

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



ESTUDIO PRELIMINAR DE LA RETENCIÓN DE PLOMO EN AGUA A PARTIR  
DE CASCARAS DE *Musa sapientum* (BANANO) UTILIZADAS COMO FILTRO

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

ANA MARIA ALVARADO CHAVEZ  
DENISE ELIZABETH GOMEZ DIAZ

PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

OCTUBRE 2013

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARIA GENERAL**

DRA. ANA LETICIA ZAVALA DE AMAYA

**FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA**

**DECANA**

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

**SECRETARIO**

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

## **COMITE DE TRABAJO DE GRADUACION**

### **COORDINADORA GENERAL**

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

### **ASESORA DE AREA: CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FARMACEUTICOS, COSMETICOS Y VETERINARIOS**

MSc. Rocío Ruano de Sandoval

### **ASESORA DE AREA: APROVECHAMIENTO DE RECURSOS NATURALES**

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez.

### **DOCENTES DIRECTORES**

Msc. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

Lic. María Elsa Romero de Zelaya

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer Lugar agradecemos y dedicamos este trabajo a nuestro Dios quien nos guio con su mano de sabiduría durante toda nuestra carrera.

A nuestros padres por tener siempre palabras de aliento todo el tiempo, nunca rendirse sin importar que tan difícil estuviera todo, por los sacrificios hechos, dándonos amor y aliento para jamás rendirnos. Gracias Dios los bendiga siempre.

A nuestras abuelitas que con su ejemplo y cuidados nos guiaron siempre por el camino correcto, ahora entendemos que esos regaños solo fueron por nuestro bien y por su gran amor hacia nosotras.

En especial a mi abuelita Emilia Melara y a Mama Paula que aunque no están acá, sabemos que estarían orgullosas de nosotras.

A nuestras docentes directoras MSc. Cecilia Gallardo y Lic. María Elsa Romero, gracias por su guía en este trabajo, por su ayuda, consejo y dedicación.

A Lic. Guillermo Castillo muchas gracias por su apoyo, por facilitarnos lo necesario, por sus consejos y tiempo brindado.

Que Dios los bendiga.

**Ana y Denise.**

## DEDICATORIA

A Dios Todo Poderoso: Por derramar sus bendiciones sobre mí persona, mi familia y todos los que me rodean, por la fortaleza, sabiduría y protección que me brindo en cada paso.

A mis padres: Jorge y Magdalena, gracias por su amor y su apoyo incondicional, por su esfuerzo y por su ejemplo. Los amo.

A mis abuelitas: Lidia, María y Mama Paula gracias viejitas lindas por su cuidado y por su gran ejemplo de lucha, soy lo que soy gracias a ustedes.

A Maco, Javier, Marcela, Tía Ana María, Tía Marta, Tía Dinorah, Tío Luis y a toda mi familia gracias por estar siempre conmigo, se los agradezco de corazón.

Josué, gracias por tu apoyo, por estar conmigo siempre.

Don Arturo, gracias por cuidar de mi mami y por estar pendiente de mí.

A mis amigos: Eduardo, Victor, Karen, Vero, Yani, Marlin y Lenin gracias por todos los momentos compartidos, por su amistad sincera, por hacer más fácil cada día en la Facultad. Gracias Denise por ser tan buena compañera y amiga desde el principio de la carrera y sobre todo en esta etapa tan importante.

Lic. Ericka Rodríguez gracias por todo lo que me ha enseñado y sobre todo gracias por su amistad.

MSc. Cecilia de Velásquez y Licda. María Elsa Romero gracias por su guía, sus consejos, su ayuda. Lic. Guillermo Castillo, por su apoyo en nuestra investigación y por facilitarnos lo necesario para llevarla a cabo.

**Ana María Alvarado Chávez.**

## **DEDICATORIA**

He llegado al final de este camino y agradezco en primer lugar a Dios por que fue mi guía y me acompañó en cada momento de mi carrera.

Agradezco a mi madre Dora Alicia, a mi padre Ricardo Adán, gracias por su amor, apoyo, consejos y sacrificios, por ser un ejemplo de superación incansable, trabajo, comprensión y confianza.

A mis tíos Carmen Corina Azúcar y Luis Azúcar, mi tía María Teresa, a mis primos Sandra Elizondo, Emilia Chamul y Jorge Isaac, gracias por su apoyo incondicional.

A Jorge Alberto gracias por estar conmigo durante esta etapa de mi vida y compartir conmigo mi alegría y ser mi apoyo.

A mis catedráticos MSc. Cecilia Gallardo, Lic. María Elsa Romero, Lic. Odette Rauda, MSc. Maricela Lemus, MSc. Roció Ruano de Sandoval, Lic. Guillermo Castillo quienes estuvieron para corregirnos y guiarnos durante este periodo tan importante.

A mis amigos Víctor Córdova, Jeannette Sagastizado, Lenin Merino, Verónica Sánchez, Karen Alvarado, María de los Ángeles García, Katherine Alvarado, Lorena Ventura, gracias por su apoyo.

A mi amiga y compañera Ana María, me acompañaste con lágrimas, risas, abrazos y enojos, gracias por tu amistad y sinceridad... lo logramos!!

Dios los Bendiga Siempre.

**Denise Elizabeth Gómez Díaz**

## INDICE

### RESUMEN

Capítulo	Página
<b>CAPITULO I</b>	
<b>1.0 INTRODUCCIÓN</b>	<b>xvii</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>2.0 OBJETIVOS</b>	<b>21</b>
<b>CAPITULO III</b>	
<b>3.0 MARCO TEORICO</b>	<b>23</b>
<b>3.1 Definición de Agua</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Generalidades del Agua</b>	<b>24</b>
<b>3.3 Propiedades Químicas y Físicas del Agua</b>	<b>25</b>
<b>3.4 El uso del Agua en la Industria</b>	<b>26</b>
<b>3.5 La contaminación y depuración del Agua</b>	<b>28</b>
<b>3.6 Contaminación del Agua en El Salvador</b>	<b>30</b>
<b>3.7 El Agua contaminada por Metales Pesados</b>	<b>32</b>
<b>3.8 Generalidades del Plomo</b>	<b>33</b>
<b>3.9 Plomo en el Medio Ambiente</b>	<b>33</b>
<b>3.10 Contaminación del Agua por Plomo</b>	<b>34</b>
<b>3.11 Plomo en la Salud Humana</b>	<b>35</b>
<b>3.12 Efectos del Plomo en sistemas y órganos humanos</b>	<b>37</b>
<b>3.12.1 Tipos de Intoxicaciones</b>	<b>38</b>
<b>3.12.2 Síntomas más frecuentes por exposición al Plomo</b>	<b>39</b>
<b>3.13 Filtro</b>	<b>39</b>
<b>3.13.1 La Filtración</b>	<b>39</b>
<b>3.13.2 Elementos que intervienen en La Filtración</b>	<b>39</b>

3.13.3 Tipos de Filtros	40
3.13.3.1 Filtros de Gravedad	40
3.13.3.2 Filtros de Presión o de Vacío	40
3.14 Cáscara de <i>Musa sapientum</i> (Banano)	41
3.14.1 La Planta	42
3.14.2 Las Flores	42
3.14.3 El Fruto	43
3.14.4 Composición Química de la cáscara de <i>Musa sapientum</i> (Banano)	44
3.15 Fundamentos de la Adsorción	44
3.15.1 Proceso de Adsorción	45
3.15.2 Tipos de Adsorción	45
3.15.2.1 Adsorción por Intercambio	45
3.15.2.2 Adsorción por Fuerzas de Van der Waals	46
3.15.2.3 Adsorción Química	46
CAPITULO IV	
4.0 DISEÑO METODOLOGICO	48
CAPITULO V	
5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS	58
CAPITULO VI	
6.0 CONCLUSIONES	72
CAPITULO VII	
7.0 RECOMENDACIONES	75
Bibliografía	
Anexos	



## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro N°</b>	<b>Página</b>
1. Tipos de Intoxicación por exposición al Plomo.	37
2. Síntomas más frecuentes por exposición al Plomo.	38

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°</b>	<b>Página</b>
1. Principales contaminantes del Agua.	29
2. Principales metales pesados presentes en Aguas Residuales. Su origen, toxicidad y efectos.	31
3. Resultados obtenidos del Análisis de plomo por absorción atómica de los estándares.	61
4. Resultados obtenidos por Absorción Atómica del Análisis de la solución madre de plomo.	62
5. Resultados obtenidos del Análisis de plomo por Absorción Atómica de los filtrados obtenidos.	63
6. Resultados promedios de las concentraciones de plomo antes y después de filtrar.	65
7. Criterios utilizados en Anova.	68
8. Análisis de varianza Anova utilizando 5.0 gramos y 10.0 gramos.	68
9. Aplicación de criterios de Anova.	70
10. Multiplicación de la concentración final de la solución madre de plomo de 10 µg/mL (ppm) por el factor de dilución.	93
11. Tabla de distribución F de Fisher	94

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura N°</b>	<b>Página</b>
1. Polvo de cáscaras de <i>Musa sapientum</i> (Banano) pesado.	50
2. Filtro diseñado.	58
3. Filtros elaborados a diferentes cantidades de polvo de cáscara de banano <i>Musa sapientum</i> (Banano).	59
4. Filtración de la solución madre de plomo de 10.0 ppm	60
5. Curva de Calibración obtenida del análisis de plomo por Absorción Atómica de Estándares.	62
6. Mapa de ubicación del mercado La Tiendona, lugar de recolección del banano ( <i>Musa sapientum</i> ).	81
7. Modelo de Etiqueta para la Identificación de los filtrados.	82
8. Proceso de cortado, secado y molido de las cáscaras de <i>Musa sapientum</i> (Banano).	84
9. Filtrados en ebullición durante 10 minutos para eliminar impurezas orgánicas.	85
10. Filtrado de las muestras.	85
11. Equipo de Absorción Atómica AA-7000 ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER	86
12. Esquema del procedimiento realizado a la Solución Madre de plomo de 10 µg/mL (ppm).	87
13. Certificado de análisis de los filtrados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.	89
14. Certificado de análisis de los filtrados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica.	90
15. Constancia de Análisis de plomo de los filtrados por Absorción Atómica en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias.	91

**16. Curva de Calibración de estándares obtenida del Análisis de Plomo por Absorción Atómica.**

**92**

## INDICE DE ANEXOS

### Anexo N°

1. Mapa de la ubicación del Mercado La Tiendona.
2. Modelo de La Etiqueta de Identificación para los Filtrados.
3. Preparación de la Solución de Plomo de 10 ppm [10 µg/mL].
4. Tratamiento realizado a las cáscaras de banano (*Musa sapientum*)
5. Pre-tratamiento realizado a los Filtrados: CB5, CB10, CB20 y CB30
6. Equipo de absorción atómica AA 7000 ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER.
7. Esquema del procedimiento realizado a la Solución Madre de plomo de 10 µg/mL (ppm)
8. Certificado de Análisis de los filtrados CB5, CB10, CB20 Y CB30 por Absorción Atómica.
9. Constancia de Análisis de plomo de los filtrados por Absorción Atómica en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas.
10. Curva de Calibración de estándares obtenida del Análisis de Plomo por Absorción Atómica.
11. Dilución realizadas a la Solución Madre de Plomo 10 µg/mL (ppm).
12. Tabla de Distribución F de Fisher.

## **RESUMEN**

## RESUMEN

En El Salvador el plomo se encuentra posiblemente distribuido en el aire, agua y suelo por su utilización en las diferentes industrias y empresas donde fabrican pinturas anticorrosivas, talleres de reparación de radiadores, producción de aditivos para gasolina, entre otras. Debido a la preocupación actual por la contaminación del agua con plomo, se realizó un estudio preliminar de la retención de plomo en agua a partir de cáscaras de ***Musa sapientum*** (banano) utilizadas como filtro. En primer lugar se propuso la elaboración de un filtro a base de polvo de cascara de ***Musa sapientum*** (banano), siguiendo el modelo del filtro diseñado se elaboraron 4 filtros utilizando diferente cantidad de polvo de cascara de ***Musa sapientum*** (banano) para comprobar que cantidad posee mayor capacidad de retención de plomo en agua; se preparó una solución madre de plomo de 10.0 ppm, la cual se hizo pasar por los filtros elaborados utilizando cantidades de 5.0g, 10.0g, 20.0g, 30.0g de ***Musa sapientum*** (banano), una vez obtenidos los filtrados se procedió a cuantificar la cantidad de plomo presente en ellos, utilizando un espectrofotómetro de Absorción Atómica AA-7000 Atomic Absorption a una longitud de onda de 283.3 nm, dicho análisis se llevó a cabo en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador en los meses de mayo a junio del año 2013.

Con los resultados obtenidos en la cuantificación se calculó el porcentaje de retención para cada filtro, siendo 98.92% el mayor porcentaje de retención obtenido para el filtro que contenía 10.0 gramos de cascara de ***Musa sapientum*** (banano), con esto se comprobó que la cáscara de ***Musa sapientum*** (banano) posee capacidad de retención para plomo en agua. Por lo tanto puede ser una alternativa viable para la eliminación del plomo en agua la utilización de un filtro que contenga 10.0 gramos de polvo de cascara de ***Musa sapientum*** (banano).

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCIÓN**



## 1.0 INTRODUCCIÓN

El plomo es un metal que se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente, en yacimientos naturales y debido a su utilización en diferentes industrias. Esto representa un peligro para el medio ambiente ya que el plomo se deposita 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 el plomo del agua son de un precio elevado, tradicionalmente, se han utilizado sulfato de aluminio, poliacrilamida, policloruro de aluminio, pero estas estrategias conllevan efectos secundarios propios potencialmente tóxicos.

De acuerdo a lo anterior con el presente trabajo se determino la retención de plomo en agua a partir de cascaras de *Musa sapientum* (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. Las cascaras de *Musa sapientum* (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.

El trabajo experimental consistió en elaborar un filtro a partir de polvo de cascaras de *Musa sapientum* (Banano), se preparo una solución madre de plomo de 10.0 ppm; posteriormente esta se hizo pasar por el filtro utilizando cantidades de 5.0, 10.0, 20.0, y 30.0 gramos; una vez obtenidos los filtrados se cuantifico la cantidad de plomo presente en ellos utilizando el espectrofotómetro AA-7000 Atomic Absorption Spectrophotometer a una longitud de onda de 283.3 nm.

Para finalizar se comprobó que cantidad de polvo de cascara de ***Musa sapientum*** (Banano) posee mayor capacidad de retención de plomo.

Dicho trabajo experimental se realizo en los meses de abril a julio del presente año en el laboratorio de Bioquímica y Contaminación Ambiental, de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador y en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. La aplicación de esta investigación puede ser una alternativa para el tratamiento de aguas que contengan plomo, así como en un futuro implementarlo en aguas residuales provenientes de industrias.

**CAPITULO II**  
**OBJETIVOS**

## 2.0 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General:

Realizar un estudio preliminar de la retención de plomo en agua a partir de cáscaras de *Musa sapientum* (banano) utilizadas como filtro.

### 2.2 Objetivos Específicos:

2.2.1 Elaborar un filtro a partir de polvo de cáscaras *Musa sapientum* (banano).

2.2.2 Filtrar la solución madre de plomo de 10.0 µg/mL (ppm), utilizando cantidades de 5.0 g, 10.0 g, 20.0 g, y 30.0 g de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (banano).

2.2.3 Cuantificar la cantidad de plomo presente en los filtrados obtenidos utilizando un Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

2.2.4 Comprobar que cantidad de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (banano) posee mayor capacidad de retención de plomo.

**CAPITULO III**  
**MARCO TEORICO**

### 3.0 MARCO TEORICO

#### 3.1 DEFINICIÓN DE AGUA <sup>(3,15)</sup>

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.

#### 3.2 GENERALIDADES DEL AGUA <sup>(3,15)</sup>

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.

### **3.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL AGUA** (3,15)

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  $H_2O$ ; 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  $68^{\circ}C$ , mientras que al nivel del mar este valor sube hasta  $100^{\circ}C$ .

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.

### **3.4 EL USO DEL AGUA EN LA INDUSTRIA <sup>(13)</sup>**

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.

### **3.5 LA CONTAMINACIÓN Y LA DEPURACIÓN DEL AGUA** (7, 15,24).

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.

La Asamblea General de la ONU estableció en el año 2000 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 de 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.

### **3.6 CONTAMINACION DEL AGUA EN EL SALVADOR (22).**

El agua se contamina con los desechos expulsados a lagos, ríos, y mares. En San Salvador 145 Empresas son las únicas que llevan control a sus desechos antes de expulsarlos. Como ya se sabe la contaminación del agua se lleva a cabo desde el momento que se empieza a tirar basura en lugares no debidos y cuando caen las lluvias estos residuos se van acumulando a esas aguas generando un cambio en el color del agua. Luego se generan consecuencias entre las más importantes de ellas se encuentran: la escasez de agua ya que hay tanta agua contaminada que es casi imposible llevar agua potable a las comunidades y municipios. Seguido de esto se encuentran la vida marina ya que peces y crustáceos mueren por el estado del agua, también trae problemas con el turismo en el país.

Pero el más alarmante es que muchas personas están padeciendo de enfermedades gastrointestinales, problemas de hongos en la piel y muchas enfermedades.

**Tabla N° 1 Principales contaminantes del agua. (24)**

<b>Contaminantes</b>	<b>Motivo de su importancia</b>
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
Materia orgánica biodegradable	Compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas, por lo general, se mide en términos de DBO y DQO. Si es descargada sin tratamiento al medio ambiente, su estabilización biológica puede llevar al consumo del Oxígeno natural y al desarrollo de condiciones sépticas.
Microorganismos Patógenos	Los organismos patógenos existentes en las aguas residuales pueden transmitir enfermedades.
Nutrientes	Tanto el Nitrógeno como el Fósforo, junto con el Carbono, son nutrientes esenciales para el crecimiento. Cuando son lanzados en el ambiente acuático, pueden llevar al crecimiento de la vida acuática indeseable. Cuando son lanzados en cantidades excesiva en el suelo, pueden contaminar también el agua subterránea.
Contaminantes importantes	Compuesto orgánicos en inorgánicos seleccionados en función de su conocimiento o sospecha de carcinogenicidad, mutanogenicidad, teratogenicidad o elevada toxicidad. Muchos de estos compuestos se encuentran en las aguas residuales.
Materia orgánica refractaria	Esta materia orgánica tiende a resistir los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales. Ejemplos típicos incluyen detergentes, pesticidas agrícolas, etc.
Metales pesados	Los metales pesados son normalmente adicionados a los residuos de actividades comerciales e industriales, debiendo ser removidos si se va a usar nuevamente el agua residual.
Sólidos inorgánicos disueltos	Componentes inorgánicos como el calcio, sodio y sulfato son adicionados a los sistemas domésticos de abastecimiento de agua, debiendo ser removidos si se va a reutilizar el agua residual.

### **3.7 EL AGUA CONTAMINADA POR METALES PESADOS (3,7,26)**

Las industrias pueden producir el ingreso de las aguas de sustancias altamente tóxicas que contienen metales como: cobre, cinc, 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.

**Tabla N°2 Principales metales pesados presentes en aguas residuales.  
Su origen, toxicidad y efectos. (26)**

<b>Contaminante</b>	<b>Origen</b>	<b>Toxicidad (individuo de 80 kg)</b>	<b>Otros efectos</b>
<b>Plata</b>	Medio geológico, procesado fotográfico, electrodeposición, desinfección del agua		Coloración azul-grisácea en piel, membranas mucosas, ojos
<b>Arsénico</b>	Medio geológico, pesticidas, minería, residuos químicos	Dosis letal 130mg. Acumulativo	Posible cancerígeno en concentraciones menores, inhibe la producción de ATP, coagula proteínas, forma complejos con enzimas.
<b>Cadmio</b>	Medio geológico, minería, electrodeposición, tuberías	Dosis letal 9 Gramos	Reemplaza bioquímicamente al Zn, causa elevada presión en la sangre y problemas renales, destruye el tejido testicular y los glóbulos rojos, tóxico para la biota acuática, afecta a enzimas importantes; acumulativo en hígado, riñón y páncreas
<b>Cobre</b>	Medio geológico, minería, electrodeposición, residuos industriales		Elemento esencial para la hemoglobina. Baja toxicidad para animales (vómitos a elevadas concentraciones), tóxico para plantas y algas a niveles moderados.
<b>Mercurio</b>	Medio geológico, minería, pesticidas		Toxicidad aguda y crónica, especialmente complejos órgano-metálicos, síntomas psicopatológicos
<b>Manganeso</b>	Medio geológico, minería		Elemento esencial, baja toxicidad para animales, tóxico para las plantas a altas concentraciones, mancha materiales

<b>Plomo</b>	Medio geológico, minería, fundiciones, gasolina, tuberías	Veneno acumulativo	Sabor desagradable. Inhibición de la síntesis de hemoglobina. Tóxico (anemia, riñones, sistema nervioso). Posiblemente relacionado con encefalitis a elevadas concentraciones
--------------	---	--------------------	---

### 3.8 GENERALIDADES DEL PLOMO <sup>(25)</sup>

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. 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>).

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.

### **3.9 PLOMO EN EL MEDIO AMBIENTE** (11,26)

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.

### **3.10 CONTAMINACIÓN DEL AGUA POR PLOMO** (26)

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 pirotécnia, 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 microbológica como hongos y bacterias, alterándose los parámetros del suelo para el adecuado y sano uso de las especies vegetales.

### **3.11 PLOMO EN LA SALUD HUMANA** (11,21)

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:

Para población general:

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

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

Para población ocupacionalmente expuesta:

En sangre hasta 0.068 mg/100mL.

Para población en peligro: En sangre hasta 0.076 mg/ 100 mL.

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.

### **3.12 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 si 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.

### 3.12.1 Tipos de intoxicaciones

Los dos tipos de intoxicación a la que nos podemos encontrar expuestos son:

**Cuadro N° 1 Tipos de intoxicación por exposición al Plomo**

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>

### 3.12.2 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 cuadro N° 2.

**Cuadro N° 2 Síntomas más frecuentes por exposición al plomo**

<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>

### **3.13 FILTRO (2,17)**

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

#### **3.13.1 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.

#### **3.13.2 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.

#### **3.13.3 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.

### 3.13.3.1 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.

### 3.13.3.2 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.

## 3.14 CÁSCARA DE *Musa sapientum* (BANANO) <sup>(9,16,18)</sup>

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*, tanto híbridos obtenidos horticulturalmente

a partir de las especies silvestres del género ***Musa acuminata***, ***Musa balbisiana***, ***Musa sapientum***.

Clasificado originalmente por Carlos Linneo como ***Musa paradisiaca*** 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 paradisiaca***.

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.

### 3.14.1 La planta

El banano no es un árbol sino una megafobia, 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.

### **3.14.2 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.

### **3.14.3 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 microbacterias 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%).

#### **3.14.4 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.

### **3.15 FUNDAMENTOS DE ADSORCIÓN** <sup>(2,14)</sup>

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.

#### **3.15.1 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 microporos. 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

### **3.15.2 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.

**3.15.2.1 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 sorbente, 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.

**3.15.2.2 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 interfase. 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.

**3.15.2.3 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 fisisorción de la quimisorción.

**CAPITULO IV**  
**DISEÑO METODOLOGICO**

## 4.0 DISEÑO METODOLOGICO

### 4.1 Tipo de estudio

Prospectivo: La investigación servirá de base para futuras investigaciones.

Experimental: En la investigación se realizaron prácticas de laboratorio, en el Laboratorio de Bioquímica y Contaminación Ambiental en la Facultad de Química y Farmacia y en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas; ambos de la Universidad de El Salvador.

### 4.2 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica se llevó a cabo en:

- Biblioteca "Dr. Benjamín Orozco" Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador. (UES)
- Biblioteca de la Universidad José Matías Delgado.
- Biblioteca de la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. (UCA)
- Internet.

### 4.3 Investigación de Campo

#### Universo y Muestra.

La parte experimental del trabajo de investigación se basa en el diseño de un filtro a base de cáscara de *Musa sapientum* (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 analizo una solución de plomo de 10 µg/mL (ppm), hecha en el laboratorio a partir de Nitrato de Plomo

Pb(NO)<sub>3</sub>, para realizar un estudio preliminar y saber si las cáscaras de *Musa sapientum* (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.

#### 4.4 Parte Experimental

Se desarrolló en 6 etapas las cuales se describen a continuación:

##### **Etapa N° 1: Recolección del *Musa sapientum* (Banano):**

El banano se recolectó durante la segunda semana del mes de mayo de 2013, se seleccionó frutos maduros y en buen estado (Ver Anexo N° 1).

##### **Etapa N° 2: Tratamiento de la cáscara de *Musa sapientum* (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 Anexo N° 4)

##### **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 *Musa sapientum* (Banano). (Ver Figura N° 2). Siguiendo el modelo del filtro diseñado, se elaboraron 4 filtros variando únicamente la cantidad de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano), para posteriormente comprobar que cantidad posee mayor capacidad



de retención para plomo. Se pesaron las siguientes cantidades de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano): 5.0 g, 10.0 g, 20.0 g y 30.0 g, en una balanza analítica utilizando un beaker de 250.0 mL para cada cantidad de polvo de cáscara de banano (*Musa sapientum*), se pesaron las cantidades de 5.0 g, 10.0 g, 20.0 g y 30.0 g (Figura N° 1).



Figura N° 1: Polvo de cáscaras de *Musa sapientum* (Banano) pesadas.

#### **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 *Musa sapientum* (Banano).**

Siguiendo el modelo del filtro diseñado, se elaboraron 4 filtros variando únicamente la cantidad de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano), para posteriormente comprobar que cantidad posee mayor capacidad de retención para plomo.

**- Filtro con 5.0 g de cáscara de *Musa sapientum* (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 *Musa sapientum* (Banano). Identificado como F5.

**- Filtro con 10.0 g de cáscara de *Musa sapientum* (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 *Musa sapientum* (Banano). Identificado como F10.

**- Filtro con 20.0 g de cáscara de *Musa sapientum* (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 *Musa sapientum* (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) <sup>(1)</sup>:**

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 llevar 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 *Musa sapientum* (Banano), se hicieron pasar 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 beakers 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 de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador para su análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica.

**Etapa N° 6: Análisis de los filtrados por espectrofotometría atómica <sup>(1)</sup>:**

Este análisis se llevó a cabo en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El

Salvador. 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 afectarían la lectura y la funcionalidad del equipo. (Ver anexo N° 6) (6)

**- 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 beaker con capacidad de 250.0 mL.
2. Dentro de una cámara de extracción de gases agregar 2.5 mL de HCl concentrado al beaker 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 beaker con capacidad de 250.0 mL.
5. Dentro de una cámara de extracción de gases se agregar 3.75 mL de HCl concentrado al beaker que contiene los 75 mL del filtrado obtenido.
2. Calentar a ebullición la muestra durante 10 minutos, luego filtrar utilizando papel filtro Whatman N° 42.
3. 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 de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas.
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. (Ver Anexo N° 8).

**CAPITULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS**



## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

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



Figura N° 2: 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

Ver figura N° 3.

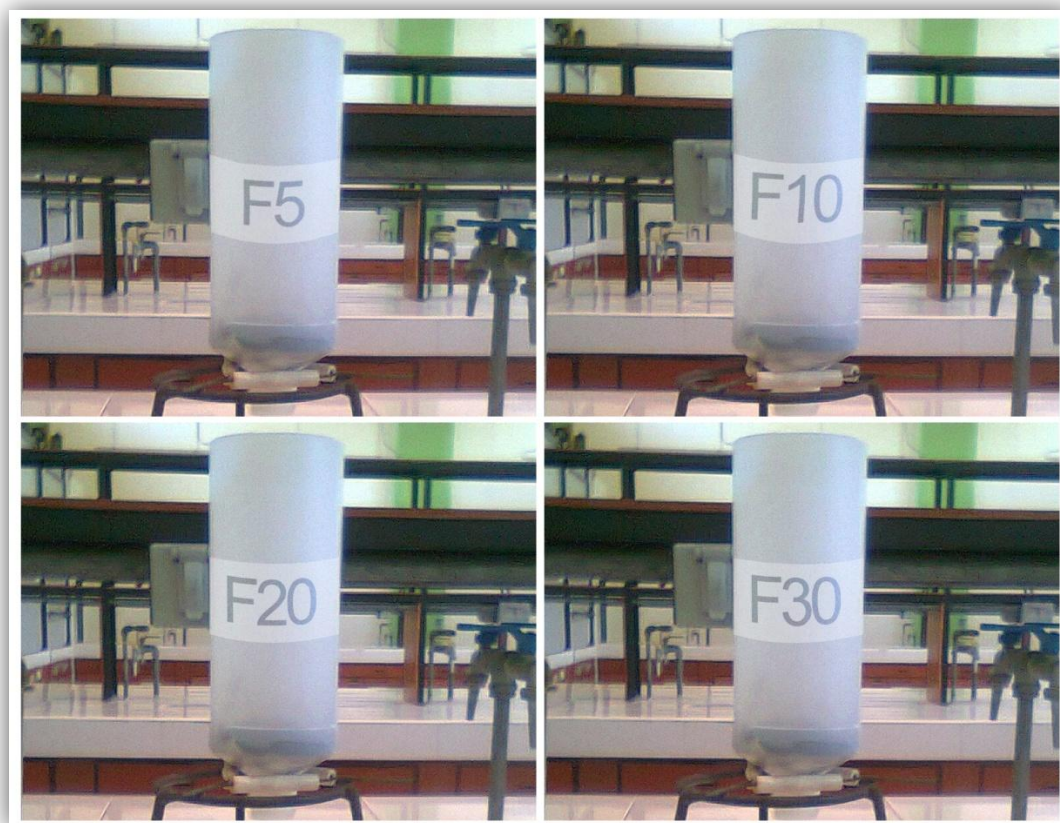


Figura N° 3: Filtros elaborados a diferentes cantidades de cáscara de banano.

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

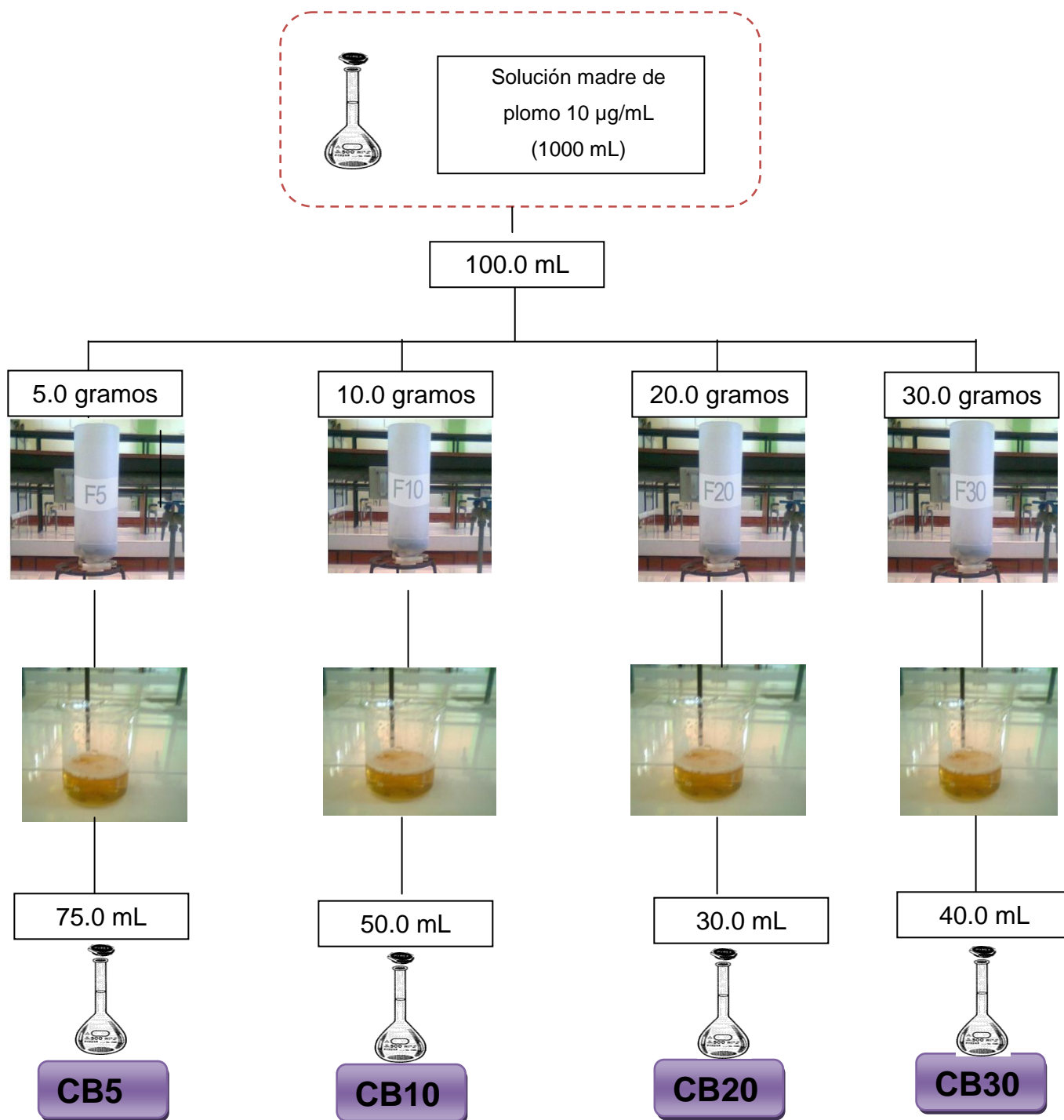


Figura N° 4: Filtración de la solución madre de plomo de 10.0 µg/mL (ppm).

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 de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas. (Ver figura N° 6). 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. (Ver Anexo N° 6, 7 y 8).

**Tabla N° 3: Resultados obtenidos del Análisis de plomo por Absorción Atómica de los estándares.**

Estándar de plomo	Concentración (ppm)	Absorbancia (nm)
0.50 ppm	0.4565	0.0106
1.00 ppm	0.9950	0.0210
2.00 ppm	2.0719	0.0418
5.00 ppm	4.9766	0.0979

### Curva de calibración Absorbancia Vrs. Concentración

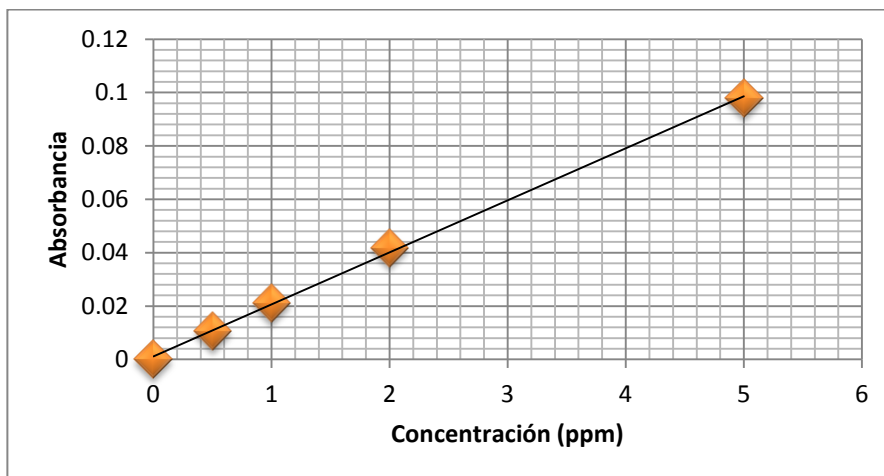


Figura N° 5: Curva de calibración obtenida del Análisis de Plomo por Absorción Atómica de estándares.

Tabla N° 4: Resultados obtenidos del Análisis por Absorción Atómica de la solución madre de plomo 10  $\mu\text{g/mL}$  (ppm). (Ver Anexo N° 11)

	Absorbancia	Concentración de Pb (ppm)	Concentración final de Pb (ppm) multiplicado por Factor de Dilución
<b>Solución Madre de Plomo</b>	0.1040	5.2924	10.5848
	0.1037	5.2769	10.5538
	<b>Promedio: 0.1038</b>	<b>5.2821</b>	<b>10.5693</b>

**Tabla N° 5: Resultados obtenidos del Análisis de plomo por Absorción Atómica de los filtrados obtenidos.**

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

La Tabla N° 4 muestra los resultados obtenidos del análisis de Plomo por Absorción Atómica de la Solución Madre de Plomo de 10 µg/mL (ppm) y los resultados ya multiplicados por su Factor de Dilución (Ver Anexo N° 11).

La Tabla N° 5 muestra los resultados obtenidos del análisis de Plomo por Absorción Atómica para cada uno de los filtrados, se observa que a mayor cantidad de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano) hay mayor retención de plomo en los filtrados.

### **Cálculos para el Porcentaje de Retención de Plomo en los filtrados obtenidos.**

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 formula:

Dif. de Plomo = Conc. Pb i. - 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:

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

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

Porcentaje de Retención

Conc. De Plomo i ----- 100.0%

Dif. de Plomo ----- 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

$$X = 97.93\%$$

**Tabla N° 6: Resultados Promedios de las concentraciones de plomo de los filtrados obtenidos antes y después de filtrar. (Ver Anexo N° 8).**

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	----

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



La tabla N° 6 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 *Musa sapientum* (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 *Musa sapientum* (Banano) secas y pulverizadas utilizadas como filtro son efectivas para eliminar hasta un 98.82 % de plomo presente en el agua.

#### **Análisis de Resultados Obtenidos utilizando ANOVA <sup>(5,8)</sup>**

Para tener mayor respaldo de los datos obtenidos del porcentaje de retención de la cáscara de *Musa sapientum* (Banano) y confirmar que al utilizar 5.0 gramos y 10.0 gramos existe una diferencia de porcentajes de retención se utilizó la distribución F de Fischer o ANOVA. Distribución F de Fisher o ANOVA la cual es una herramienta estadística que sirve para la comparación de diversos conjuntos de resultados.

Por ejemplo cuando se desea analizar una muestra que ha sido sometida a diferentes tratamientos o ha estado almacenada en diferentes condiciones.

Aplicando lo antes mencionado al presente trabajo utilizando ANOVA se pretende comparar si existe una diferencia en la retención de plomo en agua al utilizar diferentes cantidades de cáscara de *Musa sapientum* (Banano).

Para llevar a cabo el análisis de varianza ANOVA se hace uso de las siguientes formulas:

$$SC_{\text{Total}} = \sum x^2 - ((\sum x)^2 / n)$$

Donde:

x: representa cada concentración obtenida en el análisis de absorción atómica para las cantidades de 5.0 y 10.0 gramos de cáscara de *Musa sapientum* (Banano).

n: es el total de concentraciones obtenidas en el análisis de absorción atómica para las cantidades de 5.0 y 10.0 gramos de cáscara de *Musa sapientum* (Banano).

$$SC_{\text{Tratamientos}} = (T_1^2/n_1 + T_2^2/n_2) - ((\sum x)^2 / n)$$

Donde:

T<sub>1</sub>: es el total de las concentraciones obtenidas en el análisis de absorción atómica de la cantidad de 5.0 gramos.

T<sub>2</sub>: es el total de las concentraciones obtenidas en el análisis de absorción atómica de la cantidad de 10.0 gramos.

n<sub>1</sub>: es el número de concentraciones obtenidas en el análisis de absorción atómica para la cantidad de 5.0 gramos.

n<sub>2</sub>: es el número de concentraciones obtenidas en el análisis de absorción atómica para la cantidad de 10.0 gramos.

x: es la suma de T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>.

n: es el total de concentraciones obtenidas en el análisis de absorción atómica para las cantidades de 5.0 y 10.0 gramos de cáscara de *Musa sapientum* (Banano).

Tabla N° 7: Criterios utilizados en ANOVA.

Fuente de Variación	g.l (Grados de Libertad)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Estadístico (F)
Cantidad en gramos de polvo de Cáscara de Banano	K-1	SC <sub>Tratamientos</sub>	SC <sub>Tratamientos</sub> / k-1	
Error	n-k	SC <sub>Error</sub>	SC <sub>Error</sub> / n-k	
Total	n-1	SC <sub>Total</sub>		

Tabla N° 8: Análisis de varianza ANOVA utilizando 5.0 gramos y 10.0 gramos de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano).

Cantidad en gramos de polvo de cascara de <i>Musa sapientum</i> (Banano)				
		Concentración		Concentración
5 0.gramos de cascara de <i>Musa sapientum</i> (Banano)		0.2183	10.0 gramos de cascara de <i>Musa sapientum</i> (Banano)	0.1303
		0.2546		0.0993
		0.2235		0.1200
<b>Total</b>		<b>0.6964</b>		<b>0.3496</b>

Para comprobar si al utilizar diferente cantidad de polvo de cáscara de *Musa sapientum* había una mayor retención o no de plomo en los filtrados se

establecieron dos hipótesis; Hipótesis Nula ( $H_0$ ) y la Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ) en donde:

Hipótesis Alternativa ( $H_1$ ): Las cantidades de 5.0 g y 10.0 g de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano) retienen diferente cantidad de plomo en agua.

Hipótesis Nula ( $H_0$ ): Las cantidades de 5.0 g y 10.0 g de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano) no retienen diferente cantidad de plomo en agua.

Para comprobar las hipótesis se realizaron los cálculos correspondientes utilizando los criterios de la tabla N° 7, como se describe a continuación:

$$SC_{\text{Total}} = \sum x^2 - ((\sum x)^2 / n)$$

$$SC_{\text{Total}} = (0.2183)^2 + (0.2546)^2 + (0.2235)^2 + (0.1303)^2 + (0.0993)^2 + (0.1200)^2 - ((1.046)^2 / 6)$$

$$SC_{\text{Total}} = 0.021314$$

$$SC_{\text{Tratamientos}} = (T_1^2/n_1 + T_2^2/n_2) - ((\sum x)^2 / n)$$

$$SC_{\text{Tratamientos}} = ((0.6964)^2/3 + (0.3496)^2/3) - ((1.046)^2 / 6)$$

$$SC_{\text{Tratamientos}} = 0.020045$$

$$SC_{\text{Error}} = SC_{\text{Total}} - SC_{\text{Tratamientos}}$$

$$SC_{\text{Error}} = 0.021314 - 0.0200045$$

$$SC_{\text{Error}} = 1.268996 \times 10^{-3}$$

Tabla N° 9: Aplicación de criterios de ANOVA

Fuente de Variación	g.l. (Grados de Libertad)	Suma de Cuadrados (SC)	Cuadrados Medios (CM)	Estadística (F)
Cantidad en g de Cáscara de Banano	1 (k-1)	0.020045	0.020045	F = 63.18
Error	4 (n-k)	1.268996x10 <sup>-3</sup>	3.1724x10 <sup>-4</sup>	
Total	5 (n-1)	0.021314		

Se procedió a buscar en la Tabla de Distribución F de Fisher (Ver Anexo N° 12) el valor de  $F_{(0.05,1,4)}$ , utilizando un índice de confianza del 95% y un área del 5% en donde se obtuvo un resultado de  $F > F_{(0.05,1,4)} = 7.71$ .

Por lo que se rechaza la Hipótesis Nula ( $H_0$ ) y se concluye que las cantidades de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano) de 5.0 g y diferente cantidad de plomo en agua.

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES**

## CONCLUSIONES

1. 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.
2. Los pigmentos naturales como los carotenos y xantofilas presentes en las cáscaras de ***Musa sapientum*** (Banano), colorean de amarillo el agua al ser pasada por el filtro.
3. La posible presencia de compuestos orgánicos, como los carbohidratos, en los filtrados obtenidos se les realizó un pre-tratamiento para eliminarlos, pues su presencia podía alterar la funcionalidad del equipo y la lectura de cada uno de los filtrados.
4. Al utilizar 5.0 gramos de cáscara de ***Musa sapientum*** (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.
5. El porcentaje de retención al utilizar 10.0 gramos de cáscara de ***Musa sapientum*** (banano) seca y pulverizada fue de 98.82%, esto refleja que al utilizar una mayor cantidad de polvo de cáscara de ***Musa sapientum*** (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.
6. Debido a que el equipo de Absorción Atómica poseía una sensibilidad de 0.02 ppm, no se pudo determinar el porcentaje de retención para los filtrados en los cuales se utilizaron 20.0 y 30.0 gramos de polvo de cascara de ***Musa sapientum*** (Banano); pues posiblemente la cantidad de plomo presente en los filtrados era menor a dicho valor.

7. En la cuantificación de plomo con el espectrofotómetro de Absorción Atómica observamos que la solución madre de 10.0 ppm antes y después del tratamiento permite determinar que existe una variación significativa de la concentración de plomo que existía al inicio y luego de ser filtrada; esto se debe a la adsorción por intercambio que existe entre la lignina (que se encuentra en la cáscara de *Musa sapientum* (banano) cargada negativamente y el plomo cargado positivamente.
8. En el análisis de varianza ANOVA se comprobó estadísticamente que existe una diferencia en el porcentaje de retención de plomo; con 5.0 y 10.0 gramos de polvo de cáscara de *Musa sapientum* (Banano).



**CAPITULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## 7.0 RECOMENDACIONES

1. Utilizar 10.0 gramos de polvo de cáscara de ***Musa sapientum*** (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.
2. Utilizar un clarificante como el carbón activado para eliminar el color amarillo que la cascara de ***Musa sapientum*** (Banano) le imparte al agua filtrada.
3. Que los filtros a base de cascaras de ***Musa sapientum*** (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.
4. Para la realización de estudios de investigación posteriores utilizar un Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito el cual permite realizar lecturas de bajas concentraciones.
5. En estudios posteriores realizar varios ensayos para determinar el tiempo de vida media de los filtros diseñados a base de cáscara de ***Musa sapientum*** (Banano) seca y pulverizada, y así conocer el tiempo que puede ser utilizado y no perder la capacidad de retención para plomo.
6. En estudios posteriores realizar análisis a la cáscara de ***Musa sapientum*** (Banano) para poder comprobar si la lignina; es la que retiene el plomo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation). 1992. Métodos Normalizados Para El Análisis De Aguas Potables y Residuales. 17ed. Madrid España. Editorial Díaz de Santos, S.A.
2. Calderón R, Encalada C, Jácome M. F, Pineda C. Purificación de Agua a Base de Cascara de Plátano. Quito, Octubre de 2011.
3. Sánchez Bravo, A.; Agua, un Recurso Escaso. Arcibel Editores, España. 2006
4. Castro G. Eliminar Metales Pesados con Cascara de Banana (Plátano). Revista Industrial Engineering Chemistry Research. 2011
5. Chou Y. Análisis Estadístico. 2ª Ed. México D.F: Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V.; 1997.
6. Corporation Shimadzu, SF. Water Analysis And Air Analysis. Section 5. Japanese Industrial Standard JISK-102-1993. Testings Methods For Industrial Waste Water. Environmental Standard Concerning Water Contamination.
7. Crus-Guzmán Alcalá, M.; La Contaminación de Suelos y Aguas. Su Prevención con Nuevas Sustancias Naturales. Editorial Publidisa, España. 2007.

8. Freund, J.E. y Walpole, R.E. (1990). Estadística matemática con aplicaciones. Cuarta Edición. México: Prentice Hall Hispanoamericana.
9. 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.
10. Manahan, E. E.; Introducción a la Química Ambiental, Editorial Reverté S. A, México D.F, 1° Edición. 2007.
11. 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”.
12. Menjivar I. S, Meléndez Ponce A. C, Robles Lara D. J, Ramírez Aguirre M. A. FILTRO PARA AGUA CON METALES PESADOS A PARTIR DE CASCARAS DE BANANA. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. 2011.
13. Ramos Castellanos, P.; Uso Eficiente y Sostenible de Los Recursos Naturales. Universidad Salamanca Ediciones. 1° Edición, España. Enero 2007.
14. Seminario de Química Inorgánica. Santiago de Chile, El Agua. Santiago de Chile: Universidad de Santiago de Chile; 2008.

15. UNESCO/ Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídric Mundo. Año internacional del Agua Dulce. División de Ciencias del A Rue Miollis 75015 Paris, Francia; 2008.
16. Infomusa, La revista Internacional sobre Banano y Plátano. Volumen 9, N° 1. [[http://books.google.com.sv/books?id=pL\\_aAGLIDhoC&pg=PA29&dq=musa+sapientum&hl=es&sa=X&ei=R39cUr0jgZL1BJbQgfAL&ved=0CGQQ6AEwCQ#v=onepage&q=musa%20sapientum&f=false](http://books.google.com.sv/books?id=pL_aAGLIDhoC&pg=PA29&dq=musa+sapientum&hl=es&sa=X&ei=R39cUr0jgZL1BJbQgfAL&ved=0CGQQ6AEwCQ#v=onepage&q=musa%20sapientum&f=false)] [Consultado el 21 de Marzo de 2013]
17. [<http://www.gabito grupos.com/despierta/template.php?nm=1300905392.>] [Consultado el 23 Marzo de 2013]
18. <http://samuraisocialista.blogspot.com/2011/07/eliminar-metales-pesados-con-cascara-de.html>] [Consultado 23 de Marzo de 2013]
19. [<http://mx.noticias.yahoo.com/banana-filtro-agua-20110324-104836-504.html>.] [Consultado el 25 Marzo de 2013]
20. [[http://www.freshplaza.es/news\\_detail.asp?id=49948](http://www.freshplaza.es/news_detail.asp?id=49948)] [Consultado el 25 de Marzo 2013]
21. [[www.saludhoy.com/htm/saludtr/articulo/plomo.html](http://www.saludhoy.com/htm/saludtr/articulo/plomo.html)] [Consultado el 01 de Abril de 2013]
22. [<http://lacontaminacionenelsalvador.blogspot.com/>] [Consultado el 18 de Abril de 2013]

23. [[http://ri.ues.edu.sv/1577/2/13100592\\_Ej.2.pdf](http://ri.ues.edu.sv/1577/2/13100592_Ej.2.pdf)] [Consultado 18 de Abril de 2013]
24. [[http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n\\_h%C3%ADrica](http://es.wikipedia.org/wiki/Contaminaci%C3%B3n_h%C3%ADrica)] [Consultado el 18 de Abril de 2013].
25. [<http://es.wikipedia.org/wiki/Plomo>] [Consultado el 18 de Abril de 2013]
26. [<http://www.slideshare.net/AndreaSalgado/contaminacion-del-agua-por-metales-pesados>] [Consultado el 18 de Abril de 2013]
27. [<http://www.buenastareas.com/ensayos/Agua-Contaminada-De-Metales-Pesados/2449901.html>] [Consultado el 18 de Abril de 2013]

**ANEXOS**





## Anexo N° 2

### Modelo de etiqueta de Identificación para los filtrados.



	<b>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR</b> <b>FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA</b>	
<b>Código de filtrado:</b>		
<b>Fecha de Análisis:</b>		
<b>Lugar de Análisis:</b>		
<b>Analista(s):</b>		

Figura N° 7: Modelo de etiqueta para la identificación de los filtrados

### Anexo N° 3

#### Preparación de la Solución de Plomo de 10 ppm [10 µg/mL].

Peso Molecular de  $\text{PbNO}_3$ : 269.2 g

Peso Molecular de Pb: 207.2g

$$\begin{array}{r} \text{PbNO}_3 \qquad \qquad \text{Pb} \\ 269.2\text{g} \text{ -----} 207.2\text{g} \\ X \text{-----} 0.010\text{g} \\ X = 0.0130\text{g} \end{array}$$

Procedimiento:

1. Pesar 0.0130 gramos de  $\text{PbNO}_3$ ; equivalentes a 0.010 gramos de Pb.
2. Disolver en 10.0 mL de agua destilada y transferir a un balón volumétrico de 1000.0 mL.
3. Aforar con agua destilada.

A continuación se describe el cálculo de la concentración de la solución madre de plomo de 10.0 ppm:

Se pesaron 0.0130g de  $\text{PbNO}_3$ ; equivalentes a 0.010 g de Pb, al llevar esta cantidad a un volumen de 1000.0 mL se obtiene la siguiente concentración:  $1.3 \times 10^{-5}$  g/mL de  $\text{PbNO}_3 \equiv 1.0 \times 10^{-5}$  g/mL de Pb. Posteriormente se realiza la conversión de unidades de gramos a µg de la siguiente manera:

$$\begin{array}{r} 1.3 \text{ gramos} \text{ -----} 10^6 \mu\text{g} \\ 1.0 \times 10^{-5} \text{ g Pb} \text{-----} X \text{ Pb} \\ X = 10 \mu\text{g de Pb} \end{array}$$

#### Anexo N° 4

#### Tratamiento realizado a las cáscaras de banano (*Musa sapientum*)



Figura N° 8: Proceso de cortado, secado y molido de las cáscaras de *Musa sapientum* (Banano).

## Anexo N° 5

### Pre-tratamiento realizado a los filtrados CB5, CB10, CB20 y CB30



Figura N° 9: Filtrados en ebullición durante 10 minutos para eliminar impurezas orgánicas.



Figura N° 10: Filtrado de las muestras.

**Anexo N° 6**

**Equipo de Absorción Atómica AA-7000 ATOMIC ABSORPTION  
SPECTROPHOTOMETER**



**Figura N° 11: Equipo de Absorción Atómica AA-7000 ATOMIC  
ABSORPTION SPECTROPHOTOMETER**

### Anexo N° 7

Esquema del procedimiento realizado a la Solución Madre de plomo de 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  (ppm)

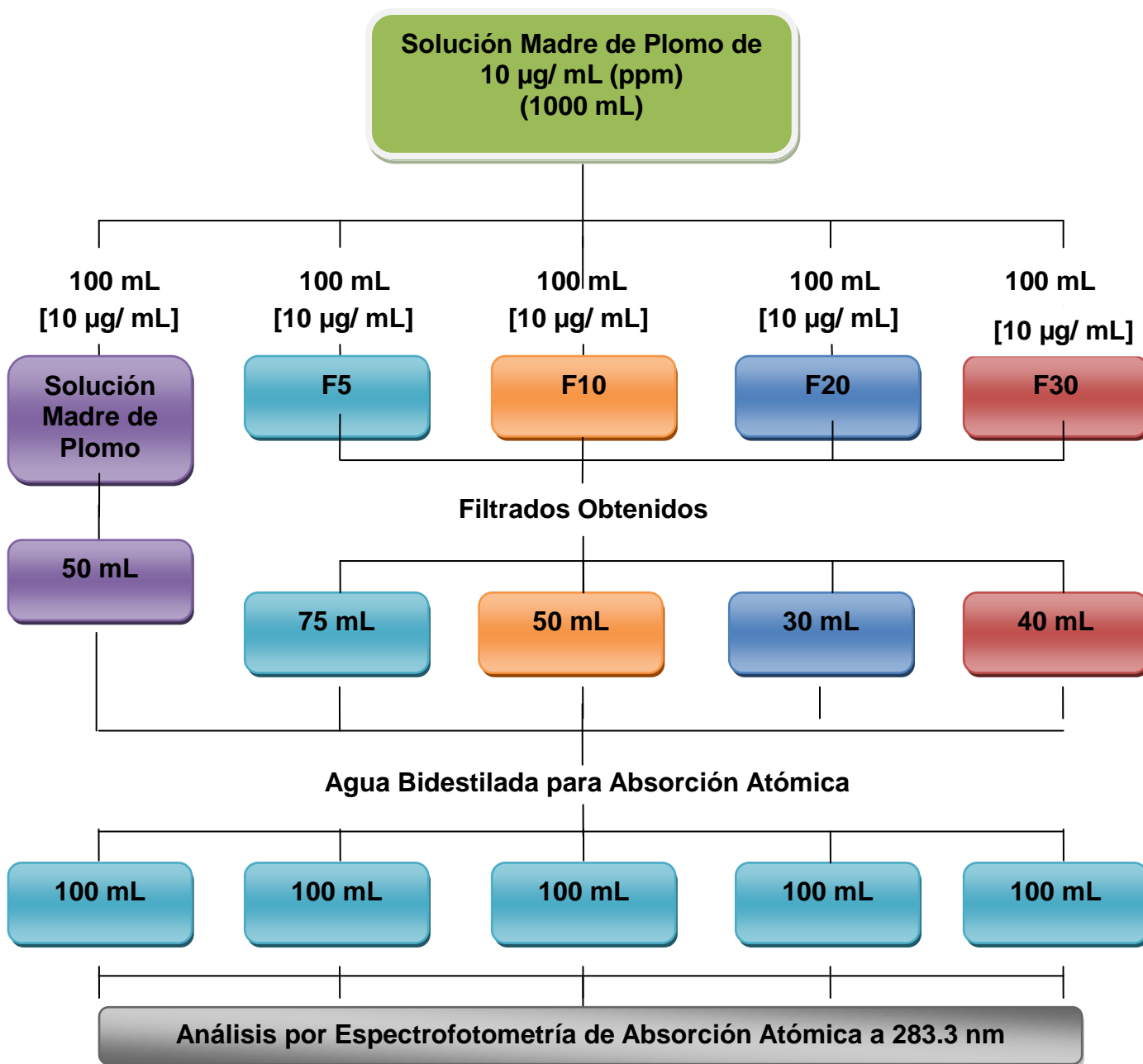


Figura N° 12: Esquema del procedimiento realizado a la Solución Madre de plomo de 10  $\mu\text{g}/\text{mL}$  (ppm)

**Anexo N° 8**  
**Resultados de Análisis de los filtrados CB5, CB10, CB20 Y CB30 por**  
**Absorción Atómica.**

A continuación en las figuras N° 15 y N° 16 se presentan los resultados de las lecturas obtenidas en el espectrofotómetro de Absorción Atómica de los filtrados CB5, CB10, CB20 Y CB30.

En la figura N° 16, los números correlativos 1, 2 y 3 representan al blanco, compuesto por agua bidestilada; del número correlativo 4 hasta el correlativo 15 se muestran las lecturas de los estándares de la curva de calibración. Para cada estándar la lectura se realizó por duplicado, el valor en negrita representa la media de las dos lecturas.

Del correlativo N° 16 hasta el correlativo N° 34 se muestran las lecturas de los filtrados, para los filtrados se realizó la lectura por triplicado, el valor en negrita representa la media de las tres lecturas obtenidas. Además también se presentan los porcentajes de RSD, el cual nos indica que si se encuentra por debajo del 5%, los valores de las lecturas obtenidas no se encuentran dispersos.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA

Ciudad Universitaria, 13 de junio de 2013.

Resultado de Análisis

Usuario: Ana Alvarado, Denise Gómez  
Fecha de Ingreso: 12 de junio de 2013.  
Tipo de Muestra: Agua  
Procedencia: Facultad de Química y Farmacia  
Análisis solicitados: Plomo

MUESTRA	CORRELATIVO	IDENTIFICACIÓN	RESULTADO
CB10	54	Cáscara 10g	0.25 ppm
CB20	55	Cáscara 20g	<0.2 ppm.
CB30	56	Cáscara 30g	<0.2 ppm
CB5	57	Cáscara 5g	0.29 ppm
S/N MADRE DE PLOMO	58	Patrón de trabajo	10.56 ppm.

Analista: Lic. Freddy Alexander Carranza Estrada.

Aterramente,

  
"LIBERTAD POR LA CULTURA"  
  
Ing. Agr. Oscar Mauricio Carrillo Turcios  
Jefe del Departamento de Química Agrícola



Figura N° 13: Certificado de análisis de los filtrados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica



	Action	Sample ID	Conc. (ppm)	Abs.	%RSD	Date	Time
1	BLK-1			-0.0021		12/06/2013	03:27:51 p.m.(
2	BLK-2			-0.0019		12/06/2013	03:28:16 p.m.(
3	<b>BLK-AV</b>			<b>-0.0020</b>	<b>7.07</b>	<b>12/06/2013</b>	<b>03:27:51 p.m.</b>
4	STD-1		0.4462	0.0104		12/06/2013	03:28:57 p.m.(
5	STD-2		0.4720	0.0109		12/06/2013	03:29:24 p.m.(
6	<b>STD-AV</b>		<b>0.4565</b>	<b>0.0106</b>	<b>3.32</b>	<b>12/06/2013</b>	<b>03:28:57 p.m.</b>
7	STD-1		1.0157	0.0214		12/06/2013	03:30:34 p.m.(
8	STD-2		0.9794	0.0207		12/06/2013	03:31:09 p.m.(
9	<b>STD-AV</b>		<b>0.9950</b>	<b>0.0210</b>	<b>2.35</b>	<b>12/06/2013</b>	<b>03:30:34 p.m.</b>
10	STD-1		2.1082	0.0425		12/06/2013	03:32:34 p.m.(
11	STD-2		2.0305	0.0410		12/06/2013	03:33:03 p.m.(
12	<b>STD-AV</b>		<b>2.0719</b>	<b>0.0418</b>	<b>2.54</b>	<b>12/06/2013</b>	<b>03:32:34 p.m.</b>
13	STD-1		4.9662	0.0977		12/06/2013	03:34:19 p.m.(
14	STD-2		4.9869	0.0981		12/06/2013	03:34:33 p.m.(
15	<b>STD-AV</b>		<b>4.9766</b>	<b>0.0979</b>	<b>0.29</b>	<b>12/06/2013</b>	<b>03:34:19 p.m.</b>
16	UNK1-1	Sdt Trabajo	5.2924	0.1040		12/06/2013	03:35:29 p.m.(
17	UNK1-2	Sdt Trabajo	5.2769	0.1037		12/06/2013	03:35:48 p.m.(
18	<b>UNK1-AV</b>	<b>Sdt Trabajo</b>	<b>5.2821</b>	<b>0.1038</b>	<b>0.20</b>	<b>12/06/2013</b>	<b>03:35:29 p.m.</b>
19	UNK2-1	5 g	0.2183	0.0060		12/06/2013	03:36:40 p.m.(
20	UNK2-2	5 g	0.2546	0.0067		12/06/2013	03:37:00 p.m.(
21	UNK2-3	5 g	0.2235	0.0061		12/06/2013	03:37:23 p.m.(
22	<b>UNK2-AV</b>	<b>5 g</b>	<b>0.2183</b>	<b>0.0060</b>	<b>1.17</b>	<b>12/06/2013</b>	<b>03:36:40 p.m.</b>
23	UNK3-1	10 g	0.1303	0.0043		12/06/2013	03:38:18 p.m.(
24	UNK3-2	10 g	0.0993	0.0037		12/06/2013	03:38:44 p.m.(
25	UNK3-3	10 g	0.1200	0.0041		12/06/2013	03:39:03 p.m.(
26	<b>UNK3-AV</b>	<b>10 g</b>	<b>0.1251</b>	<b>0.0042</b>	<b>3.37</b>	<b>12/06/2013</b>	<b>03:38:18 p.m.</b>
27	UNK4-1	20 g	-0.1027	-0.0002		12/06/2013	03:40:05 p.m.(
28	UNK4-2	20 g	-0.1079	-0.0003		12/06/2013	03:40:28 p.m.(
29	UNK4-3	20 g	-0.1079	-0.0003		12/06/2013	03:40:48 p.m.(
30	<b>UNK4-AV</b>	<b>20 g</b>	<b>-0.1079</b>	<b>-0.0003</b>	<b>0.00</b>	<b>12/06/2013</b>	<b>03:40:28 p.m.</b>
31	UNK5-1	30 g	-0.0664	0.0005		12/06/2013	03:42:12 p.m.(
32	UNK5-2	30 g	-0.0975	-0.0001		12/06/2013	03:43:04 p.m.(
33	UNK5-3	30 g	-0.1079	-0.0003		12/06/2013	03:43:58 p.m.(
34	<b>UNK5-AV</b>	<b>30 g</b>	<b>-0.1027</b>	<b>-0.0002</b>	<b>70.71</b>	<b>12/06/2013</b>	<b>03:43:04 p.m.</b>

Figura N° 14: Certificado de análisis de los filtrados en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica

**Anexo N° 9**  
**Constancia de Análisis de plomo de los filtrados por Absorción Atómica**  
**en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias**  
**Agronómicas.**



	<p>UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS DEPARTAMENTO DE QUIMICA AGRICOLA</p>	
---	---	---

**A QUIEN INTERESE:**

Por medio de la presente hago constar que en el Laboratorio del Departamento de Química Agrícola, de la Facultad de Ciencias Agronómicas se analizaron las muestras de agua No. Correlativo de ingreso al laboratorio 54, 55, 56, y 57, y la solución madre de plomo con No. correlativo 58; desarrollándoseles la determinación de plomo (Pb), por medio de método de Espectrofotometría de Absorción Atómica; en el cual estuvieron presente las Bachilleres: Ana María Alvarado Chávez y Denise Elizabeth Gómez Díaz.

Y para los usos que las interesadas estimen conveniente, se firma la presente a los veintisiete días del mes de agosto de dos mil trece.

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"

Ing. Agr. Oscar Mauricio Camillo Turcios  
Jefe del Departamento de Química Agrícola

Figura N° 15: Constancia de Análisis de plomo de los filtrados por Absorción Atómica en el Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

## Anexo N° 10

### Curva de Calibración de estándares obtenida del Análisis de Plomo por Absorción Atómica

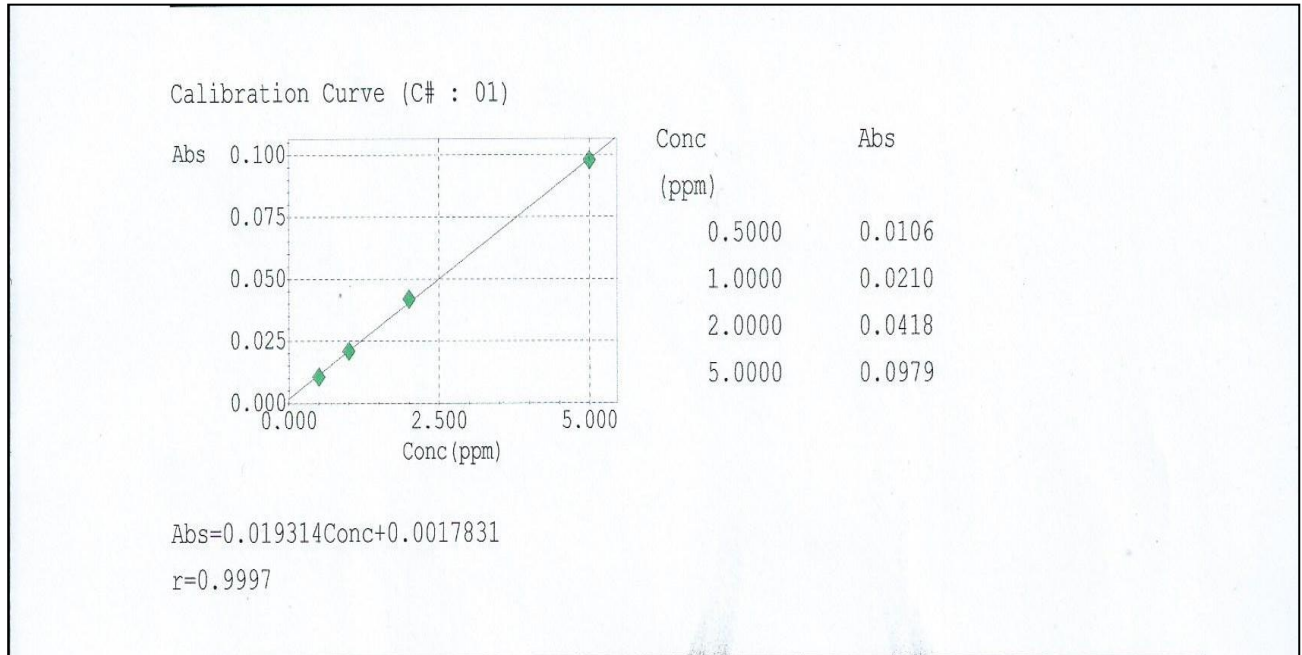


Figura N° 16: Curva de Calibración de estándares obtenida del Análisis de Plomo por Absorción Atómica

## Anexo N° 11

### Dilución realizadas a la Solución Madre de Plomo 10 µg/mL (ppm).

#### Dilución de la Solución Madre de Plomo 10 µg/mL (ppm):

50 mL Soln Madre de Plomo 10 ppm —————> 100 mL (Agua Bidestilada para Absorción Atómica)

Factor de Dilución:

\_\_\_\_\_

Se multiplica por el factor de dilución cada uno de los resultados de concentración obtenidos en el análisis por Absorción Atómica de la solución madre de plomo de 10 µg/mL (ppm):

**Tabla N° 10: Multiplicación de la concentración final de la solución madre de plomo de 10 µg/mL (ppm) por el factor de dilución.**

Concentración de Pb (ppm)	Concentración final de Pb (ppm) multiplicado por el Factor de Dilución
5.2924	10.5848
5.2769	10.5538
<b>5.2821</b>	<b>10.5693</b>


Ejemplo:

$$5.2924 \text{ ppm} \times 2 = 10.5848 \text{ ppm}$$

## Anexo N° 12

### Tabla de Distribución F de Fisher

Tabla N° 11: Tabla de distribución F de Fisher



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