y el uso de medios de transporte fluvial y marítimo que en muchas ocasiones, son causa de contaminación de las aguas. Las aguas superficiales son en general más vulnerables a la contaminación de origen artificial que las aguas subterráneas, por su exposición directa a la actividad humana.

**Sólidos Suspendidos:** Los sólidos suspendidos pueden llevar al desarrollo de depósitos de barro y condiciones anaerobias, cuando los residuos no tratados son volcados en el ambiente acuático.

A continuación los principales agentes contaminantes según el sector industrial:

Tabla 1

*Los principales agentes contaminantes según el sector industrial*

<b>Sector industrial</b>	<b>Sustancias contaminantes principales</b>
<b>Construcción</b>	Sólidos en suspensión, metales, pH
<b>Minería</b>	Sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros
<b>Energía</b>	Calor, hidrocarburos y productos químicos.
<b>Textil y piel</b>	Cromo, taninos, tensoactivos, sulfuros, colorantes, grasas, disolventes orgánicos, ácidos acético y fórmico, sólidos en suspensión
<b>Automoción</b>	Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales
<b>Navales</b>	Petróleo, productos químicos, disolventes y pigmentos.
<b>Siderurgia</b>	Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos
<b>Química inorgánica</b>	Hg, P, fluoruros, cianuros, amoníaco, nitritos, ácido sulfhídrico, F, Mn, Mo, Pb, Ag, Se, Zn, etc. y los compuestos de todos ellos
<b>Química orgánica</b>	Organohalogenados, organosilícicos, compuestos cancerígenos y otros que afectan al balance de oxígeno
<b>Fertilizantes</b>	Nitratos y fosfatos.
<b>Pasta y papel</b>	Sólidos en suspensión y otros que afectan al balance de oxígeno
<b>Plaguicidas</b>	Organohalogenados, organofosforados, compuestos cancerígenos, biocidas, etc.
<b>Fibras químicas</b>	Aceites minerales y otros que afectan al balance de oxígeno. Pinturas, barnices y tintas Compuestos organoestánicos, compuestos de Zn, Cr, Se, Mo, Ti, Sn, Ba, Co, etc.

En este documento se priorizara el estudio de pre factibilidad técnica y comercial de remoción de Metales pesados a través del producto orgánico a base de cascara de banano; estos son normalmente adicionados por residuos de actividades del sector industrial principalmente Minería, Energía y Construcción las cuales tienen una presencia importante en el departamento del Huila, alcance geográfico del estudio. (Water Pollution Central Federation, 1992).

#### **2.1.6. El Agua Contaminada por Metales Pesados.**

Las industrias pueden producir el ingreso de las aguas de sustancias altamente tóxicas que contienen metales como: cobre, zinc, *plomo*, mercurio, entre otros. Estos 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. Muchos de estos elementos tienen afinidad por el azufre, con lo que atacan los enlaces que conforman este elemento en las enzimas produciendo su inmovilización. Otros, como el cadmio, el cobre o el plomo (en forma iónica) forman complejos estables con los grupos amino y carboxílico, dificultando los procesos de transporte a través de las paredes celulares. Los metales pesados constituyen un importante problema mundial. Esta problemática se encuentra relacionada con su persistencia en el medio, y el consecuente factor de acumulación.

Uno de los metales pesados presentes en el agua más tóxico, de mayor impacto en los recursos naturales y en los seres vivos es el Plomo; por consiguiente el enfoque de este estudio está direccionado a retener el mayor porcentaje de este metal por medio del producto.

### **2.1.7. Generalidades del Plomo.**



**Figura 1.** *Muestra de Plomo Sólido, recuperado al interior de los recursos naturales.*

El Plomo es un metal pesado de símbolo (Pb) y es un elemento químico básico, que combinado con otros elementos químicos produce diferentes compuestos comerciales (Morante Alvarado, 2001). El plomo es de color gris azulino, existe en forma natural en pequeñas cantidades, se calcula en un 0.00002 % de la corteza terrestre, tiene un punto normal de fusión de 327.4°C, un punto normal de ebullición de 1770°C y una densidad de 11.35 g/mL. Forma compuestos con los estados de oxidación de +2 y +4, siendo los más comunes los del estado de oxidación +2. El plomo es anfótero por lo que forma sales plumbosas y plúmbicas, así como plumbitos y plumbatos.

Se encuentra en minerales como la galena sulfuro de plomo, (PbS) que se utiliza como fuente de obtención del plomo, la anglosita, sulfato de plomo II, (PbSO<sub>4</sub>) y la cerusita, carbonato de plomo, (PbCO<sub>3</sub>). (Sagan, 2003, p.4). El plomo se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente. La mayor parte proviene de actividades como la minería, la producción de materiales industriales y de quemar combustibles fósiles.

El plomo tiene muchos usos diferentes. Se usa en la fabricación de baterías, municiones, productos metálicos (soldaduras y cañerías) y en dispositivos para evitar irradiación con rayos X. El formiato de plomo (Pb (CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>), es utilizado en la fabricación de insecticidas. (Calderón, 1995, p.6).

#### **2.1.8. Plomo en el Medio Ambiente.**

El plomo no se degrada, sin embargo compuestos de plomo son transformados por la luz solar, el aire y el agua. Cuando se libera al aire, puede ser transportado largas distancias antes de sedimentar en el suelo; una vez que cae a la tierra, generalmente se adhiere a partículas en el suelo.

La mayor parte del plomo en suelos del interior de zonas urbanas se origina de casas viejas pintadas con pinturas con plomo.

#### **2.1.9. Contaminación del Agua por Plomo.**

La contaminación del agua por plomo no se origina directamente por el plomo sino por sus sales solubles en agua que son generadas por las fábricas de pinturas, de acumuladores, por alfarerías con esmaltado, en fototermografía, en pirotécnica, en la coloración a vidrios o por

industrias químicas productoras de tetraetilo de plomo (se usa como antidetonante en gasolinas) y por algunas actividades mineras, etc. La principal fuente de contaminación del agua es la deposición aérea de los residuos de plomo, emitidos a la atmósfera en los gases de combustión de los vehículos automotores que utilizan combustibles con derivados de plomo como agentes antidetonantes, especialmente en las proximidades de las carreteras. Otras fuentes como los humos no depurados de algunas instalaciones industriales e incineración del carbón, residuos domésticos y residuos de plaguicidas utilizados en la agricultura también contribuyen de forma sustancial.

La vía de entrada del plomo al organismo es por inhalación de humos y polvos principalmente en operaciones en las que se trabaje plomo a temperaturas superiores a los 500°C como las de soldadura, fundición y recubrimientos de metales con plomo fundido. Los trabajos de mecánica en las fábricas de metal que tienen como elemento principal el pulido, perforación, abrasión o soldadura de piezas metálicas con contenido de plomo, son así mismo peligrosos. Las mayores fuentes de emisión de plomo al agua son las plantas procesadoras de metales.

La presencia del plomo en el aire atmosférico deteriora su calidad y origina complementariamente la formación de la "lluvia ácida" la misma que puede depositar el plomo en suelos aún en pequeñas concentraciones (2 a 10 mg/m<sup>2</sup>) y el plomo puede, con estos parámetros, inhibir el crecimiento de las plantas, al llegar al suelo producen los siguientes efectos:

- Si se deposita en suelos urbanos: Contaminan el suelo y este es a su vez es absorbido por el mismo llegando a los mantos acuíferos.

- Si se deposita en suelos agrícolas: Contaminan el suelo, las raíces y hojas de las plantas, que pueden ser hortalizas y se inician dentro del 'proceso de la vida', incorporan al plomo en su estructura celular con el consiguiente peligro para las personas que las consuman además envenenan a las aves que toman su alimento de las hojas de las plantas y del suelo agrícola del entorno.

El plomo presente en el suelo puede promover el desarrollo de comunidad microbiológica como hongos y bacterias, alterándose los parámetros del suelo para el adecuado y sano uso de las especies vegetales. (Guzmán, 2007)

#### **2.1.10. Plomo en la Salud Humana.**

El plomo no desempeña ninguna función en el organismo humano; su importancia es debido a sus propiedades tóxicas y no por sus aplicaciones ni por sus propiedades terapéuticas.

Los niveles tóxicos del plomo en el organismo humano son los siguientes:

1. Para población general:

En muestra sanguínea de adultos hasta 0.038 mg/100mL.

En muestra sanguínea de niños hasta 0.005 mg/100mL.

2. Para población ocupacionalmente expuesta:

En sangre hasta 0.068 mg/100mL.

3. Para población en peligro:

En sangre hasta 0.076 mg/ 100 mL.

4. Para población compatible con intoxicación:

En sangre mayor de 0.076 mg/100mL.

Las intoxicaciones que se pueden presentar en la población general salvo situaciones de accidentes o contaminaciones masivas suelen ser de carácter crónico.

En la población ocupacional es frecuente encontrar tanto intoxicaciones agudas como crónicas muy características; los síntomas se agravan a medida que el nivel del plomo en sangre es mayor.

Las intoxicaciones crónicas constituyen en algunos casos problemas epidemiológicos importantes. Medina et al (N/A)

#### **2.1.11. Efectos de Plomo en Sistemas y Órganos Humanos.**

- a) *Sistema Hematopoyético*: Uno de los primeros y más importantes efectos son la alteración de la hemoglobina en la sangre provocando anemia.
- b) *Sistema Nervioso*: Los efectos sobre el encéfalo (Sistema nervioso central), están más relacionados con el saturnismo infantil que con las intoxicaciones en adultos. El hecho más importante a este nivel es el daño en los nervios motores, que se conocen clínicamente como parálisis saturnina o desprendimiento de muñeca; y la manifestación principal es la debilidad de los músculos extensores, también afecta la medula espinal.
- c) *Sistema Urinario*: Se ha observado lesión tubular renal caracterizada por aminoaciduria, y hipofosfaturia, glucosuria, y albuminuria.
- d) *Sistema Gastrointestinal*: Es uno de los más frecuentes síntomas 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, dolor abdominal e ictericia.

- e) *Sistema cardiovascular*: La manifestación más común es presión arterial elevada asociada a altos niveles de plomo.
- f) *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.

#### **2.1.12. Tipos de Intoxicaciones.**

Los dos tipos de intoxicación a la que nos podemos encontrar expuestos son crónica y aguda como lo muestra la siguiente figura. (ver figura 2.)

Intoxicación Crónica	Intoxicación Aguda
<p>Es la forma de intoxicación más frecuente y es debida a la exposición a pequeñas cantidades de plomo, durante un período largo de tiempo. Los daños ocasionados pueden ser temporales o permanentes. Algunos síntomas no son específicos de una intoxicación por plomo y pueden ser similares a los causados por otros contaminantes, tales como: fatiga, irritabilidad, dolor de estómago, pérdida de apetito, gusto metálico en la boca, somnolencia y dolores abdominales.</p>	<p>Casi no se da en el medio laboral, pues se debe a la acumulación de una gran cantidad de plomo en un período corto. Puede observarse como consecuencia de la ingestión masiva de compuestos de plomo. Los síntomas son fuertes dolores abdominales, vomito e incluso convulsiones.</p>

**Figura 2.** *Tipos de Intoxicaciones*

**2.1.13. Síntomas más Frecuentes por Exposición por Plomo.**

Los síntomas de exposición excesiva al plomo dependen de los niveles del metal en la sangre.

En la actualidad la exposición al plomo es dividida en tres grupos, los que se presentan en el siguiente cuadro:

<b>Exposición Leve</b>	<b>Exposición moderada</b>	<b>Exposición severa</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fatiga</li> <li>- Irritabilidad emocional</li> <li>- Dificultad para concentrarse</li> <li>- Alteraciones en el sueño</li> <li>- Dolor abdominal ocasional y leve</li> <li>- Dolor en los músculos</li> <li>- Entumecimiento de las manos y piernas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Somnolencia</li> <li>- Dolor de cabeza</li> <li>- Dolor en las articulaciones</li> <li>- Temblor en las extremidades</li> <li>- Náusea y vómito</li> <li>- Pérdida de peso</li> <li>- Disminución de la libido</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dolor abdominal severo tipo cólico</li> <li>- Daño de las terminaciones nerviosas</li> <li>- Parálisis o pérdida de fuerza en el cuerpo</li> <li>- Convulsiones</li> <li>- Coma</li> <li>- Muerte</li> </ul>

**Figura 3.** *Síntomas más frecuentes por exposición del Plomo*

#### **2.1.14. Filtro.**

Sistema que cumple funciones importantes en el tratamiento de agua las cuales son básicamente: eliminar el mal olor, sabor, residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.

### **2.1.15. La Filtración.**

La filtración es un proceso en el cual las partículas sólidas que se encuentran en un fluido líquido o gaseoso se separan mediante un medio filtrante, o filtro, que permite el paso del fluido a través de él, pero retiene las partículas sólidas.

El arte de la filtración era ya conocido por el hombre primitivo que obtenía agua clara de un manantial turbio haciendo un agujero en la arena de la orilla a profundidad mayor que el nivel del agua. El agujero se llenaba de agua clara filtrada por la arena. El mismo procedimiento, perfeccionado y gran escala, ha sido usado durante más de cien años para clarificar el agua de las ciudades.

Los elementos que intervienen en la filtración son:

1. Un medio filtrante
2. Un fluido con sólidos en suspensión
3. Una fuerza. Una diferencia de presión que obligue al fluido a avanzar
4. Un dispositivo mecánico, llamado filtro que sostiene el medio filtrante, contiene el fluido y permite la aplicación de la fuerza.

### **2.1.16. Tipos de Filtros.**

Los filtros se pueden clasificar, de acuerdo con la naturaleza de la fuerza que causa la filtración, en filtros de gravedad, de presión y de vacío.

### **2.1.17. Filtros de Gravedad.**

Son los más antiguos y también los más sencillos; entre ellos, citaremos los filtros de lecho de arena, instalados en las plantas depuradoras de agua de las ciudades, que funcionan con un excelente rendimiento. Están formados por tanques o cisternas que tienen en su parte inferior una rejilla o falso fondo sobre el que hay una capa de arena o grava de igual tamaño.

### **2.1.18. Filtros de Presión o de Vacío.**

Son los más usados en la industria, con preferencia a los de gravedad. La fuerza impulsora es suplida por presión o vacío y es muchas veces mayor que la de la gravedad, lo que permite más altos rendimientos de filtración. El tipo más común de filtros de presión es el filtro prensa, del que hay diferentes tipos.

Dispone de una elevada superficie filtrante en poco espacio, por lo que su eficacia es muy grande. La salida del líquido limpio se realiza por grifos individuales para cada elemento, o mediante un tubo colector para todos ellos.

### **2.1.19. Fundamentos de Adsorción.**

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.

El componente eliminado por adsorción de una mezcla gaseosa o líquida puede ser el producto deseado, pero también una impureza. Este último es el caso, por ejemplo, de la depuración de gases residuales.

El sólido recibe el nombre de adsorbente, y el componente que se adsorbe en él se denomina adsorbato. El adsorbente se debería ligar, en lo posible, sólo a un adsorbato, y no los demás componentes de la mezcla a separar. Otros requisitos que debe cumplir el adsorbente son: una gran superficie específica (gran porosidad) y tener una buena capacidad de regeneración. Un adsorbente muy utilizado es el carbón activo.

Dado que la adsorción se favorece por temperaturas bajas y presiones altas, para la regeneración, es decir, para la desorción, se emplean temperaturas altas y presiones bajas. De este modo, para la regeneración del adsorbente se puede utilizar, por ejemplo, vapor de agua o un gas inerte caliente.

#### **2.1.20. Proceso de Adsorción.**

Un proceso de adsorción involucra la separación de una sustancia en una fase fluida acumulando la sustancia en la superficie del adsorbente sólido. Los procesos de adsorción son empleados para purificar y separar sustancias mediante el uso de adsorbentes; un adsorbente deberá tener una gran capacidad de adsorción y rápida velocidad de adsorción, gran área superficial o volumen de micro poros. Su estructura debe ser porosa para que las moléculas del adsorbato se transporten a los sitios activos.

Los adsorbentes tienen un alto costo y resultan ser tóxicos. Los más comunes en el mercado son:

- Carbón Activado: \$1 Mil Millones
- Zeolitas Tamices Moleculares: \$100 Millones

- Gel de Sílice: \$27 Millones
- Alúmina Activada: \$26 Millones

### **2.1.21. Tipos de Adsorción.**

Podemos diferenciar tres tipos de adsorción, dependiendo de qué tipos de fuerzas existan entre el soluto y el adsorbente. Estas fuerzas pueden ser de tipo eléctrico, de fuerzas de Van der Waals o de tipo químico.

### **2.1.22. Adsorción por Intercambio Iónico.**

En este proceso el soluto y el adsorbente se atraen por fuerzas electrostáticas. Dicho de otra manera, los iones del soluto se concentran en la superficie del adsorbente, que se halla cargada eléctricamente con signo contrario a los iones del soluto. Si tenemos dos adsorbatos iónicos iguales en varios factores, pero uno con mayor carga que otro, el de mayor carga será el que se adsorbido. Para adsorbatos con igual carga, el tamaño molecular es el que determina cuál será adsorbido.

### **2.1.23. Adsorción por Fuerzas de Van Der Waals.**

También llamada adsorción física o fisorción. En este tipo de adsorción, el adsorbato no está fijo en la superficie del adsorbente, sino que tiene movilidad en la interface. Ejemplo de este tipo

de adsorción es el de la mayoría de las sustancias orgánicas en agua con carbón activado. En este tipo de adsorción el adsorbato conserva su naturaleza química.

#### **2.1.24. Adsorción Química.**

Sucede cuando hay interacción química entre adsorbato y adsorbente. También llamada quimisorción. La fuerza de la interacción entre adsorbato y adsorbente es fuerte, casi como un enlace químico. En este tipo de adsorción el adsorbato sufre una transformación, más o menos intensa, de su naturaleza química. La mayoría de los fenómenos de adsorción son combinaciones de estos tres tipos de adsorción, y muchas veces resulta difícil distinguir la fisorción de la quimisorción. Menjivar, Meléndez, Ramírez & Aguirre (2011).

## **2.2 Metodología**

### **2.2.1. Tipo de Estudio.**

*Prospectivo:* La pre factibilidad servirá de base para futuras investigaciones.

*Experimental:* En la investigación se realizaron prácticas de laboratorio, en el Laboratorio de aguas, Aquateknica Ltda. Ubicado en la calle No.5-58 en la ciudad de Neiva, Huila.

### **2.2.2. Investigación Bibliográfica.**

La investigación bibliográfica se llevó a cabo en:

- Biblioteca Departamental del Huila
- Biblioteca de la Universidad Surcolombiana

- Biblioteca de la Universidad Corhuila del Huila
- Internet.

### **2.2.3. Investigación de Campo.**

#### **2.2.3.1. Universo y Muestra.**

La parte experimental del trabajo de pre factibilidad técnica se basa en el diseño de un filtro a base de cáscara de banano seca y pulverizada para estudiar de manera preliminar la retención de plomo. El trabajo de investigación no cuenta con universo y muestra, debido a que en la investigación no se tomaron muestras de un lugar determinado si no que se analizó una solución de plomo de 10  $\mu\text{g/mL}$  (ppm), hecha en el laboratorio a partir de Nitrato de Plomo  $\text{Pb}(\text{NO})_3$ , para realizar un estudio preliminar y saber si las cáscaras de banano ya secas y molidas retienen plomo en agua. Por lo tanto el trabajo de investigación no cuenta con muestra ni con tipo de muestreo.

### Capítulo 3: Pre Factibilidad Técnica

El trabajo de Pre Factibilidad Técnica Se desarrolló en 6 etapas las cuales se describen a continuación:

- Etapa N° 1: Recolección del Banano: El banano se recolectó durante la segunda semana del mes de Junio de 2014, se seleccionó frutos maduros y en buen estado.
- Etapa N° 2: Tratamiento de la cáscara de Banano:
  1. Separar las cáscaras del fruto y tratar con una solución de Hipoclorito de Sodio para eliminar impurezas que puedan interferir en el proceso.
  2. Cortar las cáscaras ya limpias en pequeños trozos, luego colocar en una bandeja de aluminio en la estufa por 11 horas a una temperatura controlada entre 70° C a 90° C.
  3. Ya secas, proceder a moler en un molino, luego pasar por un tamiz N° 20 para obtener el mismo tamaño de partícula. (ver figura 4).



**Figura 4.** *Recolección y secado de cascaras de banano*

- Etapa N° 3: Diseño el filtro:

Se elaboró un filtro utilizando un frasco de Tereftalato de Polietileno (PET) con capacidad de un litro, la cual previamente se lavó y desinfecto con una solución de Hipoclorito de Sodio, se colocó en orden ascendente: Algodón, gasa y una cantidad determinada de polvo de cáscaras de Banano. (Ver Figura 5). Siguiendo el modelo del filtro diseñado, se elaboraron 4 filtros variando únicamente la cantidad de polvo de cáscara de Banano, para posteriormente comprobar que cantidad posee mayor capacidad de retención para Plomo. Se pesaron las siguientes cantidades de polvo de cáscara de Banano: 5.0 g, 10.0 g, 20.0 g y 30.0 g, en una balanza analítica utilizando un Baker de 250.0 mL para cada cantidad de polvo de cáscara de banano, se pesaron las cantidades de 5.0 g, 10.0 g, 20.0 g y 30.0 g.



**Figura 5.** Polvo de cáscara de banano pesada

Elaboración de los filtros a diferente cantidad de 5.0 g, 10.0 g, 20.0 g y 30.0 g de polvo de cáscara de Banano. Siguiendo el modelo del filtro diseñado, se elaboraron 4 filtros variando únicamente la cantidad de polvo de cáscara de Banano, para posteriormente comprobar que cantidad posee mayor capacidad de retención para plomo.

- Filtro con 5.0 g de cáscara de Banano.

Se elaboró el filtro utilizando un frasco de Tereftalato de Polietileno (PET) con capacidad de un litro, el cual previamente se lavó y desinfecto con una solución de Hipoclorito de Sodio, se colocó en orden ascendente: Algodón, gasa y 5.0 g de polvo de cáscaras de Banano. Identificado como F5.

- Filtro con 10.0 g de cáscara de Banano.

Se elaboró el filtro utilizando un frasco de Tereftalato de Polietileno (PET) con capacidad de un litro, el cual previamente se lavó y desinfecto con una solución de Hipoclorito de Sodio, se colocó en orden ascendente: Algodón, gasa y 10.0 g de polvo de cáscaras de Banano. Identificado como F10.

- Filtro con 20.0 g de cáscara de Banano.

Se elaboró el filtro utilizando un frasco de Tereftalato de Polietileno (PET) con capacidad de un litro, el cual previamente se lavó y desinfecto con una solución de Hipoclorito de Sodio, se colocó en orden ascendente: Algodón, gasa y 20.0 g de polvo de cáscaras de *Musa sapientum* (Banano). Identificado como F20.

- Filtro con 30.0 g de cáscara de Banano.

Se elaboró EL filtro utilizando un frasco de Tereftalato de Polietileno (PET) con capacidad de un litro, el cual previamente se lavó y desinfecto con una solución de Hipoclorito de Sodio, se

colocó en orden ascendente: Algodón, gasa y 30.0 g de polvo de cáscaras de *Musa sapientum* (Banano). Identificado como F30.

- Etapa N° 4: Preparación de la solución madre de plomo 10 µg/mL (ppm) (1):

Pesar 0.0130 g de Nitrato de Plomo ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ), equivalente a 0.010 g de Plomo; luego se disolver en 10.0 mL de agua destilada y se lleva a volumen de 1000.0 mL con agua destilada en un balón volumétrico con capacidad de 1000.0 mL. (Ver Anexo N° 3)

- Etapa N° 5: Filtración de la solución madre de plomo 10 µg/mL (ppm).

En cada filtro elaborado con diferente cantidad de polvo de cascara de Banano, se pasó 100.0 mL de la solución madre de plomo de 10.0 ppm, posteriormente el filtro se agito cuidadosamente de forma circular y se recibieron los filtrados en sus respectivos Bakers con capacidad de 250.0 mL. Los filtrados y filtros se codificaron de la siguiente manera: CB5, filtrado recibido del filtro F5 que contenía 5.0 gramos; CB10, filtrado recibido del filtro F10 que contenía 10.0 gramos; CB20, filtrado del filtro F20 que contenía 20.0 gramos y CB30, filtrado recibido del filtro F30 que contenía 30.0 gramos. Luego cada cantidad de filtrado obtenido se transfirió a un balón volumétrico de 100.0 mL y se identificaron con su respectiva etiqueta.

- Transporte e identificación de los filtrados.

Los balones volumétricos etiquetados se colocaron en una hielera para mantener una temperatura de aproximadamente 4°C, luego se trasladaron al Laboratorio Aquateknica Ltda. Para su análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica.

- Etapa N° 6: Análisis de los filtrados por espectrofotometría atómica (1); Nota: estos procedimientos fueron sacados de los lineamientos para la realización de estos análisis del laboratorio Aquateknica Ltda.

Este análisis se llevó a cabo en el Laboratorio Aquateknica Ltda. Por ser de origen orgánico, a los filtrados se les realizó un pre-tratamiento antes de ser analizados en el equipo de Absorción Atómica ya que podían contener compuestos que afectaran la lectura y la funcionalidad del equipo.

- Pre-tratamiento realizado a la Solución madre de plomo de 10.0 ppm de plomo.
  1. Tomar 50.0 mL de la solución madre de plomo y se trasladar a un Baker con capacidad de 250.0 mL.
  2. Dentro de una cámara de extracción de gases agregar 2.5 mL de HCl concentrado al Baker que contiene los 50 mL de Solución Madre de Plomo de 10 ppm.
  3. Calentar a ebullición la muestra durante 10 minutos, luego filtrar utilizando papel filtro Whatman N° 42.
  4. Recibir el filtrado en un balón volumétrico con capacidad de 100.0 mL y llevar a volumen con agua bidestilada para Absorción Atómica.
- Pre-tratamiento realizado al filtrado CB5:
  1. Tomar por completo los 75.0 mL obtenidos del filtrado y se trasladarlos a un Baker con capacidad de 250.0 mL.
  2. Dentro de una cámara de extracción de gases se agregar 3.75 mL de HCl concentrado al Baker que contiene los 75 mL del filtrado obtenido.
  3. Calentar a ebullición la muestra durante 10 minutos, luego filtrar utilizando papel filtro Whatman N° 42.
  4. Recibir el filtrado en un balón volumétrico con capacidad de 100.0 mL y llevar a volumen con agua bidestilada para Absorción Atómica.
- Pre-tratamiento realizado al filtrado CB10:

1. Tomar por completo los 50.0 mL obtenidos del filtrado y se trasladarlos a un beaker con capacidad de 250.0 mL.
2. Dentro de una cámara de extracción de gases se agregar 3.75 mL de HCl concentrado al beaker que contiene los 50 mL del filtrado obtenido.
3. Calentar a ebullición la muestra durante 10 minutos, luego filtrar utilizando papel filtro Whatman N° 42.
4. Recibir el filtrado en un balón volumétrico con capacidad de 100.0 mL y llevar a volumen con agua bidestilada para Absorción Atómica.

Pre-tratamiento realizado al filtrado CB20:

1. Tomar por completo los 30.0 mL obtenidos del filtrado y se trasladarlos a un Beaker con capacidad de 250.0 mL.
2. Dentro de una cámara de extracción de gases se agregar 1.50 mL de HCl concentrado al Beaker que contiene los 75 mL del filtrado obtenido.
3. Calentar a ebullición durante 10 minutos, luego filtrar utilizando papel filtro Whatman N° 42.
4. Recibir el filtrado en un balón volumétrico con capacidad de 100.0 mL y llevar a volumen con agua bidestilada para Absorción Atómica.

Pre-tratamiento realizado al filtrado CB30:

1. Tomar por completo los 40.0 mL obtenidos del filtrado y se trasladarlos a un Beaker con capacidad de 250.0 mL.
2. Dentro de una cámara de extracción de gases se agregar 2.0 mL de HCl concentrado al Beaker que contiene los 75 mL del filtrado obtenido.

3. Calentar a ebullición durante 10 minutos, luego filtrar utilizando papel filtro Whatman N° 42.
4. Recibir el filtrado en un balón volumétrico con capacidad de 100.0 mL y llevar a volumen con agua bidestilada para Absorción Atómica.

Luego de realizar el pre-tratamiento se procedió a cuantificar el plomo presente en los filtrados obtenidos en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica a una longitud de onda de 283.3 nm siguiendo el siguiente procedimiento (1):

1. Encender el equipo de absorción atómica AA-7000 Atomic Absorption Spectrophotometer 20 minutos antes del análisis.
2. Instalar la lámpara de cátodo hueco para plomo y se establecer el dial de longitud de onda.
3. Alinear la lámpara plomo para que pase el haz de luz y así se optimice la energía.
4. Optimizar la longitud de onda de 283.3 nm hasta obtener la ganancia máxima de energía.
5. Ajustar la posición de la cabeza del quemador.
6. Conectar y ajustar la velocidad del flujo del aire para obtener la máxima sensibilidad.
7. Conectar y ajustar el flujo del acetileno y encender la llama (para estabilizar la llama unos cuantos minutos).
8. Aspirar un blanco el cual consiste en agua bidestilada y se llevar a cero el instrumento.
9. Realizar una curva de calibración del elemento plomo (Pb) utilizando estándares de concentración de 0.5 ppm, 1.0 ppm, 2.0 ppm y 5.00 ppm proporcionados por el Laboratorio Aquateknica Ltda.
10. Aspirar el estándar respectivo y ajustar la velocidad de aspiración del nebulizador para obtener la sensibilidad máxima.

11. Aspirar nuevamente el blanco y se poner a cero el instrumento.
12. Aspirar el estándar próximo al medio del intervalo lineal y registrar la absorbancia.
13. Aspirar los filtrados a analizar: CB5, CB10, CB20 y CB30, realizar por triplicado.
14. Realizar cálculos para el Análisis de Varianza Anova, para comprobar estadísticamente la retención de plomo en los filtrados obtenidos.

### **3.1 Resultados**

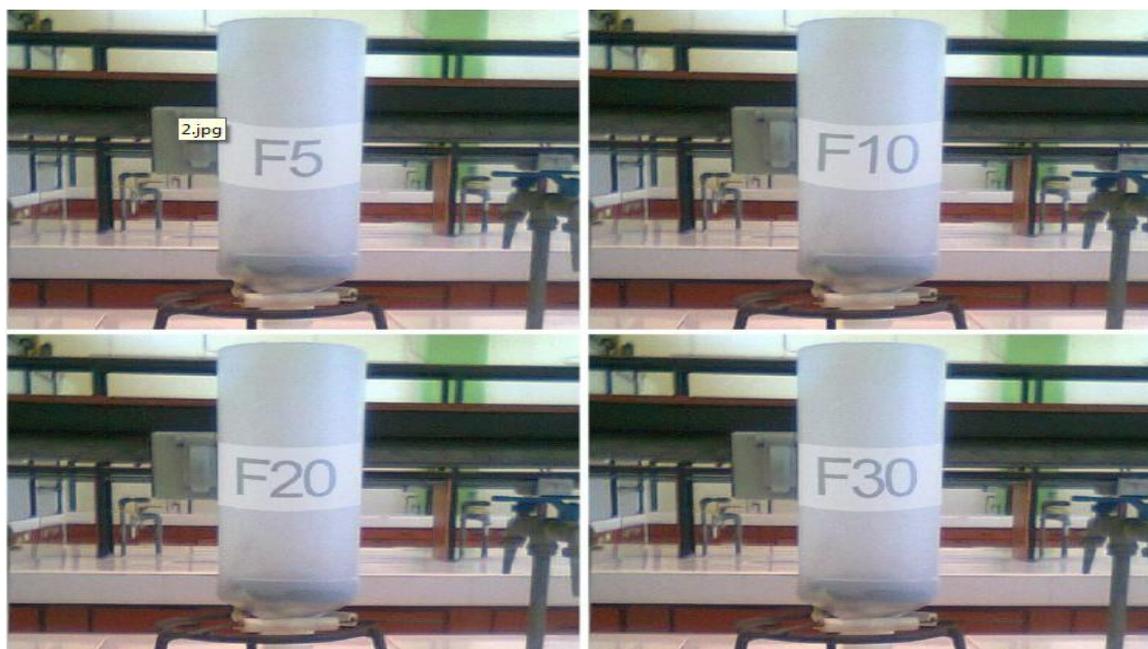
Utilizando el polvo de cáscaras de Banano, se diseñó el filtro usando un frasco de Tereftalato de Polietileno (PET) con capacidad de un litro, el cual previamente se lavó y desinfecto con una solución de Hipoclorito de Sodio, se colocó en orden ascendente: Algodón, gasa y la cantidad correspondiente de polvo de cáscaras de Banano. (ver figura 6).



**Figura 6.** *Filtro diseñado*

Siguiendo el modelo del filtro diseñado, se elaboraron 4 filtros más variando únicamente la cantidad de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano), para posteriormente comprobar que cantidad posee mayor capacidad de retención para plomo; identificando cada uno de la siguiente manera:

- 5.0 g = F5
- 10.0 g = F10
- 20.0 g = F20
- 30.0 g = F30



**Figura 7.** *Filtros elaborados a diferentes cantidades de cascara de Banano*

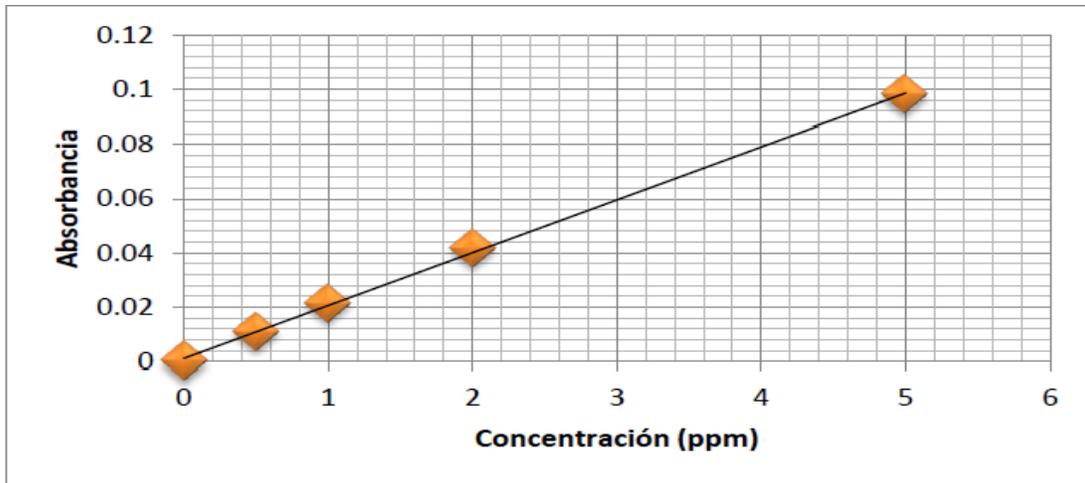
Se procedió a la Filtración de la solución madre de plomo de 10.0  $\mu\text{g/mL}$  (ppm), utilizando 5.0 g, 10.0 g, 20.0 g, y 30.0 g de polvo de cáscara de Banano.

Utilizando el Espectrofotómetro de Absorción Atómica AA-7000 Atomic Absorption Spectrophotometer se procedió a cuantificar la cantidad de plomo presente en el filtrado obtenido de cada una de las distintas cantidades de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano). Se encendió el equipo 20 minutos antes del análisis. Se instaló la lámpara de cátodo hueco para plomo y se estableció la longitud de onda de 283.3 nm. Se aspiró un blanco el cual consistía en agua bidestilada y se llevó a cero el instrumento. Se realizó una curva de calibración del elemento plomo (Pb) utilizando estándares de concentración de 0.5 ppm, 1.0 ppm, 2.0 ppm y 5.00 ppm, proporcionados por el Laboratorio Aquatecnica Ltda. Se aspiró el estándar respectivo y se aspiró nuevamente el blanco y puso a cero el instrumento. Se aspiraron los filtrados obtenidos uno por uno los cuales fueron codificados como: CB5, CB10, CB20 y CB30, se realizaron por triplicado.

**Tabla 2**

*Resultados obtenidos del análisis de Plomo por absorción atómica de los estándares.*

<b>Estándar de Plomo</b>	<b>Concentración (ppm)</b>	<b>Absorbancia (nm)</b>
<b>0.50 ppm</b>	0.4565	0.0106
<b>1.00 ppm</b>	0.9950	0.0210
<b>2.00 ppm</b>	2.0719	0.0418
<b>5.00 ppm</b>	4.9766	0.0979



**Gráfica 1.** concentración del plomo en relación con la absorción atómica

Filtrados Obtenidos	Absorbancia	Concentración de Pb antes de filtrar (ppm)	Concentración de Pb después de filtrar (ppm)
CB5	0.0060	10.56	0.2183
	0.0067	10.56	0.2546
	0.0061	10.56	0.2235
	0.0060	Promedio: 10.56	0.2183
CB10	0.0043	10.56	0.1303
	0.0037	10.56	0.0993
	0.0041	10.56	0.1200
	0.0042	Promedio: 10.56	0.1251
CB20	- 0.0002	10.56	- 0.1027
	- 0.0003	10.56	- 0.1079
	- 0.0003	10.56	- 0.1079
	-0.0003	Promedio: 10.56	- 0.1079
CB30	-0.0005	10.56	- 0.0664
	-0.0001	10.56	- 0.0975
	- 0.0003	10.56	- 0.1079
	-0.0002	Promedio: 10.56	- 0.1027

**Figura 8** Análisis relación de concentración de plomo vs absorción atómica

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:

$$\text{Dif. de Plomo} = \text{Conc. Pb i.} - \text{Conc. Pb f.}$$

Dónde:

Dif. de plomo: Diferencia de plomo.

Conc. Pb i.: Concentración de plomo inicial

Conc. Pb f.: Concentración de plomo final

*Ejemplo de cómo se determinó el porcentaje de retención para CB5:*

$$\text{Conc. Pb i} = 10.56 \text{ ppm}$$

$$\text{Conc. Pb f.} = 0.2183 \text{ ppm}$$

$$\text{Dif. de Plomo} = 10.56 \text{ ppm} - 0.2183 \text{ ppm}$$

$$\text{Dif. de Plomo} = 10.3417 \text{ ppm}$$

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

Porcentaje de Retención

$$\text{Conc. De Plomo i} \text{ ----- } 100.0\%$$

$$\text{Dif. de Plomo} \text{ ----- } X$$

Dónde:

Conc. De Plomo i: Concentración de plomo inicial

Dif de Plomo: Diferencia de Plomo

X: Variable de porcentaje de Retención

Ejemplo para CB5:

10.56 ppm ----- 100.0%

10.3417 ppm ----- X

$$X = 97.93\%$$

Filtrados Obtenidos	Concentración de Plomo antes de filtrar (ppm)	Concentración de Plomo después de filtrar (ppm)	% de Retención
CB5	10.56	0.2183	97.93 %
CB10	10.56	0.1251	98.82 %
CB20	10.56	<0.2	----
CB30	10.56	<0.2	----

**Figura 9.** *Porcentaje de retención de plomo según resultados de absorción*

----- (no existe porcentaje de retención)

La anterior figura muestra los resultados promedio obtenidos en el análisis realizado a los filtrados CB5, CB10, CB20 y CB30. Se observa que a mayor cantidad de polvo de cáscaras de Banano hay mayor retención de plomo en agua.

En las muestras con 20.0 y 30.0 g de cascaras no se proporciona un resultado en concreto ya que el resultado está por debajo de la sensibilidad del equipo que es 0.02 ppm por lo que se asegura que la cantidad de plomo presente después del filtrado es menor a 0.09 ppm de plomo en ambas muestras.

En base a los resultados obtenidos se puede decir que las cáscaras de Banano secas y pulverizadas utilizadas como filtro son efectivas para eliminar hasta un 98.82 % de plomo presente en el agua.

## **3.2. Pre Factibilidad Comercial**

### **3.2.1 Identificación del Producto**

#### **3.2.1.1. Usos**

Además de todas las propiedades nutritivas y medicinales que el banano posee; se ha descubierto que puede resultar útil para diversas actividades, como son la alimentación animal, fabricación de plásticos, purificación del agua, etc., esto se debe a la composición de la cáscara.

El nombre de plátano, banano, cambur o guineo agrupa un gran número de plantas herbáceas del género *Musa*, tantos híbridos obtenidos horticulturalmente a partir de las especies silvestres del género *Musa acuminata*, *Musa balbisiana*, *Musa sapientum*. Clasificado originalmente por Carlos Linneo como *Musa paradisíaca* en 1753, la especie tipo del género *Musa*. Dentro de esta familia se incluyen los plátanos comestibles crudos *Musa cavendishii* y los plátanos para cocer *Musa paradisíaca*.

El banano tiene su origen en Asia meridional, siendo conocido en el Mediterráneo desde el año 650 D.C. La especie llegó a Canarias en el siglo XV y desde allí fue llevado a América en el año 1516. Su cultivo se ha extendido a muchas regiones de Centroamérica y Sudamérica, así como de África subtropical; constituyendo la base de la alimentación de muchas regiones tropicales. El banano es el cuarto cultivo de frutas más importante del mundo.

Los países latinoamericanos y del Caribe producen el grueso de los bananos que entran en el comercio internacional, unos 10 millones de toneladas, del total mundial de 12 millones de toneladas. Es considerado el principal cultivo de las regiones húmedas y cálidas del sudoeste asiático. Los consumidores del norte lo aprecian sólo como un postre, pero constituye una parte esencial de la dieta diaria para los habitantes de más de cien países tropicales y subtropicales.

### **3.2.1.2. La Planta**

El banano no es un árbol sino una megaforbia, una hierba perenne de gran tamaño. Como las demás especies de *Musa*, carece de verdadero tronco. En su lugar, posee vainas foliares que se desarrollan formando estructuras llamadas pseudotallos, similares a fustes verticales de hasta 30 cm. de diámetro basal que no son leñosos, y alcanzan los 7 m de altura.

Las hojas se encuentran entre las más grandes del reino vegetal; son de color verde o amarillo verdoso claro con los márgenes lisos y las nervaduras pinnadas. Las hojas tienden a romperse espontáneamente a lo largo de las nervaduras, dándoles un aspecto desaliñado. Cada planta tiene normalmente entre 5 y 15 hojas, siendo 10 el mínimo para considerarla madura; las hojas viven no más de 2 meses, y en los trópicos se renuevan a razón de una por semana en la temporada de crecimiento. Son lisas, tiernas, oblongas, con el ápice trunco y la base redonda o ligeramente cordiforme, verdes por el haz y más claras y normalmente glaucas por el envés, con las

nervaduras amarillentas o verdes. Dispuestas en espiral, se despliegan hasta alcanzar 3 m de largo y 60 cm. de ancho; el pecíolo tiene hasta 60 cm.

El elemento perenne es el rizoma, superficial o subterráneo, que posee meristemas a partir de los cuales nacen entre 200 y 500 raíces, fibrosas, que pueden alcanzar una profundidad de 1.5 y cubrir 5 m de superficie.

### **3.2.1.3. Las Flores**

Unos 10 a 15 meses después del nacimiento del pseudotallo, cuando este ya ha dado entre 26 y 32 hojas, nace directamente a partir del rizoma una inflorescencia que emerge del centro de los pseudotallos en posición vertical; semeja un enorme capullo púrpura o violáceo que se afina hacia el extremo distal.

Al abrirse, revela una estructura en forma de espiga, sobre cuyo tallo axial se disponen en espiral hileras dobles de flores, agrupadas en racimos de 10 a 20 que están protegidos por brácteas gruesas y carnosas de color purpúreo. A medida que las flores se desarrollan, las brácteas caen, un proceso que tarda entre 10 y 30 días para la primera hilera.

### **3.2.1.4. El Fruto**

El fruto tarda entre 80 y 180 días en desarrollarse por completo.. En total puede producir unos 300 a 400 frutos por espiga, pesando más de 50 kg.

La cáscara del fruto es rica en taninos, y se usa en el tratamiento del cuero.

Carbonizada se usa como tintura oscura, o por su alto contenido en potasio en la producción de detergentes. Los efectos medicinales documentados son varios. Las flores se utilizan en emplastos para las úlceras cutáneas, y en decocción para la disentería y la bronquitis; cocidas se usan como alimento nutritivo para diabéticos. La savia, fuertemente astringente, se aplica tópicamente en picaduras de insecto, en hemorroides, y se toma como febrífugo, antidiarreico y antihemorrágico. También es antidisentérica la ceniza obtenida de quemar las cáscaras y hojas.

Las raíces cocidas se consumen para los trastornos digestivos e intestinales. La pulpa y las cáscaras de los plátanos maduros contienen principios activos efectivos contra micro bacterias y hongos; se aplican a veces para tratar una micosis común en la planta de tomate *Solanum lycopersicum*.

El fruto es rico en dopamina, de efecto vasoconstrictor, y serotonina, que regula la secreción gástrica y estimula la acción intestinal. La cáscara de banano transforma alrededor del 90% de su almidón a azúcares aproximadamente 12 días después de su cosecha; un contenido de hasta 14,6 de azúcares en base seca ha sido encontrado. El contenido de fibra en la cáscara es de 13% en base seca: Los principales componentes de la cáscara son: celulosa (25%), hemicelulosa (15%) y lignina (60%).

### **3.2.1.5. Composición Química de la Cáscara del Banano.**

La cáscara de banano transforma alrededor del 90% de su almidón a azúcares aproximadamente 12 días después de su cosecha; un contenido de hasta 14,6 de azúcares en base

seca ha sido encontrado. El contenido de fibra en la cáscara es de 13% en base seca: Los principales componentes de la cáscara son: celulosa (25%), hemicelulosa (15%) y lignina (60%).

La cáscara de banano tiene una propiedad de adsorción. La cáscara molida tiene la capacidad para extraer iones de metales pesados del agua y de los parámetros que intervienen en este proceso. La absorción de la cáscara de plátano se debe en gran parte a la lignina que son polímeros insolubles, presenta un elevado peso molecular, que resulta de la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos (cumarílico, coniferílico y sinapílico). El acoplamiento aleatorio de estos radicales da origen a una estructura tridimensional, polímero amorfo, característico de la lignina.

### **3.2.1.6. Composición**

Es la cascara de Banano, secada por un tiempo determinado hasta deshidratar todas su composición física, posteriormente se tritura y se tamiza para que las partículas en polvo queden en su gran mayoría de un tamaño regular.

El uso de este tipo de residuos en la industria de tratamientos de aguas es totalmente novedoso, aun no sale al mercado global un producto tecnificado para comercialización industrial porque no han sido calculadas mediante investigación sofisticada técnico, científica la eficacia de retención de todos los metales pesados presentes en el agua; sin embargo en este estudio delimitamos y comprobamos la eficacia de hasta un 98% de retención de Plomo por la acción de 10gr. De producto en 1000 Ml. De agua.

### 3.2.2. Usuarios

El presente producto está dirigido a las empresas de servicios públicos, Industrias y empresas generadoras de vertimientos líquidos contaminados, entidades gubernamentales y no gubernamentales, Entidades reguladoras ambientales, y a todos aquellos entes que requieran del producto buscando ser beneficiados por el desarrollo e implementación del proyecto.

### 3.2.3. Presentación o Portafolio

Las investigaciones de la efectividad de la cascara de Banano para la descontaminación de aguas específicamente en la retención de metales pesados tubo sus primeros pasos en la universidad del Quindío por un joven científico, Andrés Felipe Cordero, llegando a comprobar que este producto puede retener hasta un 99,14% el Níquel mientras que el carbón activado, material más común utilizado hoy en día en procesos de tratamiento para retención de metales pesados tan solo alcanza un 30% de retención, de igual manera el cromo teniendo una diferencia de más del 50% entre un material y el otro favoreciendo el componente orgánico.

Fue este tan solo el inicio de un descubrimiento que ha tenido un fortalecimiento investigativo que más adelante en Brasil se intensifico la Universidad Federal Paulista, lo explicaron así:

*“utilizando el principio químico de atracción entre los opuestos, (y del amor que diría el poeta), las mondaduras del plátano contienen un gran número de moléculas de carga negativa que atraen a los metales pesados y de carga positiva. Algo parecido a lo que le sucedía a Aznar con Pujol”*. Lo indicaba La cabeza visible del proyecto, la doctora en ciencias químicas. (Boniolo, N/A).

Sin embargo para nuestros intereses y por las limitaciones del presente estudio se determinó solamente verificar la eficacia del producto para la retención del Plomo un metal pesado que en nuestra área de alcance de investigación está muy presente en el ambiente, por el uso de agroquímicos insecticidas, herbicidas, y otra serie de insumos en el sector agropecuario, por la alta tasa de la industria petrolera, y la interacción de los hidrocarburos con los recursos naturales no renovables del departamento del Huila.

Es de esta manera que el por su presencia y por su alta tasa de toxicidad estos estudios de pre factibilidad técnica y comercial del producto se delimitaron solo a la remoción del Plomo en el agua del área de influencia.

#### **3.2.4. Servicio**

En el desarrollo del servicio y su implementación, se pretende utilizar un tipo de residuo agroindustrial, la cascara de banano depurador de agua para remoción de metales pesados principalmente el Plomo. Para ello, se realizan pruebas en aguas contaminadas de tipo industrial hidrocarburos; y aguas crudas recogidas de nacederos y en contacto con predios de alta densidad agroindustrial y así determinar el grado de remoción de metales pesados, sin desconocer la importante participación de los laboratorios de medición de características físico químicas de agua, y las entidades prestadoras de servicio de acueductos y alcantarillados.

El presente estudio genera un punto de partida para viabilizar técnica y comercialmente un plan de negocio con el enfoque de producción y comercialización a nivel industrial de un producto orgánico a base de cascara de banano, eficaz para la retención de Plomo en aguas crudas y residuales en los procesos de tratamiento.

### 3.2.5. Bienes de Capital

En la actualidad las fuentes hídricas contaminadas con aguas residuales se estiman que representan aproximadamente el 70% del total de los ecosistemas impactados en nuestro país como consecuencia de derrames generados por entidades industriales y por particulares.

El eje hidrográfico del municipio lo constituye el río Magdalena, que lo atraviesa de sur a norte, alimentado en su área urbana por numerosos afluentes procedentes de la cordillera Oriental; el agua es un recurso abundante en la región, en forma de lluvias, ríos, quebradas superficiales y también como aguas subterráneas, con niveles freáticos y acuíferos altos, que hacen del recurso un potencial grande. El río Madre de la Magdalena es de vital importancia desde nuestros antepasados hasta nuestros días, y ha sido considerado como el motor del desarrollo económico y cultural de los Colombianos; la red hidrográfica del municipio de Neiva la conforman los ríos Arenoso, Las Ceibas, del Oro y sus afluentes como las quebradas La Pedregosa, La Manguita, El Venado y La Toma.

A continuación presentamos las diferentes huellas hídricas superficiales en la ciudad de Neiva, todas ellas dependientes del río Magdalena en su margen derecha:

- Quebrada el Venado: Tiene aguas constantes en todas las épocas del año y algunos reductos de bosques de galería en sus riberas. Es contaminada por aguas negras, servidas y residuos sólidos de los asentamientos localizados en sus alrededores; de aguas lluvias; de los drenajes del área industrial del norte y contaminantes de los cultivos y usos agroindustriales localizados aguas arriba de su sector urbano; La administración ha realizado un esfuerzo importante en la construcción del Colector de la comuna 2 con el

ánimo de interceptar las aguas residuales que vertían a la quebrada dando un gran paso en el saneamiento de las fuentes urbanas.

- Quebrada El Coclí: Se alimenta por el sistema intermitente de canales y acequias que toman aguas del río Las Ceibas, su caudal varía pues en época de verano llega a secarse totalmente y alcanza abundancia importante en época de invierno.
- Quebrada La Manguita o Cucaracha: Su origen inicia en los residuos de las acequias y canales que vienen del río Las Ceibas y de los cultivos, su caudal intermitente aumenta considerablemente en épocas de lluvia, desapareciendo en el perímetro urbano bajo algunas vías y la pista del aeropuerto para luego a aparecer.
- Río Las Ceibas: Es el más importante para la ciudad, tiene una longitud total de 58 Km., una pendiente promedio del 4% nace en los picos de la cordillera oriental que sirven de colindancia a la ciudad con el departamento del Caquetá en la zona conocida como la reserva forestal de LA SANTA ROSALIA, en su corto transitar conoce todos los climas que existen en el país pues nace sobre los 3000 msnm y en un raudo descenso desemboca en la margen derecha del río Magdalena sobre los 420 msnm, su caudal también se destaca por extremos pues en largos estiajes ha descendido hasta 3 M<sup>3</sup>/sg, y en avenidas sorpresivas que son características de su morfología y pendiente se han tenido caudales picos de 120 M<sup>3</sup>/seg., es tal su importancia para todos la ciudad que de allí proviene el agua que consumimos todos los Neivanos, su tránsito urbano se inicia en la

desembocadura de la quebrada La Jabonera y desemboca en el río Magdalena. Por la margen izquierda recibe las quebradas del Batallón Tenerife, Avichente, El Chaparro y La Jabonera y por la margen derecha la quebrada La Cucaracha, también la administración en su ánimo de sanearlo construye en la actualidad el colector de la comuna 10 o interceptor del río Las Ceibas, una obra ejemplarizante a nivel ambiental de 8 Km. de longitud y 1.45 metros de diámetro.

- Quebrada La Toma: Nace dentro del perímetro urbano, su recorrido es de 7 km. Aproximadamente, recibe en la margen derecha las quebradas El Cirujano y Monserrate.
  
- Río del Oro: Ha sido la corriente que más ha sufrido por los efectos de urbanización, su cauce y nivel de agua varían continuamente por la intervención del hombre, que ha devastado su cobertura vegetal protectora. Es tan impresionante su estado actual que su eje hidráulico es referencia para todos los neivanos por sus nauseabundos olores y la meandrónica actividad antrópica que en sus márgenes aún se desarrolla.
  
- Quebrada Matamundo: Su caudal es intermitente y de régimen pluvial; nace dentro de la ciudad, está localizada al sur y separa la carretera que conduce al Corregimiento del Caguan.
  
- Quebrada La Carpeta: Su caudal es intermitente o invernal, recorre suelos degradados lo que hace necesario el ordenamiento de su cuenca y la descontaminación de sus aguas.

- Quebrada Canadá o Barrialosa: De régimen pluvial, drena aguas lluvias de un gran sector urbano y rural; su estado es aceptable debido a que en su cauce no presenta urbanización y en algunos sectores de la parte baja cuenta con bosques de galería.
- Río Magdalena: Baña la ciudad en todo el costado occidental, desde la quebrada Canadá al sur, hasta la quebrada El Venado al norte; en una longitud de 15 km. participando a Neiva de su delta fluvial interna. El sistema de archipiélago interior o mediterráneo divide sus aguas en dos brazos semejantes en caudal; delimita el municipio con el de Palermo, creando un verdadero ecosistema urbano de gran riqueza e importancia. Es majestuoso su paso por la ciudad pues su eje es límite urbano y como tal así lo ha entendido la ciudad desarrollándose actualmente centro induturístico en su margen derecha integrándose el río al propio desarrollo de la urbe. Sin embargo es el mayor activo de capital del presente y futuro estudio como plan de negocio ya que todas las aguas residuales de cerca de 400 mil habitantes de la ciudad caen sin ningún tratamiento así como también las aguas del sector industrial como, Coca-Cola, Gaseosas Cóndor, Gaseosas Postobon, entre otras.

### **3.2.6. Fuentes de Abastecimiento de Insumos**

El proceso de depuración de fuentes hídricas contaminadas con metales pesados se desarrolla mediante residuos agroindustriales que tienen como principal materia prima la cascara de banano, para ello las principales fuentes de abastecimiento son las centrales de abasto del Huila y sur colombiano.

Según Augura (Asociación de Bananeros de Colombia) las zonas productoras en el país son el Urabá con 300.000 Ha sembradas, 20 mil empleos directos y 60 mil empleos indirectos, y el Magdalena con 10.700 Ha. Sembradas, 5 mil empleos directos y 15 mil indirectos.

Colombia exporto en 2012, 824.268 Ton y en 2013, 788.756 Ton según Augura. El abastecimiento es importante y se pueden generar otras unidades de negocio con la Musa para aprovechar toda la fruta.

Comercializadoras como UNIBAN, BANACOL, BANAFRUT, TROPICAL, BANARRICA, BANUR son entre otras, el motor de la industria bananera en Colombia con más de 160 empresas, abastecidas por más de 340 fincas.

### **3.2.7. Sistemas de Distribución**

Los principales interesados en el producto son los actores del sector público con población mayor a 100 mil habitantes, y acceso directo a la capital Neiva, como: Empresas Públicas de Neiva EPN E.S.P, Aguas del Huila S.A., Empresas Públicas de Pitalito EMPITALITO E.S.P, Empresas Públicas de Garzón EMPUGAR E.S.P, Empresas Públicas de Palermo EPP E.S.P, los entes territoriales de estos municipios, parque industrial de Palermo, sector petrolero e hidrocarburos (Ecopetrol, Petroleum Limited (Pacific), Mansarovar Nergy, Equion Energía, Petrominerales Colombia, Hocol, Petrobras Colombia Limited, Perenco Colombia Limited, Canacol Energy, entre otras) entidades reguladoras ambientales, Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena CAM, Secretaria de Medio Ambiente de Neiva, Ministerio de Ambiente.

Se puede pretender por diversos mecanismos el establecer contacto directo con estas empresas o asociaciones que pueden verse beneficiadas de una u otra manera por la implementación del proyecto culminado, mostrando las garantías ya expuestas de forma técnica en cuanto a la retención del Plomo en aguas crudas o residuales. Una de los mecanismos para hacer conocer el proyecto a nivel regional y nacional es presentando el servicio ante la alcaldía y la gobernación municipal, hacer que sea aceptado por parte del consejo administrativo, una vez aprobado y validado se puede empezar con su pronto desarrollo, logrando así un camino hacia niveles más aprobatorios y económicamente más viables para su implementación, garantizando motivación por inversionistas.

Otro de los mecanismos planteados abarca la presentación del servicio ante el Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible en Colombia, dado que ellos implementan sistemas de participación ciudadana en cuanto a la exposición de proyectos viables y amigables con el medio ambiente y otros requisitos que este servicio abarca. De esta manera dando a conocer la magnitud del problema y al mejoramiento de la calidad del agua.

Uno de los mecanismos más viables para el otorgamiento y desarrollo del servicio son las empresas que se están viendo de cierta manera más afectadas por tal situación y estas entidades abarca toda la amplia gama de la industria regional y petrolera; por ello y su gran extensión sería una de las más amenas y opcionadas para la presentación del proyecto, debido a que se verán beneficiadas al ser uno de los problemas más frecuentes que estas enfrentan día a día; pueden llegar a verse muy afectadas si tal situación no es controlada de la manera adecuada.

Existen numerables cooperativas y corporaciones que buscan proyectos viables para la implementación de ellos dentro de las mismas, estas son otras de las interesantes opciones que abarca la cartera de demanda que pueden surgir por la implementación y desarrollo del proyecto; además de ellas están los institutos y/o laboratorios que buscan de tal manera resarcir estos daños y constantemente están en busca de soluciones; poner a conocimiento el proyecto o servicio podrá abrir puertas al desarrollo sostenible para la recuperación de la calidad del agua que se están viendo afectados por tal situación.

### **3.2.8. Precios y Costos**

La depuración por el producto es una tecnología limpia, que a través de sus técnicas, busca recuperar las fuentes hídricas, con acciones correctivas que contribuyen con la protección de la salud pública y el medio ambiente, logrando un desarrollo sustentable. Por otro lado la depuración tiene un gran potencial en la recuperación de fuentes hídricas contaminadas por metales pesados, siendo ésta la más económica, y viable como alternativa de restauración de los ecosistemas.

Es una tecnología poco invasiva y generalmente no requiere componentes estructurales o mecánicos que signifiquen una amenaza para el medio. Comparativamente, es económica viable y al tratarse de un proceso natural, suele tener aceptación por parte de la opinión pública.

El costo estimado según la pre factibilidad técnica se puede describir de la siguiente manera: la máxima retención de Plomo en el agua cruda o residual es de 10g por cada Litro, para obtener 10g fue necesario 1Kg de bananos para extraer la cascara, y así poderla secar y pulverizar, actualmente en el mercado encontramos un valor de \$800 pesos por cada Kilo; eso significa que

poder retener el plomo con una efectividad por encima del 98% cuesta mínimo \$800 pesos por cada Litro de agua, cuando el secado es natural de aproximadamente 10 días expuestas al sol, sin embargo si se secan en un horno a más de 200°C por 11 horas los costos se incrementan hasta mil pesos por cada litro de agua.

En resumen, para un proceso a gran escala como un tratamiento por acueducto donde ingresan más de 1.700 Lts/seg en una ciudad como Neiva para potabilizar agua a más de 400 mil habitantes es completamente inviable financieramente pero en el sector industrial específicamente la minería, la construcción y las fibras químicas que generan gran cantidad de plomo y vierten menos de un litro por segundo pueden ser viable aprovechar este producto para mejorar la calidad del agua vertida, y así minimizar costos en los pagos por tasas retributivas a las autoridades ambientales reguladoras.

### **3.2.9. Área del Mercado**

La principal potencialidad de demandantes del producto se ubican en 18 cuencas sedimentarias que abarcan un área de 1.036.400 km<sup>2</sup>. Alrededor de 82% de esa área sedimentaria se encuentra disponible para adelantar trabajos de exploración y explotación de petróleo, Las cuencas de mayor actividad exploratoria son las de los valles Superior y Medio del Magdalena, Catatumbo, La Guajira, cordillera Oriental, Putumayo y Llanos Orientales. Los más importantes descubrimientos hechos en Colombia, los centros de producción petrolera se encuentran en los departamentos del Meta, Casanare, Arauca, Santander, Antioquia, Bolívar, Boyacá, Huila, Tolima, La Guajira, Putumayo y Norte de Santander.

Existen 27 empresas explotando el petróleo colombiano de las cuales las 10 más importantes y con mayor influencia en el territorio nacional son Ecopetrol, Meta Petroleum Limited (pacific), Occidental de Colombia, Masarovar Energy, Equion Energia, Petrominerales Colombia, Hocol, Petrobras Colombia Limited, Perenco Colombia Limited, Canacol Energy.

### **3.2.10. Comercialización**

### **3.2.11. Promoción y Publicidad Motivación del Proyecto Sistema de Comercialización o Marketing**

La principal forma de comercializar el producto es entablar contacto con las entidades nacionales encargadas de hacer cumplir lo requerido y que manipulan los vertimientos industriales y de hidrocarburos: Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM, Secretaria de Medio Ambiente, Ecopetrol, Meta Petroleum Limited (Pacific), Occidental de Colombia, Mansarovar Nergy, Equion Energía, Petrominerales Colombia, Hocol, Petrobras Colombia Limited, Perenco Colombia Limited, Canacol Energy, establecidas en la regional, y empresas como Coca-cola, Gaseosas Cóndor, Gaseosas Postobon, entre otras entidades gubernamentales (Gobernaciones, Alcaldías, Ministerios y entidades no gubernamentales tales como fundaciones ambientales, Institutos de investigaciones y cooperativas.

El posible éxito de la implementación de la del producto orgánico a base de cascara de banano para la depuración y descontaminación del plomo en aguas es de bajo costo y sus excelentes resultados hacen hace que las entidades del estado en sus planes de garantizar un desarrollo

sostenible requieran de los servicios de una empresa dedicada a la producción y comercialización del mismo.

### 3.3. Estudio de Caso

Para el estudio de caso se tomó en cuenta los estudios de laboratorio (ASINAL LTDA, 2013) en uno de los cinco (5) vertimientos más representativos de la ciudad de Neiva, llamado Puente Santander ya que está localizado exactamente debajo del mismo; en conjunto vierten más de mil (1000) Litros de agua residual por segundo y el municipio de Neiva tiene referenciado en ese mismo sitio la proyección de la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR).

A continuación se presenta los resultados de este estudio para posteriormente analizar la eficacia técnica del producto orgánico a base de cascara de banano para la remoción del plomo en este vertimiento específicamente.

**Tabla 3**

*Vertimiento Puente Santander Sur*

<b>Parámetro</b>	<b>Unidades</b>	<b>Método</b>	<b>Resultado</b>
<b>Conductividad</b>	μS/cm	Electrométrico	495
<b>DBO<sub>5</sub></b>	mg O <sub>2</sub> /L	Winkler SM 5210 B	63
<b>DQO</b>	mg O <sub>2</sub> /L	Titrimétrico SM 5220C	187
<b>Fosfatos</b>	mg/L	Espectrofotometría	6.85
<b>Nitratos</b>	mg/L	Espectrofotometría	4.1
<b>Plomo</b>	mg/L	Espectrofotometría	0.50
<b>Ph</b>	Unidades	Potenciométrico	7.4
<b>Sólidos Disueltos Totales</b>	mg/L	Electrométrico	272
<b>Sólidos Sedimentables</b>	mL/L	S.M. 2540F Ed. 21	1.6
<b>Sólidos Suspendedos Totales</b>	mg/L	S.M. 21 Edition 2540-D	88
<b>Temperatura</b>	°C	Termométrico	26.7

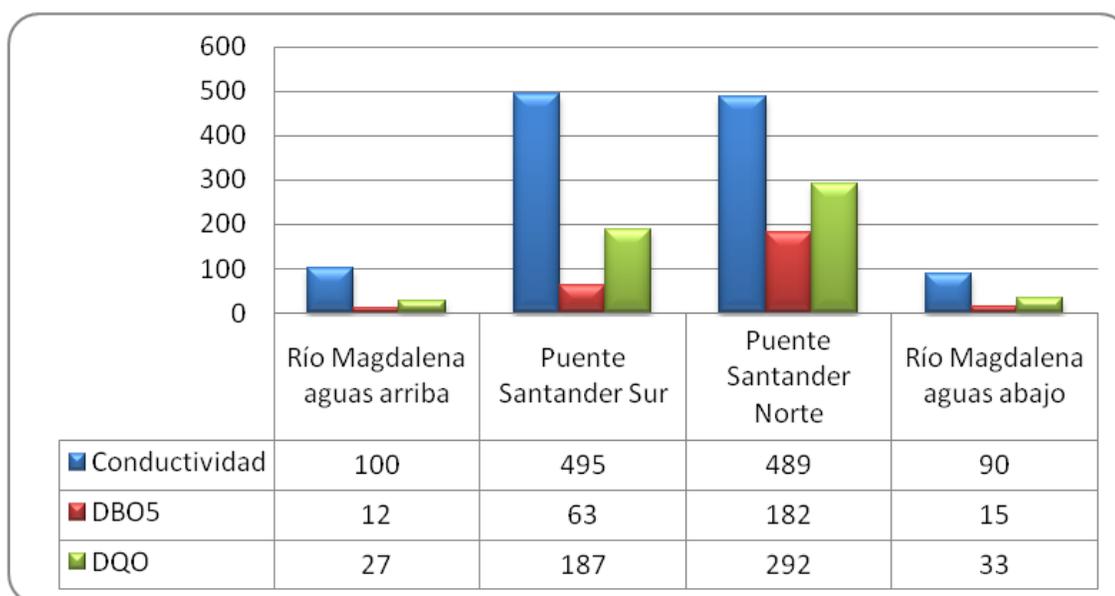
<b>Turbiedad</b>	NTU	Turbidimétrico	75
------------------	-----	----------------	----

**Tabla 4**

*Parámetros In Situ y aforo de caudal Puente Santander Sur*

PARAMETROS DE CAMPO						AFORO HIDRAULICO					
N°	Hora	Temp. muestra (°C)	pH (Unidades)	Conductividad (µS/cm)	Sólidos Sedimentables (mL/L)	Y (cm)	Área (Cm <sup>2</sup> )	Tiempo (S)	Velocidad (cm/s)	Caudal (L/s)	Alícuota (mL)
1	7:00 AM	26	7,6	500	0,5	50	4895,1	78	137,2	671,6	215
2	8:00 AM	26	7,4	390	0,5	51	5081,3	78	137,2	697,2	223
3	9:00 AM	27	7,3	470	3.0	53	5363,5	93	115,1	617,3	197
4	10:00 AM	28	7,1	670	3.0	57	5845,7	97	110,3	644,8	206
5	11:00 AM	27	7.0	650	6.0	56	5747,4	83	128,9	740,9	237
6	12:00 PM	27	7,2	620	2.0	52	5174,4	102	104,9	542,8	174
7	1:00 PM	27	7,5	576	2,5	58	6036,8	104	102,9	621,2	199
8	2:00 PM	27	7,6	544	2.0	53	5267,5	80	133,8	704,8	225
9	3:00 PM	27	7,2	561	1,5	57	5845,7	92	116,3	679,9	217
10	4:00 PM	27	7,5	550	4.0	54	5458,6	84	127,4	695,4	222
11	5:00 PM	27	7,1	550	2.0	56	5747,7	81	132,1	759,3	243
12	6:00 PM	27	7,3	540	1,5	60	6330,8	84	127,4	806,5	258
13	7:00 PM	27	8.0	540	1,4	55	5649,7	79	132,1	765.0	245
14	8:00 PM	27	7,7	517	1.0	55	5649,7	82	127,4	737,3	236
15	9:00 PM	27	7,3	485	1.0	53	5365,5	84	135,4	683,6	219
16	10:00 PM	27	7,5	485	1.0	53	5365,5	85	130,5	675,5	216
17	11:00 PM	26	7,5	481	1.0	55	5651,7	84	127,4	720.0	230
18	12:00 AM	26	7,3	486	0,9	52	5174,4	87	125,9	636,5	203
19	1:00 AM	27	8.0	475	1,3	50	4895,1	96	127,4	545,8	174
20	2:00 AM	27	7,6	473	0,5	45	4246,3	94	123.0	483,4	155
21	3:00	27	7,4	432	1,5	43	3975,	97	111,5	438,6	140

	AM						9				
22	4:00 AM	26	7,4	373	0,5	43	3975,9	93	113,8	457,4	146
23	5:00 AM	26	7,4	343	0,2	42	3885,7	94	113,8	442,2	141
24	6:00 AM	26	7,6	335	0,1	40	3616,2	92	116,3	420,5	134
25	7:00 AM	26	7,7	326	0,3	42	3885,7	92	116,3	451,9	144
									Σ	15639,4	5000



**Gráfica 2.** Resultados comparativos de resultado de parámetros evaluados

Teniendo los anteriores resultados podemos deducir que:

0.50 Mg/L = 5 ppm de Pb

**Tabla 5**

*Resultados*

Filtrado	Absorbancia	Concentración de Pb antes	Concentración de Pb después
5 ppm	0.0060	0.56	0.2183

Conc. Pb i = 10.56 ppm

Conc. Pb f. = 0.2183 ppm

Dif. De Plomo = 10.56 ppm – 0.2183 ppm

Dif. De Plomo = 10.3417 ppm

10.56 ppm ----- 100.0%

10.3417 ppm ----- X

$$X = 97.93\%$$

Porcentaje de retención del: 97.93%

10.3417 ppm = 1 lt

Caudal del vertimiento: 15639.4

1 Lt -----10.3417 ppm Pb

15639.4 Lt --- X

$$X = 15639.4 * 10.3417 = 161738/100 = 1617.38 \text{ ppm Pb/Lt.}$$

Ahora:

Para remover el 97.93% de 10.3417 ppm Pb, en 1 Lt. se requería 5 gr de producto de cascara de banano deshidratada y pulverizada; ¿Cuánto producto se requiere para remover el mismo porcentaje en 1617.38 ppm Pb, la cual es la proporción de Plomo en el agua del vertimiento?

10.3417 ppm Pb -----5 gr.

1617.38 ppm Pb ----- X

$$X = 1617.38 * 5 = 8086.9 / 10.3417 = 782 \text{ gr.}$$

Para obtener 5 gr. De producto fueron necesarios 10.076 gr de banano; ya que se obtuvo de un 1 Kg de banano 65 gr de cascara pulverizada y deshidratada.

Entonces; para obtener 782 gr de producto se requieren 1575,8 gr; es decir 1.6Kg/día aproximadamente.

## Conclusiones y Recomendaciones

- En los estudios de pre factibilidad técnica se delimitó que se analizarían solamente la retención del metal pesado *Plomo* a través de un producto orgánico a base de cascaras deshidratadas y secas de Banano utilizadas como filtro en aguas residuales, esto debido a los altos costos de análisis de laboratorio para contemplar todos los metales pesados en el agua, se recomienda validar estas técnicas con los demás.
- La retención de plomo en el filtro demostró ser efectiva utilizando la cantidad de 10.0 gramos, debido a que este posee propiedades de adsorción por Intercambio Iónico para plomo pues se obtuvieron concentraciones menores de 0.02 ppm en los filtrados obtenidos.
- Al utilizar 5.0 gramos de cáscara de Banano seca y pulverizada se obtuvo un porcentaje de retención de 97.93%; esto se debe a la capacidad que posee dicha cáscara de interactuar con el plomo y retenerlo posiblemente debido a la presencia de lignina.
- El porcentaje de retención al utilizar 10.0 gramos de cáscara de Banano seca y pulverizada fue de 98.82%, esto refleja que al utilizar una mayor cantidad de polvo de cáscara Banano aumenta el porcentaje de retención de plomo, ya que aumenta la capacidad de adsorción por Intercambio Iónico entre el plomo y la lignina que es la posible responsable de retener el plomo.

- Utilizar 10.0 gramos de polvo de cáscara de Banano por cada 100.0 mL de agua contaminada, esta cantidad es suficiente para remover es suficiente casi en su totalidad 10.0 ppm de plomo.

- Utilizar un clarificante como el carbón activado para eliminar el color amarillo que la cascara de Banano le imparte al agua filtrada.

- Que los filtros a base de cascara de Banano, son una alternativa viable para disminuir la contaminación con plomo en agua, por lo que es necesario validar la utilización del filtro como medio de eliminación de plomo.

- En estudios posteriores realizar varios ensayos para determinar el tiempo de vida media de los filtros diseñados a base de cáscara de Banano seca y pulverizada, y así conocer el tiempo que puede ser utilizado y no perder la capacidad de retención para plomo.

- En estudios posteriores realizar análisis a la cáscara de Banano para poder comprobar si la lignina; es la que retiene el plomo.

- Para un proceso a gran escala como un tratamiento por acueducto donde ingresan más de 1.700 Lts/seg en una ciudad como Neiva para potabilizar agua a más de 400 mil habitantes es completamente inviable financieramente.

- Para el sector industrial específicamente la minería, la construcción y las fibras químicas que generan gran cantidad de plomo y vierten menos de un litro por segundo pueden ser viable aprovechar este producto para mejorar la calidad del agua vertida, y así minimizar costos en los pagos por tasas retributivas a las autoridades ambientales reguladoras.

- Se puede verificar en el estudio de caso que para un vertimiento representativo de la ciudad como lo es el punto puente Santander de forma tecnificada a través de un filtro que dosifique la proporción correcta de producto se puede remover la carga en ppm de Plomo (Pb) hasta en un 97,93% con solamente 1,6 Kg/día de producto de cascara de banano pulverizada y deshidratada.

## **Bibliografía**

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Central Federation). 1992. Métodos Normalizados Para El Análisis De Aguas Potables y Residuales. 17 ed. Madrid España. Editorial Díaz de Santos, S.A.

Bravo, A. (2006). Agua, un Recurso Escaso. España: Arcibel.

Calderón R, Encalada C, Jácome M. F, Pineda C. 2011. Purificación de Agua a Base de Cascara de Plátano. Quito.

Castro, G. (2011). Eliminar Metales Pesados con Cascara de Banana (Plátano). Revista Industrial Engineering Chemistry Research.

Chou Y, (1997). Análisis Estadístico. 2ª Ed. México D.F: Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V.

Corporation Shimadzu, SF. Water Analysis And Air Analysis. Section 5. Japanese Industrial Standard JISK-102-1993. Testings Methods For Industrial Waste Water. Envirommental Standard Concerning Water Contamination.

Guzmán, M. (2007). La Contaminación de Suelos y Aguas. Su Prevención con Nuevas Sustancias Naturales. Editorial Publidisa, España.

Freund, J.E. y Walpole, R.E. (1990). Estadística matemática con aplicaciones. Cuarta Edición.  
México: Prentice Hall Hispanoamericana.

Lagos, J. A. Compendio de Botánica Sistemática. Ministerio de Cultura y Comunicaciones. Vice  
ministerio de comunicaciones. Dirección de Publicaciones e Impresos, San Salvador, El  
Salvador, Centroamérica. Páginas 275-276.

Manahan, E. (2007). Introducción a la Química Ambiental, Editorial Reverté S. A, México D.F,  
1° Edición.

Medina H. M., Sanchez Midence J., Hoover de Castaneda C., Barahona F. “Efectos sobre la  
salud humana por los metales pesados: Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Zinc(Zn) y Cobre(Cu)  
en la Población Residente en la margen Noreste del Lago de Yojoa, Honduras”.

Menjívar, I., Meléndez, A., Robles, L., Ramírez, M., (2011) Filtro para agua con metales pesados  
a partir de cascaras de banana. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas.

Sagan, (2003) Contaminación por metales. (En línea). Consultado el 01 de Junio de 2014  
Disponible en <http://www.sagan-gea.org/hojared/Hoja19.html>

Seminario de Química Inorgánica. Santiago de Chile, 2008. El Agua. Santiago de Chile:  
Universidad de Santiago de Chile.

UNESCO/ Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos del Mundo. 2008.  
internacional del Agua Dulce. División de Ciencias del Agua 1 Rue Miollis 75015 Paris,  
Francia.

<http://www.gabito grupos.com/despier ta/template.php?nm=1300905392>. Consultado el 23  
Mayo de 2014.

<http://samuraisocialista.blogspot.com/2011/07/eliminar-metales-pesados-con-cascara-de.html>.

Consultado 23 de Mayo de 2014

[<http://mx.noticias.yahoo.com/banana-filtro-agua-20110324-104836-504.html>.] [Consultado el  
25 Mayo de 2014]

[[http://www.freshplaza.es/news\\_detail.asp?id=49948](http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=49948)] [Consultado el 25 de Mayo 2014]

[[www.saludhoy.com/htm/saludtr/articulo/plomo.html](http://www.saludhoy.com/htm/saludtr/articulo/plomo.html)] [Consultado el 01 de Junio de 2014]

[<http://lacontaminacionenelsalvador.blogspot.com/>] [Consultado el 08 de Junio de 2014]

[[http://ri.ues.edu.sv/1577/2/13100592\\_Ej.2.pdf](http://ri.ues.edu.sv/1577/2/13100592_Ej.2.pdf)] [Consultado 08 de Junio de 2014]

[[http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n\\_h%C3%ADrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_h%C3%ADrica)] [Consultado el 10 de  
Junio de 2014]

[<http://es.wikipedia.org/wiki/Plomo>] [Consultado el 10 de Junio de 2014]

[<http://www.slideshare.net/AndreaSalgado/contaminacion-del-agua-por-metales-pesados>]  
[Consultado el 10 de Junio de 2014]

[<http://www.buenastareas.com/ensayos/Agua-Contaminada-De-Metales-Pesados/2449901.html>]  
[Consultado el 10 de Junio de 2014]