

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ABSORCIÓN DEL  
HELIANTHUS ANNUUS, COMO AGENTE FITORREMIADOR DE  
SUELOS CONTAMINADOS CON PLOMO”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

**PEÑA ALVAREZ, IVONNE MARGARITA**

**Villa El Salvador**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi hijo, Missael

Por ser el motor que mueve cada una de mis decisiones y por ser mi compañero durante todo el proceso.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Ernestina y Luis

Por educarme en valores e invertir en la buena formación académica que me dieron.

A mi esposo Edwin

Por seguir apoyando en mi formación superior.

A mis docentes

Por los conocimientos compartidos.

A la asistente del laboratorio de la UNTELS, Jenny Benites

Por permitirme usar las instalaciones.

A todos los que fueron parte de este proyecto.

## RESUMEN

El presente trabajo se basó en comprobar la capacidad de absorción del *helianthus annuus*, frente al plomo; para así verificar su eficacia como agente fitorremediador de suelos contaminados con dicho metal pesado.

Este trabajo comprende un desarrollo progresivo que inicia desde la revisión bibliográfica hasta el procedimiento post-experimento que ha sido terciarizado al laboratorio especializado R-LAB S.A.C., quienes se encargarán de analizar el contenido de plomo absorbido por las plantas y el residual que queda en el suelo después de la remediación, mediante absorción de espectrofotometría atómica.

Para la realización del trabajo: Se separará tierra de siembra en 2 recipientes, los cuales tendrán los suelos contaminados con 700 mg/kg y 1200 mg/kg de plomo respectivamente. Se seleccionarán plántulas de girasol de características similares para ser trasplantadas a los 2 recipientes. Aproximadamente 6 semanas después serán llevadas las plantas y muestras de tierra al laboratorio para su análisis.

El resultado de la investigación comprueba que el *helianthus annuus* es eficaz fitorremediador de suelos contaminados con plomo.

*Palabras clave:* *helianthus annuus*, agente fitorremediador, plomo, absorción de espectrofotometría atómica

## **ABSTRACT**

The present work was based on checking the absorption capacity of *helianthus annuus*, against lead; in order to verify its effectiveness as a phytoremediating agent for soils contaminated with this heavy metal.

This work includes a progressive development that starts from the bibliographic review to the post-experiment procedure that has been outsourced to the specialized laboratory R-LAB SAC, who will be responsible for analyzing the content of lead absorbed by the plants and the residual that remains in the soil after remediation.

To carry out the work: Sowing soil will be separated into 2 containers, which will have contaminated soils with 700 mg / kg and 1200 mg / kg of lead respectively. Sunflower seedlings of similar characteristics will be selected to be transplanted to the 2 recipients. Approximately 6 weeks later the plants and soil samples will be taken to the laboratory for analysis.

The result of the research proves that *helianthus annuus* is effective phytoremediator of soil contaminated with lead.

Key words: *helianthus annuus*, phytoremediator, lead, absorption of atomic spectrophotometry

## ÍNDICE

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
RESUMEN .....	iv
ABSTRACT .....	v
ÍNDICE.....	vi
LISTADO DE FIGURAS .....	viii
LISTADO DE TABLAS .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	x
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>11</b>
<b>1.1 Descripción de la Realidad Problemática .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2 Justificación del Problema.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3 Delimitación del proyecto.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.1 Teórica.....</b>	<b>12</b>
<b>1.3.2 Temporal.....</b>	<b>15</b>
<b>1.3.3 Espacial.....</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Formulación del Problema .....</b>	<b>15</b>
<b>1.4.1 Problema General .....</b>	<b>15</b>
<b>1.4.2 Problemas específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>1.5 Objetivos .....</b>	<b>16</b>
<b>1.5.1 Objetivo General.....</b>	<b>16</b>
<b>1.5.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1 Antecedentes.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.1 Antecedentes Internacionales .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1.2 Antecedentes Nacionales .....</b>	<b>18</b>

<b>2.2. Bases Teóricas .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. Definición de términos básicos.....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.1. Metales pesados en el ambiente .....</b>	<b>20</b>
<b>2.3.2. Efectos de los metales pesados en el suelo.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.3. Movilización de metales pesados en el suelo.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.4. Plomo.....</b>	<b>22</b>
<b>2.3.5. Toxicocinética del Plomo .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3.6. Fisiopatología de la intoxicación por plomo .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.7. Manifestaciones clínicas de la intoxicación por plomo .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.8. Fitorremediación.....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.9. Helianthus annuus .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.10. Clasificación botánica del helianthus annuus .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.11. Morfología del helianthus annuus .....</b>	<b>31</b>
<b>2.3.12. Preparación del terreno para la siembra del helianthus annuus ...</b>	<b>32</b>
<b>2.3.13. Siembra y tiempo de siembra .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.14. Riego.....</b>	<b>33</b>
<b>Capitulo III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL ..</b>	<b>34</b>
<b>3.1 Modelo de solución propuesto.....</b>	<b>34</b>
<b>3.1.1 Materiales, Insumos y Equipos .....</b>	<b>34</b>
<b>3.1.2 Procedimiento experimental.....</b>	<b>37</b>
<b>3.1.3 Limitaciones.....</b>	<b>39</b>
<b>3.1.4 Cronograma .....</b>	<b>40</b>
<b>3.1.5 Presupuesto .....</b>	<b>41</b>
<b>3.2 Resultados.....</b>	<b>42</b>
<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>48</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>49</b>

<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	50
<b>ANEXO 1: ECA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO</b> .....	52
<b>ANEXO 2: COTIZACIÓN DE ANÁLISIS POST- EXPERIMENTO</b> .....	53
<b>ANEXO 3: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO</b> .....	55
<b>ANEXO 4: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PLANTA</b> .....	57

### **LISTADO DE FIGURAS**

<b>Figura 1: Metales pesados</b> .....	21
<b>Figura 2: El plomo</b> .....	23
<b>Figura 3: Modelo de distribución de plomo</b> .....	25
<b>Figura 4: Modelo metabólico del plomo en el ser humano</b> .....	26
<b>Figura 5: Manifestaciones clínicas de la intoxicación con Plomo</b> .....	27
<b>Figura 6: Manifestaciones de la intoxicación por plomo según concentración sanguínea (mcg de Pb/dL)</b> .....	28
<b>Figura 7: Esquema de descontaminación por fitorremediación</b> .....	29
<b>Figura 8: Helianthus annuus (girasol)</b> .....	32
<b>Figura 9: Guantes quirúrgicos</b> .....	35
<b>Figura 10: Vasos de tecnopor</b> .....	35
<b>Figura 11: Acetato de plomo</b> .....	35
<b>Figura 12: Tierra de siembra</b> .....	35
<b>Figura 13: Recipientes</b> .....	36
<b>Figura 14: Balanza manual</b> .....	36
<b>Figura 15: Calculadora</b> .....	36
<b>Figura 16: Balanza</b> .....	36
<b>Figura 17: Balanza analítica</b> .....	37
<b>Figura 18: Vasos de tecnopor con 2 semillas cada uno</b> .....	37
<b>Figura 19: Recipientes con suelo contaminado</b> .....	39
<b>Figura 20: Muestras con suelo contaminado con 700 mg/kg de plomo</b> .....	42
<b>Figura 21: Acercamiento de la hoja</b> .....	43

<b>Figura 22: Planta en suelo contaminado con 1200 mg/kg de plomo .....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 23: Acercamiento de la hoja .....</b>	<b>44</b>

## **LISTADO DE TABLAS**

<b>Tabla 1: 2008-2017 Producción mundial de plomo .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 2: 2008-2017 Producción Nacional de plomo (TMF) .....</b>	<b>13</b>
<b>Tabla 3: 2008-2017 Producción nacional de plomo por regiones .....</b>	<b>14</b>
<b>Tabla 4: Cronograma del proyecto .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 5: Presupuesto del proyecto .....</b>	<b>41</b>
<b>Tabla 6: Resultados del análisis de plomo resultante en suelo .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 7: Resultados del análisis de plomo en la planta .....</b>	<b>46</b>

## INTRODUCCIÓN

Este trabajo surge de la necesidad de encontrar formas de remediar la contaminación del medio ambiente producido por metales pesados, en este caso particular del suelo. Las empresas mineras durante su proceso de explotación contaminan el suelo, se han encontrado muchos puntos de contaminación en suelos agrícolas aledaños que superan los ECAs de suelo con respecto a distintos metales, este trabajo se centró en reducir el plomo de un suelo contaminado mediante la fitorremediación, de comprobarse la eficacia esto podrá ser usado a gran escala en donde se necesite.

En el capítulo I se revisa la situación problemática, se justifica el trabajo, se dan datos estadísticos reales sobre la producción de plomo del país, se determina el problema y los objetivos.

En el capítulo II se hace la revisión bibliográfica, se revisan trabajos realizados con anterioridad que tengan relación con el trabajo a desarrollar, se conceptualizan los términos básicos.

En el capítulo III se desarrolla la metodología aplicada, el procedimiento exacto y finalmente los resultados obtenidos tanto de manera física – cualitativa como de manera cuantitativa – experimental.

## CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la Realidad Problemática

En los ecosistemas andinos situados por encima de los 3300 m de altitud se forman las cabeceras de las cuencas de las Vertientes Occidental y Oriental de los Andes, aquí podemos encontrar praderas de pastizales, parches de bosques y matorrales, muchos de ellos amenazados por la minería y actividades asociadas. (Jara Peña & al., 2014)

Las actividades mineras depositan sus residuos que contienen metales pesados en la superficie del entorno minero causando la contaminación y degradación del suelo (Lur Epelde, Becerril, & Garbisu, 2009).

Los metales pesados son un conjunto de elementos que presentan como característica común su elevada densidad. La presencia de metales pesados como Cadmio o Plomo, puede llegar a limitar el crecimiento vegetal y/o ser tóxicos para las plantas, animales y seres humanos. (Jara Peña & al., 2014)

Además, incluso elevadas concentraciones de elementos esenciales pueden causar efectos negativos sobre los seres vivos.

Sin embargo, en la actualidad existen distintas plantas que han desarrollado los mecanismos fisiológicos para resistir, tolerar y sobrevivir en suelos degradados por actividades mineras. Estas especies pueden absorber los metales pesados y acumularlos activamente en su biomasa aérea. Algunas plantas como el *helianthus annuus* (girasol) absorben con su raíz estos metales pesados, fitorremediando así este suelo contaminado. (Jara Peña & al., 2014)

## **1.2 Justificación del Problema**

Esta investigación pretende determinar la capacidad de absorción del *helianthus annuus* (girasol) frente a suelos contaminados con altas concentraciones de plomo; para así conocer la eficacia del girasol como planta fitorremediadora en los diferentes suelos contaminados.

Con el uso de la fitorremediación, enfocado a la extracción de metales pesados, en este caso particularmente plomo, contenidos en el suelo, es posible devolver la productividad de un suelo, aumentando su valor.

De la misma manera se presentan beneficios a los habitantes de sus alrededores, como al medio ambiente

En ese fin radica la importancia de esta investigación, en el Perú los focos de contaminación por plomo van en aumento y es urgente buscar formas de remediación naturales.

## **1.3 Delimitación del proyecto**

### **1.3.1 Teórica**

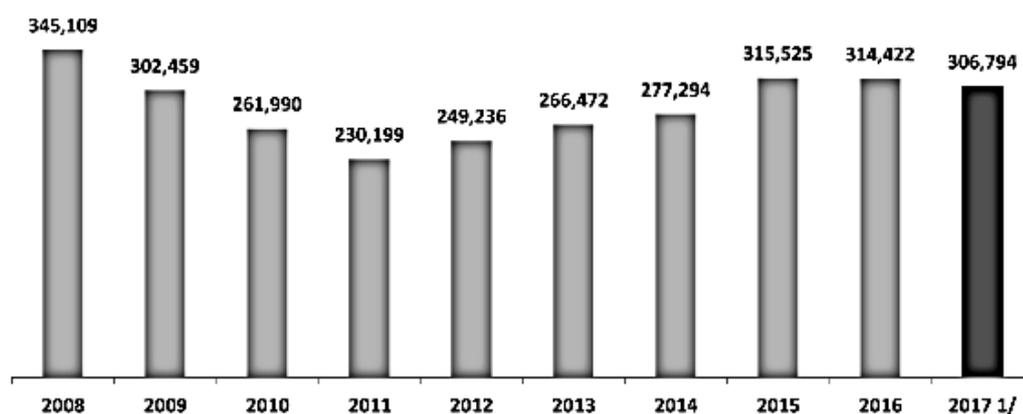
La producción mundial minera de plomo es de aproximadamente 3.000.000 ton/año; en América Latina se produce el 14% de este total, siendo los más importantes productores Perú (300.600 ton/año promedio) y México (141.261 ton/año promedio). La tendencia al incremento en la producción y el consumo de plomo en América Latina ha aumentado el riesgo de exposición y de daños en la salud de la población. (MINEM, 2017)

PAÍS	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 <sup>1/</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>3,877</b>	<b>3,855</b>	<b>4,148</b>	<b>4,753</b>	<b>5,079</b>	<b>5,433</b>	<b>5,439</b>	<b>4,952</b>	<b>4,712</b>	<b>4,710</b>
CHINA	1,500	1,600	1,850	2,400	2,610	2,850	2,800	2,335	2,340	2,400
AUSTRALIA	645	566	625	621	622	711	728	652	453	450
ESTADOS UNIDOS	410	406	369	342	345	340	379	367	346	313
<b>PERÚ</b>	<b>345</b>	<b>302</b>	<b>262</b>	<b>230</b>	<b>249</b>	<b>266</b>	<b>277</b>	<b>316</b>	<b>314</b>	<b>307</b>
RUSIA	60	70	97	95	196	223	225	225	250	250
MÉXICO	101	144	192	224	210	210	250	254	232	230
INDIA	87	92	97	88	103	106	106	136	147	150
SUECIA	60	69	68	62	64	60	71	76	79	80
BOLIVIA	82	85	73	100	79	82	94	82	75	70
TURQUÍA	25	26	23	40	56	78	65	74	76	70
OTROS	562	495	493	551	545	507	443	436	400	390

**Tabla 1: 2008-2017 Producción mundial de plomo**

Fuente: Ministerio de Energía y Minas/ANUARIO MINERO 2017

(MINEM, 2017). No obstante, Perú permanece en el cuarto lugar como productor mundial de plomo (con un aporte del 6.5% del total), y mantiene el primer lugar en Latinoamérica.



**Tabla 2: 2008-2017 Producción Nacional de plomo (TMF)**

Fuente: Ministerio de Energía y Minas/ANUARIO MINERO 2017

(MINEM, 2017) A nivel regional, Pasco se ubica nuevamente en el primer lugar como región líder en la producción de plomo (94,886 TMF), con una participación del 30.9% de la producción nacional de dicho metal en el 2017, siendo que la producción en dicha región se incrementó en 8.5% en comparación al 2016. Le siguen Lima con una participación de 17.4% (53,432 TMF) del total y Junín con una participación del 14% (43,079 TMF) que se posicionan en el segundo y tercer lugar, respectivamente. En conjunto, estas tres regiones representan el 62.4% de la producción nacional de plomo.

2008-2017: PRODUCCIÓN NACIONAL DE PLOMO POR REGIONES (TMF)

REGIÓN	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 <sup>u</sup>
TOTAL	345,109	302,459	261,990	230,199	249,236	266,472	277,294	315,525	314,422	306,794
PASCO	164,843	127,720	94,396	83,083	91,962	89,989	73,117	94,528	87,416	94,886
LIMA	50,476	41,413	48,551	44,661	40,457	46,737	69,979	69,969	60,110	53,432
JUNÍN	44,765	36,210	35,186	35,079	46,127	46,706	43,238	46,676	51,261	43,079
ÁNCASH	27,569	36,086	27,096	21,231	20,424	21,440	21,328	20,982	29,812	39,368
HUÁNUCO	13,864	12,750	14,259	11,835	12,176	11,034	12,188	21,477	24,130	21,387
AREQUIPA	8,771	13,808	12,528	10,071	9,638	10,783	8,983	13,485	18,415	20,090
ICA	9,497	8,425	7,952	9,240	9,759	15,259	16,685	17,684	18,307	17,058
HUANCAVELICA	13,228	14,872	10,919	6,381	7,198	11,766	17,090	15,489	14,611	10,771
AYACUCHO	6,972	5,411	5,583	4,147	7,669	8,868	11,346	10,418	7,884	4,479
PUNO	1,931	2,088	2,184	1,779	1,682	1,568	1,532	2,715	1,333	1,648
LALIBERTAD	3,193	3,676	3,336	2,686	2,121	2,123	1,631	1,147	1,133	583
CUSCO	-	-	-	5	22	200	178	954	8	12

**Tabla 3:2008-2017 Producción nacional de plomo por regiones**

Fuente: Ministerio de Energía y Minas/ANUARIO MINERO 2017

En el Perú la contaminación de suelo con plomo por parte de las actividades mineras afecta a diversas zonas agrícolas del país, generando una necesidad de contrarrestar esta contaminación y recuperar el suelo agrícola, una forma sería el uso de la fitorremediación.

La fitorremediación es la captación de metales contaminantes por las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas, Las plantas seleccionadas se pueden utilizar para extraer los metales de suelo, de agua y de sedimentos. El *helianthus annuus* (girasol) es reportado por su

capacidad de acumular metales, es ese el motivo de haber seleccionado esta planta para el proyecto.

### **1.3.2 Temporal**

El proyecto tendrá una duración de 3 meses entre la tercera semana de febrero y tercera semana de mayo del año 2019, desde el desarrollo del plan de trabajo hasta el análisis de los resultados.

### **1.3.3 Espacial**

El proyecto será desarrollado en el sector 3 – grupo 29 – manzana J – lote 5 – Villa el Salvador.

Los análisis post – experimento serán realizados en el laboratorio R LAB SAC

## **1.4 Formulación del Problema**

### **1.4.1 Problema General**

- ¿Será el *helianthus annuus* un eficaz agente fitorremediador de suelos contaminados con plomo?

### **1.4.2 Problemas específicos**

- ¿Cuánto plomo reduce el *helianthus annuus* de un suelo contaminado con plomo?
- ¿El *helianthus annuus* puede desarrollarse con normalidad en suelos contaminados con hasta 1200 mg/kg de plomo?

## 1.5 Objetivos

### 1.5.1 Objetivo General

- Evaluar la capacidad de absorción del *helianthus annuus*, como agente fitorremediador de suelos contaminados con plomo.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Determinar la cantidad de plomo que reduce el *helianthus annuus* de un suelo contaminado con plomo.
- Determinar si el *helianthus annuus* puede desarrollarse con normalidad en suelos contaminados con hasta 1200 mg/kg de plomo.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

Aquí se presentan varios proyectos efectuados en los últimos años, cada uno con aportes valiosos para la investigación, que serán tomados en cuenta para nuestros procedimientos y como base teórica en nuestro trabajo.

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

- Proyecto: “Germinación del girasol silvestre (*Helianthus annuus* L), en presencia de diferentes concentraciones de metales”:

(Gutiérrez Espinoza & et al, 2011) Concluyó que “El girasol pudo germinar a más altas concentraciones de Pb, ello comparado con las reportadas para otras especies. Esto indica que no sólo los individuos adultos de girasol pueden tolerar la contaminación por metales pesados”

- El trabajo “Efectos de la contaminación del metal en el crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L.) y en la expresión proteica en hojas durante el desarrollo”

(García & et al, 2006) Concluyó que “La raíz es el órgano del girasol que acumuló la mayor cantidad de plomo en todos los tratamientos debido a la poca movilidad del metal a través de la planta”.

- El estudio “Fito extracción del plomo de la industria”

Concluyó: Que la absorción y acumulación de plomo sin ningún efecto importante sobre el crecimiento normal del girasol fue a una concentración de 15 ppm y que la fácil disponibilidad y alta producción

en masa de girasol crea una gran posibilidad de eliminación de plomo como agente de fitorremediación. (Usha & et al, s.f.)

- El artículo “Fito extracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus* L.) y micorrizas”

(Ortiz Cano & et al, 2009) Concluyó que: “Los resultados indican que la adición de micorrizas incrementó significativamente ( $P < 0.05$ ) la concentración de Pb y Cd en raíz, tallo y hoja de quelite. Las concentraciones de estos metales se incrementaron significativamente conforme la edad de la planta”.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

- En el estudio “Capacidad remediadora de la raíz de girasol, *Helianthus annuus*, cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo”

(Chico & et al, 2012) Llegó a las siguientes conclusiones:

1. La longitud de la raíz no se ve afectada por la concentración de plomo y la mayor concentración se da en las raíces secundarias.
  2. Las raíces de girasol son capaces de tolerar concentraciones de 500 mg/l de plomo.
  3. En relación con el tallo, las raíces son las que acumulan la mayor cantidad de plomo
- En la tesis “Fito extracción de metales pesados Cromo, Plomo y Arsénico contenidos en lodos residuales de las lagunas facultativas de la PTAR Covicorti – Trujillo”

(Hernández, 2006) Indicó: Que el uso del girasol en la fitorremediación de lodos residuales alcanzó el 0.245% de Plomo, 2.380% de Arsénico y 1.019% de Cromo durante un periodo de 120 días de crecimiento.

- En la tesis “Determinación de plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al Asentamiento Humano cultura y progreso del distrito de Ñaña – Chacabayo”

(Oriundo Guarda & Robles Gomero, 2009) Llegó a las siguientes conclusiones:

1. La concentración promedio de plomo en suelos es de 97,90 ppm, que sobrepasa a la concentración máxima establecida por la OMS que es de 25 ppm.
2. La concentración promedio de plomo encontrada en techos es de 123,57 ppm.
3. Las concentraciones de plomo en los suelos son mayores a medida que las casas se acercan a las fábricas.
4. Las concentraciones de plomo en los techos son mayores a medida que las casas se alejan de las fábricas.

## **2.2. Bases Teóricas**

Toda investigación, toma en consideración los aportes teóricos realizados por autores y especialistas en el tema a estudiar, de esta manera se podrá tener una visión amplia sobre el tema de estudio.

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **2.3.1. Metales pesados en el ambiente**

Los metales pesados contribuyen fuertemente a la contaminación ambiental, la cantidad de metales disponibles en el suelo está en función del PH, el contenido de arcillas, contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y otras propiedades que las hacen únicas en términos de manejo de la contaminación (Sauvé, Henershot, & Allen, 2000). Además son definidos como elementos con propiedades metálicas (conductividad, ductilidad, etc.), número atómico mayor de 20, y cuya densidad es mayor a los 5g / cm<sup>3</sup>. Se consideran metales pesados al plomo, cadmio, cromo, mercurio, zinc, cobre, plata y arsénico, constituyen un grupo de gran importancia, ya que algunos son esenciales para las células, pero en altas concentraciones pueden resultar tóxicos para los seres vivos, tales como humanos, organismos del suelo, plantas y animales. (Spain, 2003)

Las principales fuentes de metales pesados son actividades naturales, como desgastes de cerros, volcanes, que constituyen una fuente relevante de los metales pesados en el suelo, así como también actividades antropogénicas como la industria minera que está catalogada como una de las actividades industriales más generadora de metales pesados. En el suelo, los metales pesados, están presentes como iones libres, compuestos metálicos solubles, compuestos insolubles como óxidos, carbonatos e hidróxidos. (Pineda, 2004)



**Figura 1: Metales pesados**

### **2.3.2. Efectos de los metales pesados en el suelo**

Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanzan niveles que rebasan los límites máximos permitidos causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo, el término que se usa o se emplea es “polución de suelos.” (Martin, 2000)

### **2.3.3. Movilización de metales pesados en el suelo**

En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías:

- Quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución o bien fijados por procesos de adsorción y precipitación.
- Pueden ser absorbidos por las plantas y así, incorporarse a las cadenas tróficas
- Pasar a la atmósfera por volatilización

- Movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas. (Garcia & Dorronsoro, 2005)

#### **2.3.4. Plomo**

El plomo es un metal pesado, gris y blando muy difundido en la corteza terrestre. Se encuentra en la naturaleza como mezcla de 3 isótopos (206, 207 y 208). Su forma más abundante es el sulfuro (PbS), formando las menas de galena. Es un metal ampliamente utilizado por su ductilidad, alta densidad y poca reactividad química, así como su fácil extracción, relativa abundancia y bajo costo. Con frecuencia está asociado a otros metales, como plata, cobre, zinc, hierro y antimonio. Forma compuestos en estado de valencia 2+ y 3+, orgánicos, como acetato, tetraetilo y tetrametilo e inorgánicos, como nitrato, arsenato, carbonato, cloruro, óxidos y silicato. Por su bajo punto de fusión fue uno de los primeros metales empleados por el hombre y su intoxicación crónica, el saturnismo, se conoce desde la antigüedad. (Ferrer, 2003)

Los minerales de plomo se encuentran ampliamente distribuidos a nivel mundial. El mineral más rico es la galena (sulfuro de plomo) y es la fuente principal de producción comercial de este metal. Otros minerales de plomo son: la cerusita (carbonato), la anglesita (sulfato), la crocoita (cromato), la wulfenita (molibdato), la piromorfita (fosfato), la mutlockita (cloruro) y la vanadinita (vanadato). Muchas veces, los minerales de plomo suelen contener otros metales tóxicos. Los minerales de plomo son separados mediante el triturado en seco, la molturación en húmedo (para obtener una pasta), la clasificación gravimétrica y la flotación. Los minerales de plomo liberados se funden mediante un proceso en tres etapas: preparación de la carga (mezcla, condicionamiento, etc.), sinterizado y reducción en hornos altos. Posteriormente el metal se refina mediante la separación del cobre, el estaño, el arsénico, el antimonio, el zinc, la plata y el bismuto. (Lauwerys, s.f.)

El plomo metálico se utiliza como planchas o tubos cuando se requiere una gran maleabilidad y resistencia a la corrosión, como en la industria química o en la construcción. También se utiliza para el revestimiento de cables, es componente de soldadura y como empaste en la industria automovilística. Es un material excelente como protector contra radiaciones ionizantes. Se utiliza en procesos de metalizado para recubrimientos protectores, en la fabricación de acumuladores y como baño de termo tratamiento en el revenido de hilos metálicos. Se encuentra en una gran variedad de aleaciones y sus compuestos se preparan y utilizan en grandes cantidades en numerosas industrias. (Lauwerys, s.f.)



**Figura 2: El plomo**

### **2.3.5. Toxicocinética del Plomo**

#### **Absorción:**

El plomo penetra en el organismo a través de la vía respiratoria, digestiva y cutánea.

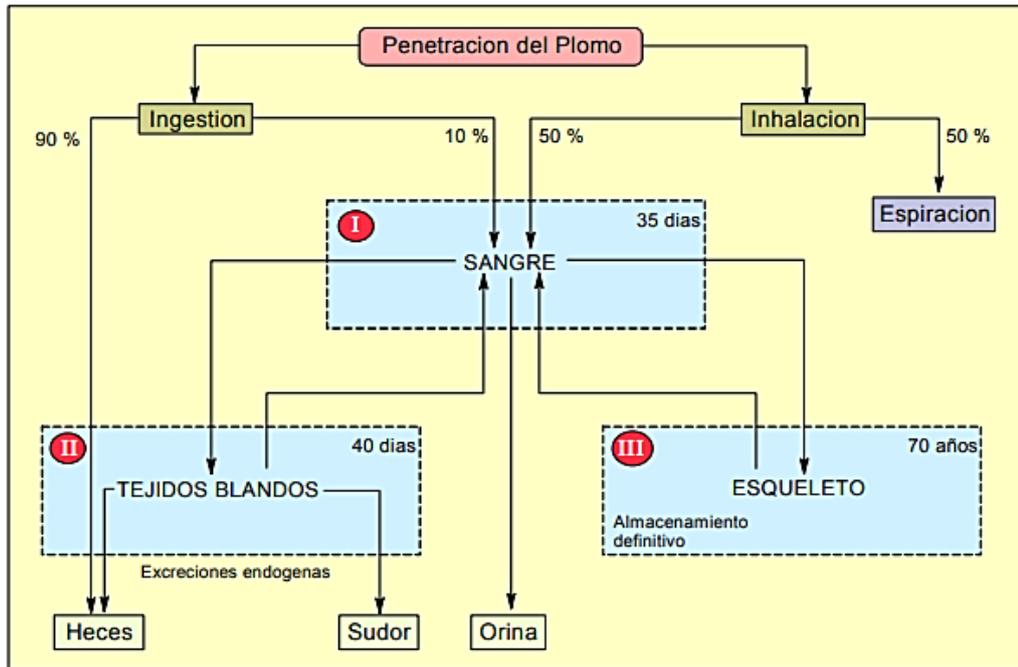
- La vía respiratoria es la más frecuente en los adultos; se absorbe hasta el 50 % de la concentración respirada al inhalarse vapores de óxido de plomo y partículas de polvo de plomo que va a depender del tamaño y solubilidad de ellas. (Bataller, 2004).

- La vía digestiva presenta una absorción más baja debido a la baja solubilidad de la mayoría de compuestos de plomo; alcanza un 10 % en adultos y hasta un 50 % en niños. Las dietas con deficiencias de hierro y calcio, y ricas en grasas, pueden aumentar la absorción gastrointestinal de plomo, la que es mayor en lactantes y niños y menor en adultos. (Katzung, 2005).
- La vía cutánea es de menor importancia, pudiendo absorber algunos derivados orgánicos con elevada liposolubilidad como: el tetraetilo y tetrametilo, que se convierten en metabolitos trialquilo que provocan toxicidad, explicando así su acumulación en el Sistema Nervioso Central; estos compuestos alquilo se convierten finalmente en plomo inorgánico y son eliminados por la orina. (Katzung, 2005).

La transferencia transplacentaria de plomo en humanos se demuestra por la presencia de plomo en sangre de cordón umbilical. Los mecanismos de transporte de plomo a la placenta no están bien definidos, aunque hay pruebas de que el transporte del metal ocurre por difusión simple de la circulación materna a la fetal. (Albert, 1997)

### **Distribución y Depósito:**

La distribución del plomo, una vez absorbido, se realiza por medio de tres compartimentos en equilibrio: sangre, tejidos blandos y huesos. El plomo en la sangre representa el 2 % del contenido total; el 95 % circula ligado a los eritrocitos, con una vida media de 36 días, y pasa a distribuirse posteriormente a los tejidos blandos y huesos. El compartimento formado por los tejidos blandos (riñón, hígado y sistema nervioso) representa aproximadamente el 10 % del contenido corporal total, con una vida media de unos 40 días. El tercer compartimento lo forma el tejido óseo, constituyendo el principal depósito de plomo absorbido (aprox. 90 %) en donde se incorpora a la matriz ósea de manera muy similar al calcio, presenta una vida media entre 10 y 30 años, debido a la formación de compuestos muy estables. (Bataller, 2004).

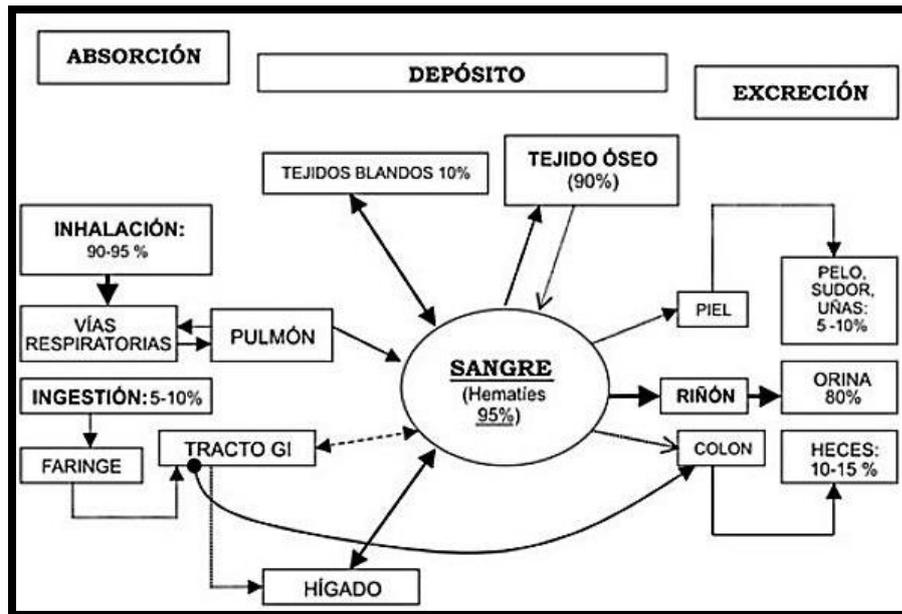


**Figura 3: Modelo de distribución de plomo**

Dentro de las células, el plomo se une a los grupos sulfhidrilo e interfiere con múltiples enzimas celulares, como las relacionadas con la síntesis del heme; esta unión explica la presencia de plomo en pelo y uñas. El plomo también se une a membranas mitocondriales e interfiere en la síntesis de proteínas y ácido nucleico. (Range & Dale , 2004)

### **Excreción:**

La eliminación es lenta y ocurre principalmente por el riñón a través de la orina (filtración glomerular y secreción tubular), otras vías de eliminación son las heces y sudor, saliva, bilis y exfoliación dérmica. A partir de la saliva se puede formar un depósito de sulfuro de plomo en el borde marginal de las encías que se conoce como ribete de Burton. La vida media del plomo es larga, y se estima en 5 a 10 años, que varía con la intensidad y duración de la exposición y la carga corporal final acumulada. Las enfermedades óseas (osteoporosis, fracturas), en el embarazo y el hipertiroidismo pueden originar mayor liberación del plomo almacenado y concentraciones sanguíneas elevadas. (Bataller, 2004)



**Figura 4: Modelo metabólico del plomo en el ser humano**

### 2.3.6. Fisiopatología de la intoxicación por plomo

El plomo está presente en grado variable en el aire, el agua y el suelo. El principal factor de riesgo es la edad. Comienza al año de vida y tiene un pico de mayor riesgo entre los 18 meses y los 24 meses, decreciendo gradualmente hasta la adolescencia. La toxicidad del plomo es consecuencia de la afinidad que tiene éste por el grupo sulfhidrilo (SH) de las proteínas, uniéndose en forma irreversible y alterando completamente su función. (Range & Dale , 2004)

### 2.3.7. Manifestaciones clínicas de la intoxicación por plomo

La aparición de los síntomas y signos dependerán del tiempo de exposición, niveles sanguíneos alcanzados y la edad de la persona.

**Aguda:**

Es poco frecuente y puede deberse a la ingesta de alimentos contaminados o inhalación masiva de vapores de plomo. Produce tres tipos de síndromes (Calabuig, 2001):

1. Síndrome Digestivo: Dolores epigástricos y abdominales violentos, estreñimiento o diarrea.
2. Síndrome Hepatorrenal: Hígado grande, se destacan las lesiones renales con oliguria, uremia, albuminuria, aminoaciduria.
3. Encefalopatía: En los adultos suele ser tardía, en los niños la encefalopatía es precoz.

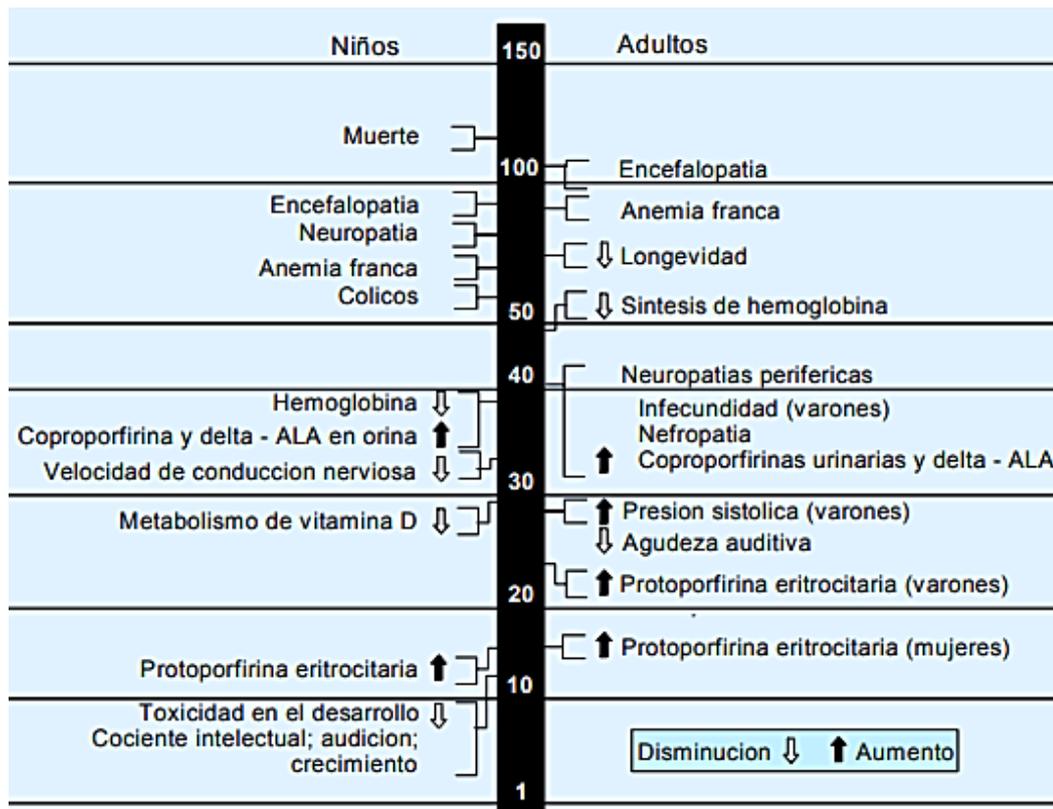
SISTEMA AFECTADO	SÍNTOMAS Y SIGNOS
Sistema Nervioso	Fatiga, irritabilidad Cefalea, tremor, convulsiones Retardo en el desarrollo psicomotor en niños Polineuropatía periférica motora
Gastrointestinal	Dolor abdominal Náuseas Constipación Ribete de Burton
Sangre	Anemia con punteado basófilo
Renal	IRC Nefritis intersticial
Cardiovascular	Hipertensión
Reumatológico	Mialgias, artralgias Gota
Reproductivo	Oligospermia

**Figura 5: Manifestaciones clínicas de la intoxicación con Plomo**

**Crónica:**

Es la forma más frecuente de presentación tanto en niños como en adultos. Los signos y síntomas de la forma crónica de intoxicación (saturnismo o plumbismo) pueden dividirse en seis categorías: gastrointestinal, neuromuscular, del sistema nervioso central, hematológicos, renales y de otra índole. Pueden surgir en forma

independiente o en combinación. Los síndromes neuromusculares y del sistema nervioso central suelen deberse a exposición o contacto intensos, en tanto que el del abdomen es la manifestación más común de una intoxicación de evolución más lenta e insidiosa. El síndrome del Sistema Nervioso Central por lo regular es más frecuente en niños, en tanto que el gastrointestinal es más prevalente en adultos. (Calabuig, 2001)



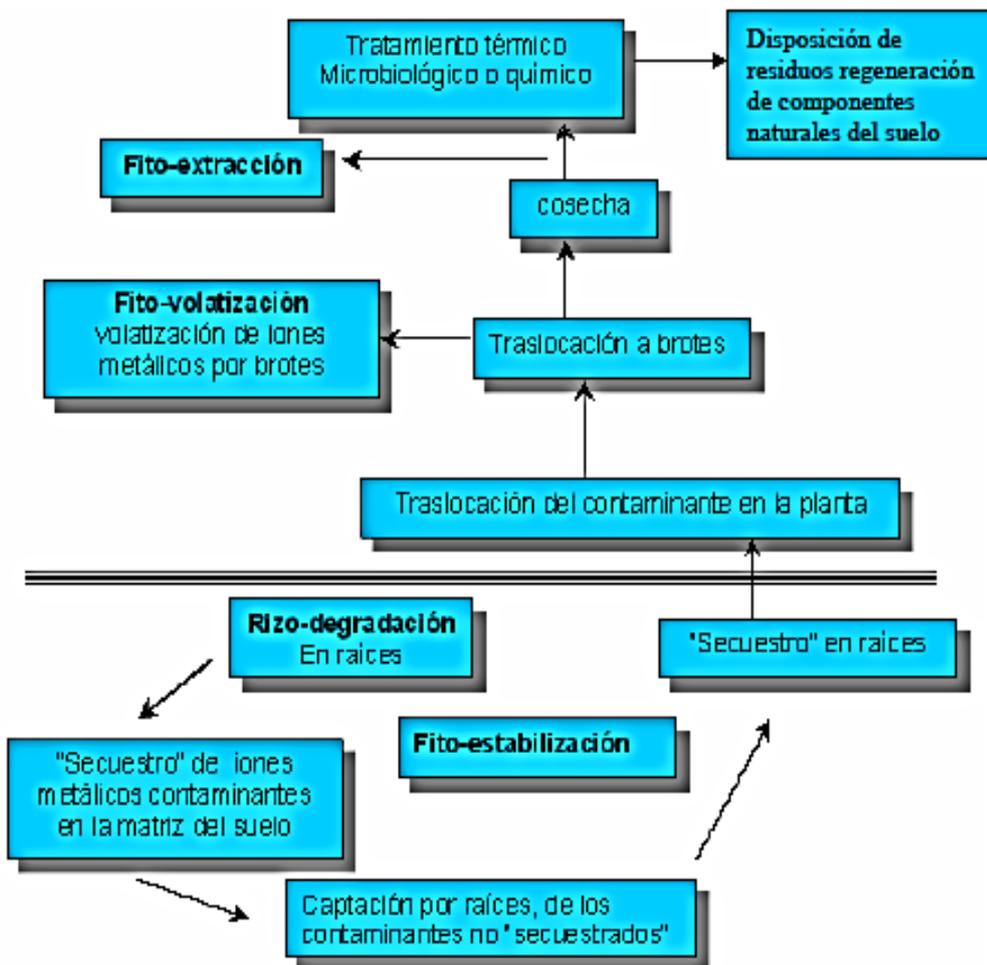
**Figura 6: Manifestaciones de la intoxicación por plomo según concentración sanguínea (mcg de Pb/dL)**

### 2.3.8. Fitorremediación

La fitorremediación es el uso de plantas para recuperar suelos contaminados, es una tecnología in situ no destructiva y de bajo costo y está basada en la estimulación de microorganismos degradadores. (Merkl, Schultze-Kraft, & Infante, 2004) Consiste en el uso de plantas, sus microorganismos o enzimas asociadas, así como de la aplicación de técnicas agronómicas para degradar, retener o reducir a niveles

inofensivos los contaminantes ambientales a través de procesos que logran recuperar la matriz o estabilizar al contaminante. Dentro de las técnicas de restauración de suelos afectados por la contaminación, la fitorremediación ha adquirido auge por ser un procedimiento pasivo, estéticamente agradable, útil para remediar simultáneamente una gran variedad de contaminantes. (Frick, Farrell, & Germida, 1999)

La fitorremediación aplicada a suelos contaminados con elementos o compuestos inorgánicos, incluye, básicamente, tres mecanismos: la Fito extracción o Fito acumulación, la Fito estabilización y la Fito volatilización. (Singh , Lavana, Budhiraja, & Jain, 2003)



**Figura 7: Esquema de descontaminación por fitorremediación**

### **2.3.9. Helianthus annuus**

De acuerdo a (Infoagro, 2009) el origen del girasol se remonta a 3.000 años a.c. en el norte de México y Oeste de Estados Unidos, ya que fue cultivado por las tribus indígenas de Nuevo México y Arizona. El girasol era uno de los principales productos agrícolas empleados en la alimentación por muchas comunidades americanas antes del descubrimiento. La semilla de girasol fue introducida en España por los colonizadores y después se extendió al resto de Europa. El girasol fue cultivado durante más de dos siglos en España y en el resto de Europa por su valor ornamental, debido al porte y sobre todo a la belleza de sus inflorescencias. Fue durante el siglo XIX cuando comenzó la explotación industrial de su aceite destinada a la alimentación.

### **2.3.10. Clasificación botánica del helianthus annuus**

(Viorel, 1977), indica la siguiente clasificación botánica:

- Reino: Plantea
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Subclase: Asteridae
- Orden: Asterales
- Familia: Asteraceae
- Género: Helianthus
- Especie: Annuus L.
- Nombre científico: Helianthus annuus L.

### **2.3.11. Morfología del *helianthus annuus***

(Viorel, 1977), coinciden en afirmar que el sistema radicular ha sido objeto de numerosos estudios que pusieron de manifiesto la gran capacidad de adaptación del mismo a los recursos hídricos de los distintos niveles del suelo. Al comienzo del desarrollo, la raíz principal crece más rápidamente que la parte aérea de la planta. Durante el estado cotiledonal, tiene de 4-8 cm de largo con 6-10 raicillas, y durante la fase de desarrollo llega a una profundidad de 50-70 cm, llegando al máximo de crecimiento en la floración. Normalmente la longitud de la raíz principal sobrepasa la altura del tallo, en girasol de semilla.

(Viorel, 1977), indica que el tallo es erecto, vigoroso y cilíndrico, teniendo en su interior macizo. La superficie exterior es rugosa, asurca y vellosa, aunque en su parte basal la vellosidad es escasa o falta totalmente. En la mayoría de los casos el tallo es recto solamente en la madurez se inclina en la parte terminal, bajo el peso del capítulo. No obstante, existe una gran variabilidad en cuanto a la inclinación del tallo, dada por el grado de desarrollo de sus tejidos mecánicos.

(Viorel, 1977), establece que las hojas son alternas, grandes, trinervadas, largamente pecioladas, de formas variables, acuminadas, dentadas y de áspera vellosidad en ambas caras. La forma cambia en función de su posición en el tallo. Las primeras hojas que se forman (las cotiledonales) son carnosas y ovaladas, de un tamaño de 2 a 3 cm. El primer par de hojas verdaderas, que se forma inmediatamente después de los cotiledones, se caracteriza por un desarrollo más fuerte del limbo foliar, en comparación con el peciolo, teniendo en la mayoría de los casos una forma romboidal o algunas veces levemente lanceolada. El borde del primer par de hojas es entero, raras veces levemente aserrado.



**Figura 8: Helianthus annuus (girasol)**

### **2.3.12. Preparación del terreno para la siembra del helianthus annuus**

(Ávila, 2009), manifiesta que una buena preparación de la tierra, es aquella que le proporciona a la semilla una óptima cama para su germinación y un adecuado anclaje de las raíces para el total desarrollo. La tolerancia del cultivo a la sequía se basa en el desarrollo de un sistema de raíces que profundiza y explora un gran volumen de suelo. Para que esto ocurra, se deben romper las capas compactadas que se han producido por el tránsito de los implementos de labranza utilizados en la preparación previa del suelo para la siembra. En terrenos que van a ser cultivados por primera vez, luego de limpiarse bien los desechos dejados por la deforestación, se debe dar un pase de arado o big-rome para fracturar los restos de raíces. Posteriormente se recomienda dar dos pases de rastra y finalmente un tercero que corresponde a la pre siembra o siembra. Se debe tener por norma evitar el sobre laboreo del terreno, ya que el mismo favorece la pérdida de materia orgánica.

Para realizar la preparación del suelo para la siembra, se debe considerar la humedad del mismo, ya que si éste es preparado cuando posee mucha humedad, quedarán grandes terrones, causando problemas en la

uniformidad de la emergencia de la plántula de girasol, además de ocasionar a las plántulas, daños mecánicos y problemas de estrés hídrico (más acentuados en suelos pesados), ya que quedan grietas en el terreno por donde circula el aire produciéndose una evaporación del agua que se encuentra en los poros del suelo. En suelos cultivados, se recomienda un pase profundo de arado o big-rome a 25-30 centímetros (considerando la textura del suelo); luego, dos o tres pases de rastra para desmenuzar los terrones y finalmente el pase de siembra. Estas labores deben iniciarse 40 días antes de la siembra, para permitir que se descompongan los restos vegetales de maleza o del cultivo anterior. (Ávila, 2009)

### **2.3.13. Siembra y tiempo de siembra**

(Viorel, 1977), manifiesta que en cuanto a la época de siembra, se lo puede hacer a campo abierto en cualquier época del año, o se puede coincidir con el establecimiento de las lluvias. La profundidad de siembra recomendada para el cultivo de girasol ornamental es de 2 a 3 cm.

### **2.3.14. Riego**

(Infoagro, 2009), publica que para alcanzar un normal desarrollo y una producción rentable, requiere un mínimo de 300 a 500 mm. Se trata de una planta que aprovecha el agua de forma mucho más eficiente en condiciones de escasez, su sistema radicular extrae el agua del suelo a una profundidad a la que otras especies no pueden acceder. Requiere poca agua hasta unos diez días después de la aparición del capítulo donde se aplicará 50-60 litros por metro cuadrado. A partir de este momento las necesidades hídricas aumentan considerablemente y se mantienen hasta unos 25-30 días después de la floración aportando un segundo riego de 60-80 litros por metro cuadrado en plena floración

## **Capítulo III: DESARROLLO DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

### **3.1 Modelo de solución propuesto**

El modelo propuesto es un modelo a escala pequeña, realizado en un área de 2 m<sup>2</sup>, simulando suelo contaminado con plomo para poder trasplantar las plántulas en 2 recipientes con distintas concentraciones de plomo.

Se harán germinar plántulas en vasos de tecnopor, de ellas se trasplantarán 2 plántulas, de similares dimensiones, a 2 recipientes con suelo contaminado con 700 mg/kg y 1200 mg/kg de plomo respectivamente, se observarán aproximadamente por 6 semanas siendo regadas con una botella con pico aspersor cada 2 días; luego de este tiempo se separará 300 gr de cada suelo y ambas plantas y se llevarán al laboratorio especializado (anexo 2 – cotización); finalmente después de 10 días hábiles, los resultados serán entregados mediante un informe vía correo electrónico.(tabla 6 y 7)

#### **3.1.1 Materiales, Insumos y Equipos**

- 20 semillas de girasol.
- 10 vasos de tecnopor.
- 1 par de guantes quirúrgicos.
- 6.96 gr de acetato de plomo.
- 4 kg de tierra de siembra.
- 2 recipientes de 2 kg de capacidad.
- Balanza Manual.
- Calculadora.
- Cuaderno y lapicero.
- Materiales de laboratorio (balanza mecánica



Figura 9: Guantes quirúrgicos

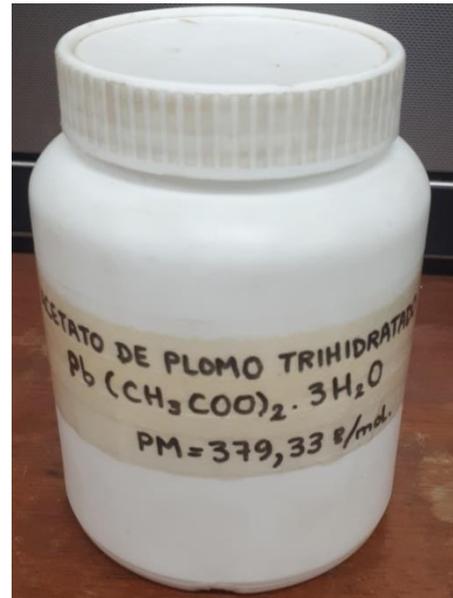


Figura 11: Acetato de plomo



Figura 10: Vasos de tecnopor



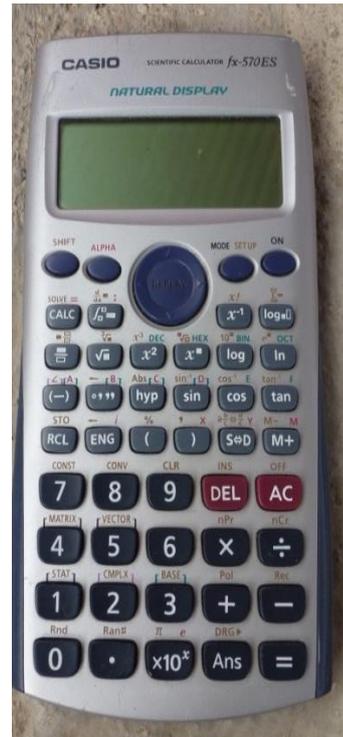
Figura 12: Tierra de siembra



**Figura 13: Recipientes**



**Figura 14: Balanza manual**



**Figura 15: Calculadora**



**Figura 16: Balanza**



**Figura 17: Balanza analítica**

### 3.1.2 Procedimiento experimental

#### Siembra de girasoles

- Se colocará la tierra en vasitos plásticos con 2 semillas cada uno.



**Figura 18: Vasos de tecnopor con 2 semillas cada uno**

- Se regará aspersión cada 2 días hasta los 40 días de germinación.
- Finalmente, a los 40 días estarán listos para trasplantarlas.

**Contaminación del suelo**

- El suelo se contaminará con acetato de plomo diluido en agua

Acetato de plomo:  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$

Masa molar del acetato de plomo: 379.33 gr/mol

Peso atómico del Plomo: 207.19

A) Para una concentración de 700 mg/kg de plomo, para 2 litros de agua

$$\frac{379.33 \text{ gr } Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O}{207.19 \text{ gr } Pb} = \frac{100 \text{ gr } Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O}{X \text{ gr } Pb}$$

$$X = 54.62 \% Pb$$

$$54.62 \text{ gr } Pb \text{ ----- } 100 \text{ gr } Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$$

$$0.7 \text{ gr } Pb \text{ ----- } X \text{ gr } \cdot Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$$

---


$$X = 1.28 \text{ gr } Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$$

Para 2 litros de agua: 2.56 gr  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$

B) Para una concentración de 1200 mg/kg de plomo, para 2 litros de agua

$$54.62 \text{ gr } Pb \text{ ----- } 100 \text{ gr } Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$$

$$1.2 \text{ gr } Pb \text{ ----- } X \text{ gr } \cdot Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$$

---


$$X = 2.2 \text{ gr } Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$$

Para 2 litros de agua: 4.4 gr  $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$

En total se necesitará 6.96 gr. De acetato de plomo.

- Los 2 recipientes con suelo contaminado deberán reposar por 7 días para que el contaminante sea absorbido.
- En los 7 días se deberá remover la tierra para que el plomo no se asiente en el fondo.



***Figura 19: Recipientes con suelo contaminado***

### **Plantación en suelo contaminado**

- A los 40 días de germinación los girasoles estarán listos para ser trasplantados.
- Se trasplantarán 1 plántulas por cada maceta de características similares (total 2 plántulas).
- Se observará el crecimiento de las plantas, teniendo un registro fotográfico.

### **3.1.3 Limitaciones**

Durante el proceso tuve un problema de plagas, que afectó la morfología de la planta, específicamente de las hojas.

### 3.1.4 Cronograma

ACTIVIDADES	Febrero			MARZO				ABRIL				MAYO		
	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3
1° asesoría – planteamiento del tema														
2° asesoría – verificación de la viabilidad del proyecto														
Compra de girasoles														
3° asesoría – revisión parte teórica														
4° asesoría – correcciones														
Germinación de girasoles														
5° asesoría – seguimiento														
6° asesoría – seguimiento														
Contaminación de suelos														
7° asesoría – seguimiento														
Trasplante de plántulas de 40 días														
8° asesoría – seguimiento														
Crecimiento de los girasoles con el contaminante														
9° asesoría – levantamiento de observaciones														



### 3.2 Resultados

Las plantas estuvieron en contacto con el contaminante por 1 mes y medio aproximadamente, durante este tiempo tuve un problemas de plagas (insectos que se comieron las hojas, sin embargo esto no afectó al desarrollo del proyecto, ya que de igual manera se pueden observar las consecuencias del contacto con el contaminante (plomo)

#### RESULTADOS CUALIFICABLES:

- **Muestra contaminada con 700 mg/kg de plomo:**

En la figura 13 se puede observar la hoja que ha sido comida por insectos, pero también se observa que esta ha crecido con normalidad aun en presencia del contaminante. En la figura 14 se observa unas pequeñas manchas blancas, son restos de excremento dejado por los insectos

**Figura 20: Muestras con suelo contaminado con 700 mg/kg de plomo**



**Figura 21: Acercamiento de la hoja**



- **Muestra contaminada con 1200 mg/kg de plomo:**

En la figura 15 se observa la planta notablemente carcomida por la plaga, sin embargo se ha desarrollado con normalidad. En la figura 16 podemos observar el aspecto bastante quemado de la hoja, esto es un efecto claro de la exposición al plomo.

**Figura 22: Planta en suelo contaminado con 1200 mg/kg de plomo**



**Figura 23: Acercamiento de la hoja**



## RESULTADOS CUANTIFICABLES

En la tabla 6 se observan los resultados de ambas muestras de suelo que se analizaron, se puede observar que de la muestra de 700 mg/kg de plomo quedaron 370.2 mg/kg de plomo, esto es aproximadamente una reducción del 47.12% y de la muestra de 1200 mg/kg de plomo quedaron 459.1 mg/kg de plomo, esto es aproximadamente una reducción del 61.74%

<b>Código de Laboratorio</b>		1905046S-01	1905046S-02
<b>Identificación de la Muestra</b>		700 mg/kg	1200 mg/kg
<b>Descripción del Punto de Muestreo</b>		-	-
<b>Fecha y hora de muestreo</b>		14-05-2019 (09:00)	14-05-2019 (09:00)
<b>Ubicación Geográfica (WGS-84)</b>		N: - E: -	N: - E: -
<b>Tipo de Matriz y/o Producto</b>		SUELO	
<b>Tipo de Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>	
Plomo	mg/Kg	370,2	459,1

Tabla 6: Resultados del análisis de plomo resultante en suelo

Fuente: R LAB S.A.C.

En la tabla 7 se observan los resultados de ambas muestras de planta que se analizaron, se puede observar que de la muestra de 700 mg/kg de plomo la planta absorbió 271.3 mg/kg, esto es aproximadamente un 38.75 % de absorción y de la muestra de 1200 mg/kg de plomo la planta absorbió 362.7 mg/kg de plomo, esto es aproximadamente un 55.22 % de absorción.

<b>Código de Laboratorio</b>	1905047 <sup>o</sup> -01	1905047 <sup>o</sup> -02
<b>Identificación de la Muestra</b>	700 mg/kg	1200 mg/kg
<b>Descripción del Punto de Muestreo</b>	-	-
<b>Fecha y hora de muestreo</b>	14-05-2019 (09:00)	14-05-2019 (09:00)
<b>Ubicación Geográfica (WGS-84)</b>	N: - E: -	N: - E: -
<b>Tipo de Matriz y/o Producto</b>	BIOMASA VEGETAL	
<b>Tipo de Ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Resultados</b>
Plomo	mg/Kg	271,3      662,7

Tabla 7: Resultados del análisis de plomo en la planta

Fuente: R LAB S.A.C.

También se observa que hay una pérdida de plomo que puede ser debido a la prueba que se hizo, ya que tiene margen de error o también debido a que el plomo salió al ambiente por evaporación durante el proceso.

## DISCUSIÓN

- Confirmando lo expuesto por (Gutiérrez Espinoza & et al, 2011), el *helianthus annuus* puede desarrollarse con normalidad en altas concentraciones de plomo, esto ha sido comprobado en este proyecto.
- Al igual que (Usha & et al, s.f.), en este proyecto se ha comprobado la efectividad de la capacidad de absorción del *helianthus annuus* hasta en un 56%, por esto se corrobora que el *helianthus annuus* es un eficaz fitorremediador de suelos contaminados con plomo.
- En este proyecto se expuso al *helianthus annuus* a concentraciones de 700 mg/kg y 1200 mg/kg, en dichas concentraciones solo encontramos efectos adversos en la concentración de 1200 mg/kg, sin embargo en el suelo contaminado con 700 mg/kg, el *helianthus annuus* se desarrolla con normalidad superando así lo expuesto por (Chico & et al, 2012), quien usó la concentración de 500 mg/kg.
- Según los ECAs de suelo para el plomo en suelo agrícola solo está permitido 70 mg/kg, en suelo urbano solo 140 mg/kg y en suelo industrial solo 1200 mg/kg (ver anexo 1), sin embargo en los alrededores de las mineras o fábricas que explotan o utilizan plomo en sus procesos respectivamente, las concentraciones son mucho mayores, como lo evidenció (Oriundo Guarda & Robles Gomero, 2009): “mientras más cerca estén las casas a las fábricas, más alta es la concentración de plomo en el suelo” y muchas veces estos suelos son agrícolas, por ende sus concentraciones superan los ECAs; la fitorremediación es una forma factible de recuperar el suelo, devolverle sus productividad y descontaminar el ambiente.

## CONCLUSIONES

- El *helianthus annuus* se puede desarrollar con normalidad sin efectos adversos en suelos contaminados con plomo incluso hasta 700 mg/kg.
- El *helianthus annuus* en suelos contaminados con 1200 mg/kg, ya presenta efectos de la exposición al plomo como quemadura foliar
- Según los resultados cuantitativos obtenidos, el *helianthus annuus* tiene una capacidad de absorción entre 38 y 56 % con respecto a suelos contaminados con plomo.
- El *helianthus annuus* según los resultados obtenidos reduce entre un 47 y 62% de plomo en un suelo contaminado.
- Podemos concluir que el *helianthus annuus* en efecto, si es un eficaz fitorremediador, para ser usado en suelos contaminados con plomo.

## RECOMENDACIONES

- Se debe tener un plan de manejo de plagas para que *helianthus annuus* no se vea afectado de ninguna forma
- Para un suelo contaminado con 1200 mg/kg se debe tener la planta expuesta por más tiempo para comprobar si los efectos llegan a matarla o esta sigue desarrollándose a pesar de tener efectos físicos visibles.
- De trabajarse esto a gran escala se debe tener en cuenta que hay una pérdida de plomo, posiblemente al ambiente mediante el aire.

## BIBLIOGRAFÍA

- Albert, L. (1997). Introducción a la toxicología ambiental. *Meteppec*, 180.
- Ávila, J. (2009). Manual para el cultivo del girasol. *SIAN INIA*.
- Bataller, R. (2004). Toxicología Clínica. *Editorial Romeo*, 171-177.
- Calabuig, G. (2001). *MEDICINA LEGAL Y TOXICOLOGIA* . 840.
- Chico, & et al. (2012). Capacidad remediadora de la raíz de girasol, *Helianthus annuus*, cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo.
- Ferrer, A. (2003). Intoxicación por metales. *Anales del Sistema Sanitario de Navarra*, 26(1), 141-153.
- Frick, C. M., Farrell, R. E., & Germida, J. J. (29 de 12 de 1999). Assessment of Phytoremediation as an In-Situ Technique. Saskatoon, Canadá.
- García, & et al. (2006). Efectos de la contaminación del metal en el crecimiento del girasol (*Helianthus annuus* L) y en la expresión proteica en hojas durante el desarrollo.
- García, I., & Dorronsoro, C. (2005). *Contaminación por metales pesados*. Obtenido de Departamento de Edafología y Química: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd..htm>
- Gutiérrez Espinoza, & et al. (2011). Germinación del girasol silvestre (*Helianthus annuus* L), en presencia de diferentes concentraciones de metales.
- Hernández. (2006). Fitoextracción de metales pesados Cromo, Plomo y Arsénico contenidos en lodos residuales de las lagunas facultativas de la PTAR Covicorti – Trujillo.
- Infoagro. (2009). *LA FENOLOGÍA COMO HERRAMIENTA EN LA AGROCLIMATOLOGÍA*. Obtenido de <https://www.infoagro.com/frutas/fenologia.htm>
- Jara Peña, E., & al., e. (2014). Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *Revista Peruana de Biología*, 2.
- Katzung, B. (2005). Farmacología Básica y Clínica. *Editorial Romeo S. L.*, 957-1123.
- Lauwerys, R. (s.f.). Toxicología industrial e intoxicaciones. *Editorial Massons*, 175-201.
- Lur Epelde, J. M., Becerril, I. A., & Garbisu, C. (2009). Heavy Metal Phytoremediation: Microbial Indicators of Soil Health for the Assessment of Remediation Efficiency. Bilbao, España.

- Martin, C. (02 de 2000). Heavy metal trends in floodplain sediments and valley fill, River Lahn, German. *Catena*, 39(1), 53-68.
- Merkl, N., Schultze-Kraft, R., & Infante, C. (12 de 2004). Phytoremediation of petroleum-contaminated soils in the tropics - Pre-selection of plant species from eastern Venezuela. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 78(3), 185-192.
- MINEM. (2017). Anual minero 2017. Lima, Lima, Perú: Ministerio de Energía y Minas. Recuperado el 13 de mayo de 2019, de [https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/98805/ANUARIO\\_MINERO\\_2017\\_1\\_.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/98805/ANUARIO_MINERO_2017_1_.pdf)
- Oriundo Guarda, C. F., & Robles Gomero, J. T. (2009). *Determinación de plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al Asentamiento Humano cultura y progreso del distrito de Naña - Chaclacayo*. Obtenido de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/1636/oriundo\\_gc.pdf?sequence=1](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/1636/oriundo_gc.pdf?sequence=1)
- Ortiz Cano, H., & et al. (2009). Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*amaranthus hybridus* L.) y micorrizas.
- Pineda, H. (2004). *Presencia de hongos micorrízicos arbusculares y contribución de Glomus intraradices en la absorción y translocación de cinc y cobre en girasol (Helianthus annuus L.) crecido en un suelo contaminado con residuos de mina*. Obtenido de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=000102&pid=S1909-2474201500010001400018&lng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000102&pid=S1909-2474201500010001400018&lng=es)
- Range, H., & Dale , M. (2004). Farmacología. (5).
- Sauvé, S., Henershot, W., & Allen, H. (26 de 02 de 2000). Solid-Solution Partitioning of Metals in Contaminated Soila: Dependence on pH, Total Metal burden anda Organic Matter. *Environmental Science & Technology*, 34(7), 1125-1131. Obtenido de <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es9907764>
- Singh , O., Lavana, S., Budhiraja, R., & Jain, R. (26 de 02 de 2003). Phytoremediation: an overview of metallic ion decontamination from soil. *Appl Microbiol Biotechnol*, 61, 5-6.
- Spain, A. (2003). Implications of Microbial Heavy Metal. *Undergraduate Research*, 2, 1-6.
- Usha, & et al. (s.f.). Fitoextracción del plomo de la industria.
- Viorel, A. (1977). El girasol.

## ANEXO 1: ECA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO

### ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA SUELO

N.º	Parámetros	Usos del Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/Extractivos	
<b>I Orgánicos</b>					
1	Benceno (mg/kg MS)	0,03	0,03	0,03	EPA 8260-B
2	Tolueno (mg/kg MS)	0,37	0,37	0,37	EPA 8260-B
3	Etilbenceno (mg/kg MS)	0,082	0,082	0,082	EPA 8260-B
4	Xileno (mg/kg MS)	11	11	11	EPA 8260-B
5	Naftaleno (mg/kg MS)	0,1	0,6	22	EPA 8260-B
6	Fracción de hidrocarburos F1 (C5-C10) (mg/kg MS)	200	200	500	EPA 8015-B
7	Fracción de hidrocarburos F2 (C10-C28) (mg/kg MS)	1 200	1 200	5 000	EPA 8015-M
8	Fracción de hidrocarburos F3 (C28-C40) (mg/kg MS)	3 000	3 000	6 000	EPA 8015-D
9	Benzo(a) pireno (mg/kg MS)	0,1	0,7	0,7	EPA 8270-D
10	Bifenilos policlorados - PCB (mg/kg MS)	0,5	1,3	33	EPA 8270-D
11	Aldrin (mg/kg MS) <sup>(1)</sup>	2	4	10	EPA 8270-D
12	Endrin (mg/kg MS) <sup>(1)</sup>	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
13	DDT (mg/kg MS) <sup>(1)</sup>	0,7	0,7	12	EPA 8270-D
14	Heptacloro (mg/kg MS) <sup>(1)</sup>	0,01	0,01	0,01	EPA 8270-D
<b>II Inorgánicos</b>					
15	Cianuro libre (mg/kg MS)	0,9	0,9	8	EPA 9013-A/APHA-AWWA-WEF 4500 CN F
16	Arsénico total (mg/kg MS) <sup>(2)</sup>	50	50	140	EPA 3050-B
17	Bario total (mg/kg MS) <sup>(2)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050-B
18	Cádmio total (mg/kg MS) <sup>(2)</sup>	1,4	10	22	EPA 3050-B
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS) <sup>(2)</sup>	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS) <sup>(2)</sup>	70	140	1 200	EPA 3050-B

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

DIN: German Institute for Standardization

MS: materia seca a 105 °C, excepto para compuestos orgánicos y mercurio no debe exceder 40 °C, para cianuro libre se debe realizar el secado de muestra fresca en una estufa a menos de 10 °C por 4 días. Luego de secada la muestra debe ser tamizada con malla de 2 mm. Para el análisis se emplea la muestra tamizada < 2mm.

Nota 1: Plaguicidas regulados debido a su persistencia en el ambiente, en la actualidad está prohibido su uso, son Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP).

Nota 2: Concentración de metales totales.

Fuente: MINAM



## ANEXO 2: COTIZACIÓN DE ANÁLISIS POST- EXPERIMENTO



**COTIZACIÓN N°  
1905036 V2**

**Preparado para: IVONNE PEÑA ALVAREZ**

**DNI: 10724401657**

**Atención a: IVONNE PEÑA ALVAREZ**

**13 de Mayo de 2019**



**COTIZACIÓN N° 1905036 V2**

Datos del cliente			
Cliente:	IVONNE PEÑA ALVAREZ		
Dirección del Cliente:	SECTOR 3 GRUPO 29 MZA. J LOTE 5 - VILLA EL SALVADOR		
RUC:	10724401657	Teléfono:	977360775
Atención a:	IVONNE PEÑA ALVAREZ	Correo:	<a href="mailto:ivonne_p3@hotmail.com">ivonne_p3@hotmail.com</a>
Solicitud del cliente:	Vía e-mail	Fecha:	lunes, 13 de Mayo del 2019

Servicio de muestreo:	CLIENTE	Tipo de Matriz y/o Producto:	AGUA
Lugar de muestreo:	VILLA EL SALVADOR		
N°de cadena de custodia:		Tiempo de Entrega (días):	10

Ensayo	Parámetro	Método	Acred.	Limite Detec.	Limite Cuantif.	Unid.	Cant.	V. Unit. (S/.)	V. Parcial (S/.)
Suelo	Plomo (Pb)	METHOD 7000B Revision 2 February// METHOD 3050B Revision 2 December	SI	1,2	5,0	mg/Kg	2	30.00	60.00
Planta	Plomo Total	SMEWW – APHA – AWWA – WEF Part. 3030 E, 3030 B y 3111 B. 23rd Ed.	NO	0,013	0,050	mg/L	2	50.00	100.00
<b>Subtotal</b>									<b>160.00</b>

**Gasto Logístico**

Unid.	V. Unit. (S/.)	V. Parcial (S/.)
<b>Subtotal</b>		

**\* EL CLIENTE TRAERA LAS MUESTRAS Y RECOGERA EL INFORME DE ENSAYO**

<b>Valor de Venta</b>	S/.	160.00
<b>IGV 18%</b>	S/.	28.80
<b>Precio de Venta</b>	S/.	188.80

**COSTO DEL SERVICIO:** El costo por el servicio es de **S/.** **160.00** Soles sin incluir IGV.

**FORMA DE PAGO:** 100% por adelantado



### ANEXO 3: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELO

## INFORME DE ENSAYO N° 1905046S

Cliente	: IVONNE MARGARITA PEÑA ALVAREZ
Dirección del cliente	: SECTOR 3 – GRUPO 29 – MANZANA J - LOTE 5 – V.E.S.
Usuario	: -
Lugar de Muestreo	: SECTOR 3 – GRUPO 29 – MANZANA J - LOTE 5 – V.E.S.
Tipo de Matriz y/o Producto	: SUELO
Muestreo Realizado por	: R-LAB S.A.C.
Procedimiento de Muestreo	: P-RTM-01 “Muestreo y Medición de Parámetros <i>In situ</i> ”
Referencia al Plan de Muestreo	: -
Número de Muestras	: 02
Fecha de Recepción	: 14-05.-2019
Fecha de Inicio y Término de Ensayo:	21 -05-2019 al 21 -05-2019



## INFORME DE ENSAYO N° 1905046S

	Código de Laboratorio	1905046S-01	1905046S-02		
	Identificación de la Muestra	700 mg/kg	1200 mg/kg		
	Descripción del Puntode Muestreo	-	-		
	Fecha y hora de muestreo	14-05-2019 (09:00)	14-05-2019 (09:00)		
	Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: - E: -	N: - E: -		
	Tipo de Matriz y/o Producto	SUELO			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M	Resultados	
Plomo	mg/Kg	5,0	1,2	370,2	459,1

**Notas:**

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas laboratorio.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en bolsa herméticas.
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendarios luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- ✓ L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
- ✓ El informe de control de calidad será proporcionado a solicitud del cliente.
- ✓ (\*) Método de ensayo no acreditado por el INACAL-DA.

F-IE-02  
Revisión: 05  
Fecha: 24-01-2019

Tipo Ensayo	Norma de Referencia		Año de versión o Edición
	Código	Titulo	
Plomo	METHOD 7000B Revision 2 February// METHOD 3050B Revision 2 December	Flame Atomic Absorption Spectrophotometry// Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils	2007//1996

Fin de documento



## ANEXO 4: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PLANTA

# INFORME DE ENSAYO N° 19050470

Cliente	: <b>IVONNE MARGARITA PEÑA ALVAREZ</b>
Dirección del cliente	: SECTOR 3 – GRUPO 29 – MANZANA J - LOTE 5 – V.E.S.
Usuario	: -
Lugar de Muestreo	: SECTOR 3 – GRUPO 29 – MANZANA J - LOTE 5 – V.E.S.
Tipo de Matriz y/o Producto	: SUELO
Muestreo Realizado por	: R-LAB S.A.C.
Procedimiento de Muestreo	: -
Referencia al Plan de Muestreo	: -
Número de Muestras	: 02
Fecha de Recepción	: 14-05.-2019
Fecha de Inicio y Término de Ensayo:	21 -05-2019 al 21 -05-2019



## INFORME DE ENSAYO N° 19050470

Código de Laboratorio	19050470-01	19050470-02			
Identificación de la Muestra	700 mg/kg	1200 mg/kg			
Descripción del Punto de Muestreo	-	-			
Fecha y hora de muestreo	14-05-2019 (09.00)	14-05-2019 (09.00)			
Ubicación Geográfica (WGS-84)	N: - E: -	N: - E: -			
Tipo de Matriz y/o Producto	BIOMASA VEGETAL				
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M	Resultados	
(*) Plomo	mg/Kg	5,0	1,2	271,3	662,7

**Notas:**

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron refrigeradas laboratorio.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en bolsa herméticas.
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- ✓ L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
- ✓ El informe de control de calidad será proporcionado a solicitud del cliente.
- ✓ (\*) Método de ensayo no acreditado por el INACAL-DA.

F-IE-02  
Revisión: 05  
Fecha: 24-01-2019

Tipo Ensayo	Norma de Referencia		Año de versión o Edición
	Código	Título	
Plomo	METHOD 7000B Revision 2 February// METHOD 3050B Revision 2 December	Flame Atomic Absorption Spectrophotometry// Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils	2007//1996

Fin de documento