



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar
Sábila (Aloe vera); nivel de laboratorio, Ancash-2017**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR

Kevin Roger, Liñan Velasquez

ASESOR:

Mg. Rita Jaqueline, Cabello Torres

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

Lima-Perú

Año 2017-II

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) Liñan Velasquez, Kevin Roger cuyo título es:

"Fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar Sábila (Aloe vera); nivel de laboratorio, Ancash-2017"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: ..14.. (número) ..Catorce (letras).

Lima, San Juan de Lurigancho 09 de diciembre del 2017



Dr. ANTONIO LEONARDO DELGADO ARENAS
PRESIDENTE



Mg. MARCO ANTONIO HERRERA DIAZ
SECRETARIO



Mg. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------

Dedicatoria

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy, en toda mi educación, tanto académica, como de la vida, por su incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo.

Agradecimiento

Agradezco a la universidad Cesar Vallejo, sede lima este, por haberme otorgado todas las herramientas, para mi desarrollo profesional, a lo largo de estos cinco años. Por otra parte, me gustaría agradecer a mis asesores; Dr. Antonio Delgado Arenas, M. Sc. Wilber Quijano Pacheco y Rita Jaqueline Cabello Torres, ya que si su apoyo como asesores no hubiera logrado realizar mi investigación.

Agradezco a mis padres por el apoyo incondicional, amigos y familiares por la confianza brindada.

Agradezco a Dios por brindarme salud y bienestar económico.

Declaratoria de autenticidad

Yo KEVIN ROGER LIÑAN VELASQUEZ con DNI 47610703, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes, consideradas en el reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento de toda la documentación es auténtica y veraz.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presentan en la presente tesis son auténtica y veraz.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de lo documentos como de información aportada por la cual me someto a lo dispuesto en la norma académica de la Universidad Cesar Vallejo.

Lina, diciembre del 2017



KEVIN ROGER LIÑAN VELASQUEZ
DNI N° 47610703

PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Siguiendo el reglamento de la Escuela de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, pongo a disposición la siguiente tesis titulada FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ABSORCIÓN DE PB AL APLICAR SÁBILA (ALOE VERA); NIVEL DE LABORATORIO, ANCASH-2017, con la finalidad de Evaluar la Eficiencia de la Sábila (Aloe vera) en la remoción de Pb en suelos contaminados mediante la técnica de fitorremediación, en cumplimiento del reglamento de grados y títulos de la Universidad Cesar Vallejo para obtener el título profesional de ingeniero ambiental.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

El autor

Kevin Roger Liñan Velasquez

Paginas preliminares

Página del jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaración de autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
Índice.....	vii
Resumen.....	xii
Abstract.....	xiii

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	14
1.1	Realidad Problemática	16
1.2	Trabajos Previos.....	17
1.3	Teorías relacionadas al tema	22
1.4	Formulación del Problema.....	39
1.5	Justificación del estudio	39
1.6	Hipótesis.....	41
1.7	Objetivo.....	41
II.	MÉTODO	42
2.1	Diseño de la investigación.....	42
2.2	Variables, Operacionales	42
2.3	Población y Muestra	44
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
2.4.1.1	Recolección de muestra	47
2.4.1.2	Trasplante de la especia (Sábila) para el proceso de fitorremediación	47
2.4.1.3	Análisis espectrofotométrico de absorción atómica.....	49
2.4.1.4	Diseño del proyecto.....	51
2.4.2	Técnicas de recolección de datos	52
	Observación	52
2.4.3	Instrumentos de Recolección de Datos	52
2.4.4	Validez y confiabilidad	52
2.4.5	Métodos de análisis de datos	52
2.4.6	Aspectos éticos	52
III.	RESULTADOS	53
3.1	Análisis de suelo contaminado con Pb.....	53
3.2	Resultados iniciales y finales	53
3.2.1	Resultados de pH y conductividad de la muestra inicial y final.....	65
3.2.2	Resultados del software SPSS, Prueba T-Student para variables relacionas	69
IV.	DISCUSIÓN.....	75
V.	CONCLUSIÓN.....	76
VI.	RECOMENDACIONES	77
	REFERENCIAS	78

ANEXOS	81
a) Diseño del proyecto	81
b) Operacionalización de variables	82
c) Fichas de validación	83
d) Proceso de fitorremediación	84
e) Análisis de laboratorio (plomo)	85
f) Resultados de laboratorio	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Efectos de los metales pesados en la salud humana	26
Tabla 2: Estructura y composición química de la especie alee vera	32
Tabla 3: Estándares de calidad Ambiental de para suelos (Parámetros inorgánicos).....	38
Tabla 4: Profundidad del muestreo según el uso del suelo	46

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Representación esquemática de los distintos mecanismos de fitocorrección	27
Imagen 2: Área contaminada con plomo (Sihuas-Ancash 2017)	44
Imagen 3: Puntos de muestreo	45
Imagen 4: Toma de muestra del punto N° 01	45
Imagen 5: Plantas de Sábila (Aloe vera) listas para el trasplante	48
Imagen 6: Primeros días luego del trasplante	48
Imagen 7: Fin del proceso de fitorremediación	49
Imagen 8: Espectrofotómetro de absorción atómica	50
Imagen 9: Especies de Sábila después del Trasplante	54
Imagen 10: Etapa de adaptación	54
Imagen 11: Desarrollo de la raíz, repetición 1	56
Imagen 12: Desarrollo de la raíz de la repetición 2	57
Imagen 13: Crecimiento de las hojas, repetición 1	60
Imagen 14: Crecimiento de las hojas, repetición 2	61

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Esquema general de la descontaminación de iones metálicos en un proceso natural de Fitorremediación	29
Gráfico 2: Esquema de trabajo.....	51
Gráfico 3: Desarrollo de la raíz, repetición 1	55
Gráfico 4: Desarrollo de la raíz, repetición 2	56
Gráfico 5: Desarrollo total de las raíces de la especie (Sábila).....	58
Gráfico 6: Crecimiento de las hojas, repetición 1.....	59
Gráfico 7: Crecimiento de las hojas, repetición 2.....	60
Gráfico 8: Crecimiento total de las hojas de la sábila (Aloe vera).....	62
Gráfico 9: Respuesta física de la Sábila (Aloe vera)	63
Gráfico 10: Concentración de Plomo en la Raíz de la Sábila	64
Gráfico 11: Concentración de Plomo en hojas de la Sábila.....	65
Gráfico 12: Concentración inicial de plomo en la muestra.....	67
Gráfico 13: Concentración final de Pb en la muestra	68

RESUMEN

La investigación buscó determinar la capacidad de la Sábila (Aloe vera) para fitorremediar suelos contaminados con plomo por actividad minera, las muestras utilizadas se colectaron de la provincia de Sihuas-Ancash, el plomo inicial en la muestra fue de 1470,09; el objetivo principal fue evaluar la eficiencia de la sábila en la remoción de plomo en suelos contaminados mediante la técnica de fitoremediación. La investigación fue realizada ex situ, este proceso se llevó a cabo durante tres meses, tiempo que se produjo de acumulas de plomo en la parte aérea y radicular de la especie (Sábila), se realizaron los análisis de pre o post prueba, el plomo acumulado fue de 343,44 mg/kg Pb presente en la raíz y 735,375 mg/kg en las hojas. Se logró una eficiencia de 34,05 % al aplicar sábila en muestras de suelo contaminado por actividad minera.

Palabras clave: Capacidad, Fitorremediación, Evaluar, Eficiencia, Captar.

ABSTRACT

The research sought to determine the ability of Aloe Vera (Aloe vera) to phytoremediate soils contaminated with lead by mining activity, the samples used were collected from the province of Sihuas-Ancash, the initial lead in the sample was 1470.09; The main objective was to evaluate the efficiency of aloe in the removal of lead in contaminated soils through the phytoremediation technique. The investigation was carried out ex situ, this process was carried out during three months, time that was produced of accumulations of lead in the aerial and radicular part of the species (Aloe), the pre or post test analyzes were carried out, the lead accumulated was 343.44 mg / kg Pb present in the root and 735,375 mg / kg in the leaves. An efficiency of 34.05% was achieved when applying aloe in soil samples contaminated by mining activity.

Keywords: Capacity, Phytoremediation, Evaluate, Efficiency, Capture.

I. INTRODUCCIÓN

En el actual estudio de investigación esta direccionado al proceso de Fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar Sábila (aloe vero), que se puede definir como una técnica de recuperación de suelos contaminados. Existen varios tipos descontaminación de suelos, dependiendo del contaminante y el grado de contaminación; biorremediación y el más usado es la fitorremediación, puesto que es menos costosa y de fácil aplicación. Así mismo la característica principal de este tipo de trabajo es señalar la importancia que tiene la recuperación de suelos contaminados y fomentar el uso de especies con alto capacidad para tolerar metales pesados.

De modo que para llevar acabo dicho estudio es necesario dar conocer las causas. Entre las causas más frecuentes tenemos la degradación de los recursos naturales, resultado de las actividades antropogénicas (minería) que emiten contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos. En las últimas décadas el rápido avance industrial y aumento de la población, han provocado grandes inconvenientes de contaminación por metales pesados, tal es el caso de los pasivos ambientales donde cada año el incremento es progresivo, ya que deterioran la calidad del suelo es mayor con el paso del tiempo. Es importante saber que el suelo es la fuente de alimentos para todo ser vivo y es por ello que se tiene que mitigar la contaminación.

Con respecto a la investigación de esta problemática se realizó con el interés de evaluaras la eficiencia de la especie Sábila (Aloe vera) en la remoción de Pb en suelos contaminados mediante aplicando técnica de fitorremediación. Así mismo Esta investigación es de tipo experimental, la técnica aplicada es la observación no participante, los instrumentos utilizados fueron las fichas de observación y recolección de datos, la muestra fue el suelo contaminado con plomo por actividad minera, el muestreo fue no probabilístico; puesto que la muestra se tomó a criterio y accesibilidad. El objetivo fue evaluar la eficiencia de la sábila en la remoción plomo, edemas se determinó las concentraciones de plomo tanto en la raíz como en las hojas.

Ahora bien, el actual estudio de investigación se desarrolló en las áreas con relaves, situados en la provincia de Sihuas, Ancash, con el único interés de calcular el nivel de absorción de plomo por la Sábila (Aloe vera) en suelos contaminados por la actividad minera. El tiempo fue de 4 meses para el desarrollo de esta investigación, inicio en el mes de agosto y culmino en diciembre. Sin embargo, el tiempo de estudio para las plantas fue de noventa días (90), que comenzará el 20 de agosto, culminando el 18 de noviembre de 2017. La ubicación específica por coordenadas UTM 18-L WGS84 (X-205497; Y- 9049688).

Así mismo se identificó el área contaminada para determinar las características físico-químicas preliminares, a continuación, se determinó los puntos de muestreo, lo que resulta en esta fase, se llevó a cabo la toma de muestras de suelo, se identificaron cuatro puntos para la toma de muestras, esto de acuerdo con la directriz para muestreo de suelos en por el DS N° 002-2013-MINAM, Entandares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos.

Para concluir con el proceso de fitorremediación se llegó a determinar la concentración de plomo tanto inicial como final (1470,09 y 970,00 mg/kg), llegando a concluir que la eficiencia de la sábila (Aloe vera) es de 34,05 % en un periodo de tres meses; además el contenido de plomo bajo debido a la absorción, lixiviación y dilución. A pesar de eso los resultados no se encuentran dentro de los límites máximo permisibles (LMP) para suelo agrícola de acuerdo al D.S N° 002-2013 MINAM. Además, la sábila logro absorber 343,44 mg/kg en la raíz y 735,375 mg/kg en las hojas, Así pus se concluye que la sábila tiene la capacidad para tolerar metales pesados y acumular plomo (Pb) de los suelos contaminados en altas concentraciones.

1.1 Realidad Problemática

El problema con el que se vive día a día en nuestra sociedad es la contaminación y reducción de los recursos naturales, a causa de actividades naturales y antropogénicas, pero la actividad antropogénica es la que mayor impacto negativo ha generado, ya que en sus actividades diarias emiten contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos, que provocan un problema irreversible sobre el medio natural. En los últimos periodos el aligerado crecimiento industrial y el incontrolable aumento de la población, trajo consigo graves inconvenientes de contaminación por metales (Cu, Pb, Zn, Ni, Se, As, Cd, Hg), promoviendo un aumento de su concentración en el ambiente, que a su vez deterioran los recursos naturales y en casos extremos provocan su pérdida. (Guerrero, M. & Cerna, L. 2012)

De igual manera la contaminación de suelos por la actividad minera ha generado un gran impacto negativo en la provincia de Sihuas-Áncash, ya que existe una gran cantidad áreas contaminadas por diferentes metales pesados “resultado de explotación mineras en los años 40-70” cuando aún no se establecían las normas legales de protección y fiscalización ambiental, el objetivo principal de este proyecto es, Evaluar la Eficiencia de la Sábila en la remoción de Pb en suelos contaminados mediante la técnica de fitorremediación, con fines de recuperar las áreas afectadas por el plomo (Pb).

De modo que la Fitorremediación es una técnica de descontaminación del suelo mediante el uso de plantas (nativas), que pueden almacenar elementos tóxicos en su sistema o mitigar sus efectos nocivos a través de la reducción fisicoquímica a compuestos estables amigables con el medio ambiente. El término fue acuñado en 1991, que está compuesta por dos palabras, fito “significa vegetal o planta”, y remediar “que significa remediar algo deteriorado usando plantas o vegetales”. (Núñez López, R [et al]. 2004).

1.2 Trabajos Previos

Rodríguez, M., (2015) en su investigación titulada “*Efecto del pH y la selectividad del metal en la capacidad de sorción de Pb y Cd por medio de plantas de junco (Typha latifolia) Movilidad y retención de metales pesados en residuos minerales y humedales*”, presentado en la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México, para obtener el título Doctora en Ciencias Ambientales, donde señala que los metales pesados, entre ellos el cadmio y el Pb, compuestos nocivos, producidos en gran cantidad por actividades antropogénicas (minería, producción de energía eléctrica, actividades agrícolas, etc.) Provocando daños ecológicos irreversibles. Menciona que la Fitorremediación es una tecnología sencilla, respetuosa con el medio ambiente y también se requiere menor energía que otras tecnologías limpias basada en principios físico-químicos. La importancia de este estudio esta direccionada en ilustrar el recorrido (ingreso) que hacen los cationes divalentes Cadmio y Plomo en especies utilizadas en el proceso de Fitorremediación y dar a conocer la relación que existe entre los mecanismos que intervienen en el transporte de Calcio, Hierro y Zinc. Estos tres elementos están considerados como elementos esenciales para las plantas, al culminar el proceso de fitorremediación llega a determinar que la especie Vetiver llego a reducir 71-85% de Cadmio y 97-99% de Plomo luego de 10 días de exposición a soluciones simples; en todo el proceso el vetiver logro acular en su estructura 1,5 -2,4 veces más plomo que cadmio, los metales pesados absorbidos por la planta estaban situados mayormente en la raíz. También una parte de plomo fue traslocado a la parte aérea de la especie (10-15% del total), la cantidad de cadmio traslocado fue en menor proporción en comparación con el plomo (2-4%), en conclusión, el vetiver es capaz de absorber plomo y cadmio en su estructura, al ser expuesta a una solución 2,5-15 mg/L se llegó a obtener los siguientes resultados 61% de Cadmio y 18-41% de Plomo respectivamente.

Espin, S. & Tufiño, V. (2015), en la investigación titulada “*Caracterización y propuesta de remediación de suelo contaminado con bifenilos policlorados (pcbs) ubicado en la bodega de materiales en la empresa eléctrica Quito- Cumbayá*”, presentado en la Universidad central del Ecuador, donde su principal objetivo fue conocer la mejor alternativa para recuperar suelos contaminados con metales pesados. Notando que la técnica a ser aplicada fue la fitorremediación, usando plantas para remover metales pesados. Concluyendo que la Fitorremediación mediante la aplicación de plantas es viable para mitigar la cantidad de metales pesados del suelo. También recomienda que no se tiene que ignorar el trabajo previo realizado en la zona de estudio, las cuales serán comparadas con los resultados obtenidos en el laboratorio. También menciona que una de las limitaciones es el tiempo requerido para recuperar grandes áreas. Haciendo un cálculo matemático se estima que para recuperar 200-1000 kg de metal por hectárea tardarían 20 años.

CORDERO, J. (2015) proyecto titulado “*Fitorremediación in situ para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) y evaluación de selenio en la finca furatena alta en el municipio de Útica (cundinamarca)*” presentado en la Universidad libre, Colombia, donde su principal objetivo fue Evaluar la Fitorremediación en la zona afectada (IN SITU) como medida para recuperar áreas contaminadas con el metal selenio y los diferentes metales (pesados) presentes en la finca furatena (Municipio de Útica-Cundinamarca), además quería determinar la cantidad de selenio u otros metales en gramos presentes en la zona (FINCA-UTICA). Además de determinar la concentración se tiene que evaluar el tipo de plata para dicha actividad de Fitorremediación. Al finalizar su proyecto concluye que el proceso de Fitorremediación que consistió en una mezcla de semillas, llevado a cabo el análisis foliar no mostró un cambio significativo (hiperacumuladora), pero en comparación con los vegetales iniciales de

la zona se obtuvo los siguientes resultados, Cd 51.6 y Pb265.0 (mg / kg). También recomienda que es muy trascendental destacar que el vegetal utilizado en esta investigación es altamente tolerantes en este tipo de metales pesados, en especial para el cadmio (Cd), por su capacidad acumuladora y la alta resistencia que muestra al entrar en contacto con altas concentraciones de este metal en su estructura, en su conclusión resalta que la Fitorremediación es buena para para mitigar los suelos contaminados por cadmio, también menciona que los restos de estos vegetales utilizados para el proceso de Fitorremediación no se deben suministrar como alimento para ningún tipo de animales, ya que tienen altas concentración de metal pesados y son dañinos para cualquier ser vivo.

Chávez, R., (2014) en el proyecto titulado “*Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo*” presentado en la Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima-Perú, tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental, donde menciona que a pesar de la alta contaminación del Pb en el suelo, hay un gran variedad de especies (plantas) quienes son capaces adaptarse en condiciones adversas y llegan de desarrollarse , esta capacidad los hace aptas para ser usadas en el proceso Fitorremediación. Para esta investigación se recolectaron 37 especies de plantas de doce lugares ubicados dentro de los siguientes departamentos La Oroya y Junín (Perú), lugares con abundantes áreas con relaves mineros, de todas las especies recolectadas se llegó a seleccionar 2 tipos de plantas del género Calamagrostis y Nicotiana. Durante el proceso de Fitorremediación las dos especies fueron cultivados en tres dosis diferentes de Pb (700, 1000 y 1200 ppm) se cultivó en concentraciones altas, ya que en el estudio en campo se determinó una concentración elevada promedio de 1835.5 ppm (raíz, tallo, hoja y flor)

De este modo llego a concluir, que las plantas (vegetales) nativas tienen la capacidad fitorremediador, las especies aplicas fueron de géneros Calamagrostis y Nicotiana. De las dos especies utilizadas en el proceso

de fitorremediación la *Nicotiana* llegó a almacenar mayor cantidad de plomo en su biomasa aérea 96.5 ppm. En todo el proceso se llegó a determinar el factor de translocación total de plomo (0,39 mg. También señala que el proceso de fitorremediación (con especies nativas) se tiene que desarrollar en un periodo de tiempo mal alargado, para tener mejores resultados, ya que la especie llegara a desarrollarse por completo y se podrá calcular la concentración total de plomo acumulado en su estructura.

Martell, N., (2014) en su proyecto titulado “*Acumulación de metales pesados en Beta vulgaris L. y Lolium perenne L. de suelos de Cuemanco*”, sustentado en la UNAM, proyecto presentado para obtener título de biólogo, donde se planteó como propósito determinar la capacidad fitoacumuladora de metales (Pb, Zn, Cd, Fe, etc.) de *Beta vulgaris L* y *Lolium perenne L.* provenientes de suelos contaminados de Cuemanco. El proyecto se desarrolla en el parque Ecológico de Cuemanco, es un área natural protegida. Donde menciona que el pH, es una propiedad química que interviene en la movilidad de los diferentes elementos del suelo, así como la disponibilidad de nutrientes (Gonzales et al., 2010). La concentración hallada en el estudio se está en un rango entre 8,00 y 8,48 ppm, es decir se consideran entre medianamente alcalinos de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000. El pasto perenne es capaz de sobrevivir en suelos altamente ácidos y alcalinos con un pH entre (5,1-8,4), pero existe un mayor desarrollo de la especie cuando el pH se encuentra entre (5,5-7,5). (Hannaway et al., 1999), por lo que los tratamientos demuestran es que tal vez no se encuentran en el rango óptimo, pero si se pueden establecer tanto el pasto perenne como la acelga. La conductividad eléctrica de los dos tratamientos (suelo con EDTA y sin EDTA), se encontraron efectos despreciables de la salinidad, de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000. *Beta vulgaris L* es un cultivo que es resistente a suelos salinos, también es resistente a suelos con alta concentración de cloruros y sulfatos, pero no es muy tolerante a suelos con alto contenido de

carbonato sódico (García, 2013). En el caso de *Lolium perenne* L es resistente en suelos altamente ácidos y alcalinos cuando esté dotado de agua y nitrógeno en mayor cantidad (Bernal, 2005).

Meza, Y., (2014) en la presente investigación titulada “*Fitorremediación de plomo (Pb) y arsénico (As) con higuera (Ricinus communis L.) En asociación con micorrizas*” presentado en la URUZA, México, con el propósito de alcanzar el grado de: Maestro (ciencias, recursos naturales y medio ambiente), indica que existe una gran cantidad de especies cultivadas y nativas que se utilizan en el proceso de fitorremediación para absorber y eliminar metales pesados del suelo. También menciona que existen estudios donde se llegó a descubrir que existen especies con capacidad hiperacumulación de metales tóxicos. El estudio se llevó a cabo con la finalidad de determinar la capacidad que tiene Ricino (*Ricinus communis*) en el proceso de Fitorremediación como agente de apoyo se utilizó las micorrizas. En el presente proyecto se utilizó 72 plantas, las cuales fueron colocadas en mesetas de plástico, donde se añadió tres concentraciones de plomo 0, 400, 800 (mg/kg), arsénico 0, 40 (mg/kg), micorrizas 0, 5, 10 (g). Durante el proceso de desarrollo se evaluó el crecimiento y la tasa fotosintética. Se realizaron análisis de laboratorio para llegar a determinar la concentración tanto de plomo como arsénico (raíz, tallo y hoja). La tasa fotosintética no cambio en mayor proporción durante todo el proceso que duro la Fitorremediación, la concentración Pb en la especie dio como resultado un promedio de 280,78 (mg/ kg). La mayor concentración de plomo ocurrió en la raíz, inversamente proporcional al arsénico que se situó en mayor cantidad en la parte aérea de la especie Ricino (*Ricinus communis*). El arsénico total acumulado en la parte radicular de la especie fue de 31,40 (mg/kg). En conclusión, Ricino (*Ricinus communis*) es apto para recuperar suelos contaminados con metales como plomo y arsénico, también recomienda que en el proceso de Fitorremediación se tiene que tener en cuenta en tiempo, concentración del metal presente y el tipo de suelo a tratar. Además, se puede considerar que el Ricino (*Ricinus communis*) es muy eficiente capturando plomo y arsénico en la

parte radicular, es por ello que es muy importante determinar la concentración inicial del metal presente en el suelo para no sobrecargar y matar a la especie.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Marco Teórico

Esta investigación se centra en la problemática actual que es la contaminación de suelos que viene a ser, la degradación del suelo al acumularse sustancias ajenas a su composición, que al superar la capacidad de amortiguación repercuten negativamente sobre los organismos que habitan dicho suelo. “En el Perú hablar de contaminación por metales pesados es muy común, por la tradición marinara de nuestro país. Se sabe que hasta 1990, cuando se promulgó el código ambiental en el Perú, la legislación ambiental fue deficiente, lo que dio lugar a serios casos de contaminación del aire, agua y suelo trayendo consigo efectos negativos sobre el medio ambiente y salud. (Chávez, R., 2014)

Por otra parte, se menciona que, desde la antigüedad, las personas hemos utilizado todo tipo recursos naturales, y en el proceso se ha llegado a contaminar los mismos recursos natales; posteriormente, con el avance continuo y la aplicación de diversos procesos, se inventaron la metalurgia. Actualmente la actividad minera causa un gran impacto ambiental, ya que sus residuos generados contaminan directa o indirectamente en medio ambiente y por consiguiente la tierra y los recursos naturales. (Vulke, T. 2005)

De modo que los contaminantes se pueden encontrar naturalmente en el suelo, pero muchos de los cuales provienen principalmente de actividades antropogénicas, que con el pasar de los años ha tomado mayor trascendencia por el desarrollo industrial y el desmesurado incremento poblacional, explotación de petróleo, agricultura, actividades industriales, incluyendo actividades en las ciudades a través de la mala gestión de residuos (domésticos e industriales). “Los contaminantes más perjudiciales para el medio ambiente y la salud humana son los siguientes, Pb, Cr, As,

Zn, Cd, Cu, Hg y Ni, siendo el Pb objeto de estudio de esta investigación”. (Maqueda, A., 2003)

Metales pesados en el suelo; Velasco, J. (2005) Menciona que el nombre metal pesado se usa netamente en materia de daños ambientales o la salud humana, el nombre ha generado varias contradicciones, ya que diferentes autores lo usan como términos sinónimos de contaminación y daños ambientales, porque no todos los metales pesados son tóxicos, todo dependerá de la cantidad o la capacidad de amortiguación que tenga dicho suelo.

Ahora bien, BAUTISTA, F., (2009) “señala que los metales (pesados) presente en el suelo contaminado llegan a interactuar con los diferentes tipos de suelo y minerales presentes (arcilla, materia orgánica, carbonatos, etc.) por consiguiente se tiene que estudiar la cantidad de estos minerales en el área contaminada para poder determinar la dosis y tipo de especie a utilizar en el proceso de fitorremediación. Dependiendo de las características fisicoquímicas del suelo, pueden ser beneficioso o limitante en un proceso de descontaminación. Todos los metales pesados no son tóxicos, la toxicidad está relacionada con la cantidad y dosis implicadas, ya que hay elementos esenciales que en grandes dosis son tóxicos”.

Características físicas y químicas del plomo; El plomo (Pb) se oxida superficialmente, si se encuentra expuesto al medio ambiente, formando una capa protectora de color gris, que viene a ser el sub óxido de plomo (Pb_2O), al mismo tiempo se pierde el brillo del metal que tiene, pero le sirve como protección a una ulterior oxidación. (Ubillus, J. 2003) por otra parte está ubicado en el grupo IV A (metales) de la tabla periódica. El metal (Pb) en su estado común o natural es de color gris (azulino) y se encuentra en pequeñas proporciones (0,00%) en la corteza terrestre. El Pb es encontrado como (galena, curocita, anglesita). Además, el Pb es muy nocivo para la salud humana, ya que afecta directamente el sistema nervioso, dañando las actividades naturales del sr humano, puede causar enfermedades teratogénicos y cancerígenos”. (DE La Roza, D. 2005)

Fuentes de contaminación de plomo; Las importantes causas de contaminación por plomo son la fundición, la transformación secundaria y la elaboración de metales, la fabricación de baterías de Pb y pigmento y químicas. En su totalidad el plomo liberado en el medio ambiente llega a largo mediano plazo retorna al suelo, cuando el metal (plomo) entra en contacto con el suelo, se llevan a cabo los siguientes procesos para determinar su destino final. Todo dependerá del tipo de suelo y las características fisicoquímicas del mismo, los procesos que se llevan a cabo son los siguientes (adsorción, intercambio iónico, precipitación y la oxidación). En el medio ambiente se encuentra como un contaminante común (óxidos, hidróxidos) (De la Roza, D., 2005)

Hay que tener en cuenta que degradación del suelo por metales pesados ha sido relacionado directamente con las actividades (industriales, mineras, naturales) la contaminación natural por metales pesado se da por diferentes actividades de la propia naturaleza (volcanes). Los metales (Cu, Pb, Zn, Ni, Se, As, Cd, Hg, etc.) son liberados al medio ambiente por actividades sin mayor control como la minería ilegal o industrias que no cuentan con medidas para tratar sus efluentes. Estoy en su mayoría son tóxicos para todo cualquier actividad microbiana. (GUERRERO, M. & CERNA, L. 2012) Así mismo el Perú cuenta con grandes depósitos de metales como plomo, en forma (PbS), este mineral es abundante en zonas mineras de la Sierra peruana, y es uno de los focos más grandes de contaminación, de Pb ambiental el que a su vez puede producir lluvias acidas de ácido sulfúrico". (UBILLUS, J. 2003)

Efectos del plomo en la salud; El Pb es uno de los metales que mayor daño a causado en el territorio peruano (cerro de Pasco), por la fácil asimilación con los grupos funcionales (sulfhidrilo). Al ser absorbido por el ser humano este actúa conjuntamente con el Zn reemplaza a calcio afectado todo el sistema que requiere de calcio, ver cuadro 1. (TELLO, M. 2015)

Cuadro 1: Efectos del plomo en la salud

Efectos del plomo en la salud
a) Reemplaza al calcio y se comporta como un segundo mensajero intracelular, alterando la distribución del calcio en los compartimentos dentro de la célula.
b) Activa la proteinquinasa C, una enzima que depende del calcio y que interviene en múltiples procesos intracelulares.
c) Se une a la calmodulina más ávidamente que el calcio, ésta es una proteína reguladora importante.
d) Inhibe la bomba de Na-K-ATPasa, lo que aumenta el calcio

Fuente: Elaboración propia a partir de. (Tello, M. 2015)

De modo que La repartición del Pb, una vez absorbida, se lleva a cabo por tres ramificaciones de igual medida (huesos, tejidos blandos y sangre). El Pb presente en la sangre puede llegar a ser el 2% de todo lo absorbido; El 95% es transportado junto a los eritrocitos, en un tiempo estimado de 36 días, pasado estos 36 días es distribuido tanto a los huesos como a los tejidos blancos. El compartimiento consiste en tejidos blandos tales como: sistema nervioso riñón, y hígado; haciendo un promedio del 10% del contenido total del cuerpo, con una duración aproximada de 40 días. “El tercer compartimiento está formado por tejido óseo, funciona como depósito general para todo el Pb ingerido por el ser humano el 90% que se incorpora a la matriz ósea reemplazando al calcio, en esta arte del organismo puede mantenerse entre 10- 30 años, ya que forma compuestos altamente estables. (Valdivia, M. 2005).

Tabla 1: Efectos de los metales pesados en la salud humana

As	Es análogo del fosfato y causa interferencias en procesos celulares esenciales como es la fosforilación oxidativa y la síntesis de ATP.
Cd	Carcinogénico, mutagénico y teratogénico; disruptor endocrino; interferencias con el calcio en la regulación de sistemas biológicos; causa fallo renal y anemia crónica.
Cr	Causa pérdida del cabello.
Cu	Se ha encontrado que niveles elevados causan daños en el cerebro y el riñón, cirrosis hepática y anemia crónica, irritación intestinal y estomacal.
Hg	Ansiedad, enfermedades autoinmunes, depresión, pérdidas de equilibrio, modorra, fatiga, pérdida del cabello, insomnio, irritabilidad, pérdida de memoria, infecciones recurrentes, inquietud, fallos en la visión, tremor, arrebatos de temperamento?, úlceras y daños en el cerebro, riñón y pulmones.
Ni	Dermatitis alérgica; la inhalación puede causar cáncer de pulmón, nariz, mama, garganta y estómago; hematotoxicidad, neurotóxico, genotóxico, toxico reproductiva, toxico pulmonar, nefrotóxico, y hepatotóxico; causa pérdida del cabello.
Pb	Su ingesta causa problemas en los niños como subdesarrollo, reduce la inteligencia, pérdida de memoria a corto plazo, discapacidad del aprendizaje y problemas de coordinación; causa fallo renal; aumenta el riesgo a desarrollar enfermedades cardiovasculares.
Zn	La sobredosis puede causar mareo y fatiga.

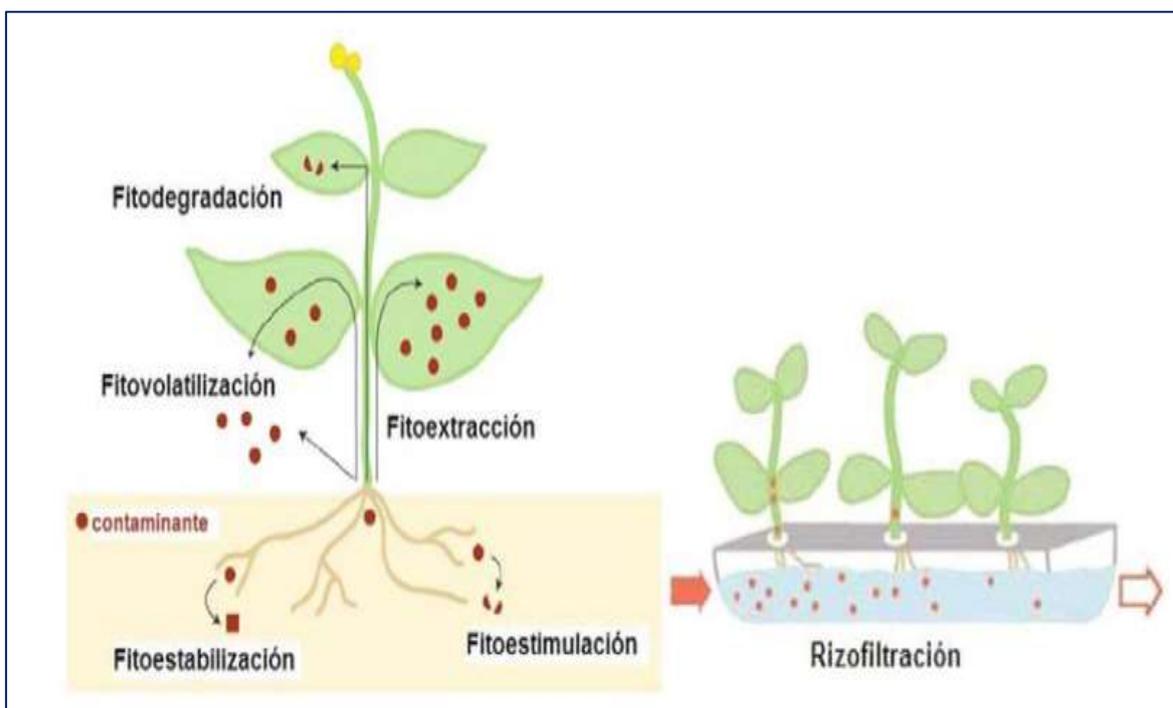
Fuente: ALI. H (2013)

De igual manera el plomo se clasifica como un posible carcinógeno, por estudios epidemiológicos llevados a cabo a unos trabajadores, sin embargo, no puede considerarse definitiva. El Pb es un tóxico cuya absorción (vapor, gas o polvo) llega a causar saturnismo. Las personas más expuestas son los niños, ya que llegando a absorber 4-5 veces más Pb que los adultos y los que se encuentran en mayor riesgo son las personas en gestación, ya que son más susceptibles debido a su estado (Tello, M. 2015)

Técnicas de recuperación de suelos; la creciente preocupación por el efecto de la contaminación ambiental, como principal tema de esta investigación el Pb, ya que causa problemas ambientales y afecta negativamente la salud humana, es importante buscar metodologías para minimizar o reducir los metales nocivos que afectan en suelo, cuerpos de agua y aire. Para ello tenemos dos técnicas tradicionales para la remoción de metales tanto in cito “no se traslada el suelo y menos costoso” como ex situ “se desarrolla en laboratorios incrementando los costes”. (Chávez, R. 2014)

Fitorremediación de suelos; La Fitorremediación (ver Imagen 1) comprende aquellos métodos de descontaminación del suelo mediante el uso plantas, que son capaces de almacenar elementos tóxicos en su estructura o reducir su peligro (proceso fisicoquímico donde el contaminante se trasforma en otra más estable y menos toxica). De acuerdo al tipo de actividad y metabolismo que desarrollan las plantas se puede clasificar en: (Carpena, R. & Bernal, M. 2007)

Imagen 1: Representación esquemática de los distintos mecanismos de fitocorrección



Fuente: DIEZ, F. (2008)

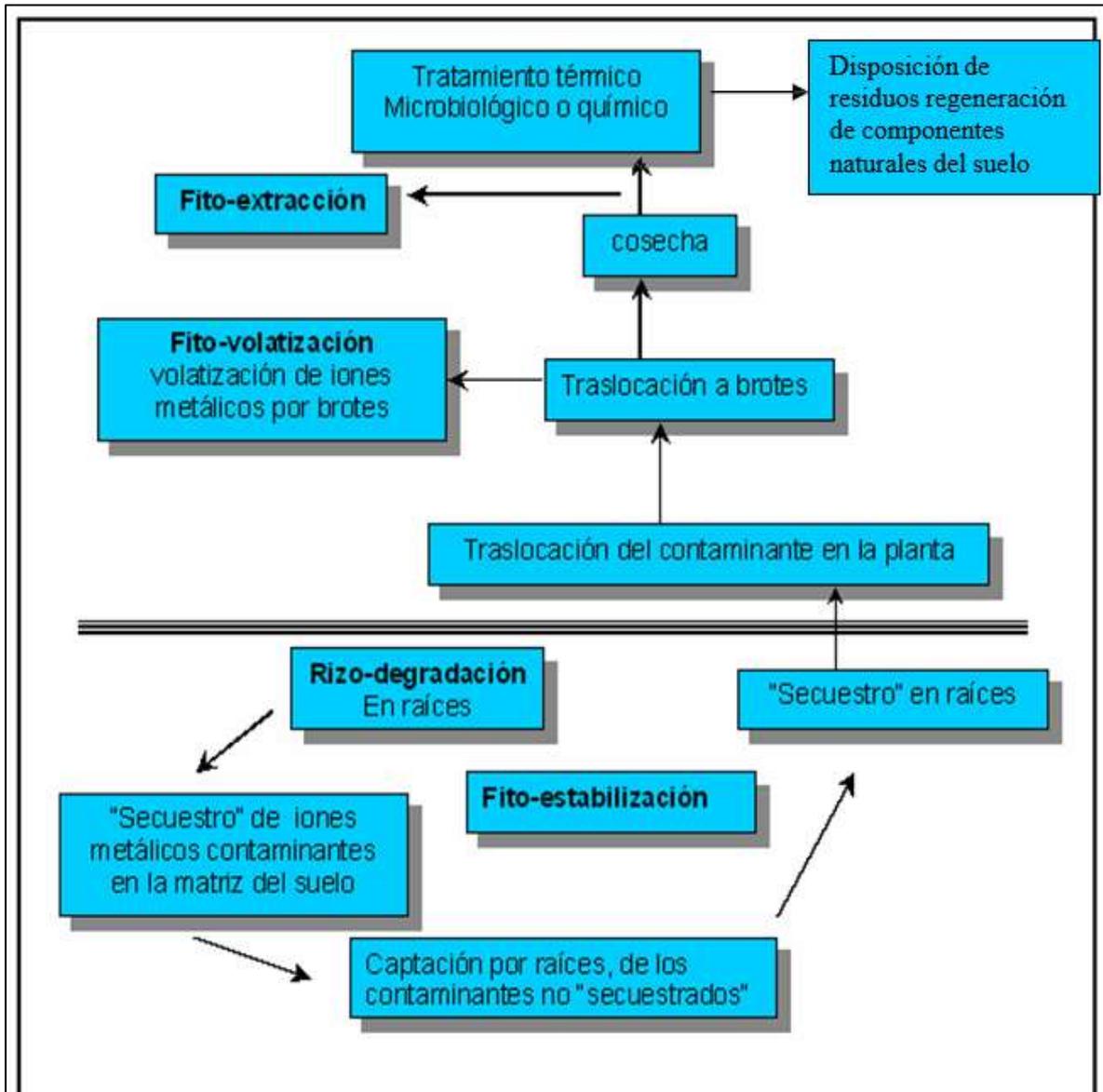
Cuadro 2: Definición de los mecanismos de fitorremediación

Definición de los mecanismos de fitorremediación
• Fitoextracción: uso de plantas acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las partes cosechables.
• Fitoestabilización: Uso de plantas para reducir la biodisponibilidad de los contaminantes en el entorno, alterando su composición ha formas más estables.
• Fitoimmobilización: Uso de las raíces de las plantas para la fijación o inmovilización de los contaminantes en el suelo.
• Fitovolatilización: Uso de plantas para eliminar los contaminantes del medio mediante su volatilización.
• Fitodegradación: Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes orgánicos.
• Rizofiltración: Uso de raíces para absorber y adsorber contaminantes

Fuente: Elaboración propia a partir de. (Carpena, R. & Bernal, M. 2007)

En trabajos previos se ha reafirmado que la Fitorremediación, es un proceso adecuado para ser usado como alternativa eficiente para recuperación de áreas degradadas por una complejidad de metales, además, es un método de descontaminación que incluye la utilización de especies capaces de asimilar, transferir, estabilizar, descomponer y/o degradar un contaminante del suelo. El proceso es aplicado en áreas contaminadas con metales tóxicos, comprendiendo de los siguientes procesos: la fitoextracción o fitoacumulación, la fitoestabilización y la fitovolatilización. (Sierra, R. 2006)

Gráfico 1: Esquema general de la descontaminación de iones metálicos en un proceso natural de Fitorremediación



Fuente: Sierra, R. (2006)

Ventajas de la Fitorremediación; se puede aplicar en grandes áreas y no es agresiva con el medio ambiente. Además, puede restituir las propiedades funcionales y estructurales del suelo, promueve la actividad de microorganismos de la rizosfera. Para aplicar Fitorremediación, las especies se seleccionan teniendo en cuenta la tolerancia al contaminante. (Altural, H. 2011)

Cuadro 3: ventajas y desventajas de la fitoremediación

FITORREMIACIÓN	
VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Es una tecnología sustentable 	<ul style="list-style-type: none"> • Fitorremediación es un proceso relativamente lento.
<ul style="list-style-type: none"> • Es eficiente para tratar diversos tipos de contaminantes in situ 	<ul style="list-style-type: none"> • Se restringe a sitios de contaminación superficial dentro de la rizosfera de la planta.
<ul style="list-style-type: none"> • Es aplicable a ambientes con concentraciones de contaminantes de bajas a moderadas 	<ul style="list-style-type: none"> • El crecimiento de las plantas está limitado por concentraciones tóxicas de contaminantes.
<ul style="list-style-type: none"> • Es de bajo costo, no requiere personal especializado ni consumo de energía 	<ul style="list-style-type: none"> • En la fitovolatilización, los contaminantes en las hojas pueden ser liberados al ambiente.
<ul style="list-style-type: none"> • Es poco perjudicial para el ambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Los contaminantes en maderas pueden liberarse por procesos de combustión.
<ul style="list-style-type: none"> • No produce contaminantes secundarios y por lo mismo no hay necesidad de lugares para desecho 	<ul style="list-style-type: none"> • No todas las plantas son tolerantes o acumuladoras
<ul style="list-style-type: none"> • Tiene una alta probabilidad de ser aceptada por el público, ya que es estéticamente agradable 	<ul style="list-style-type: none"> • La solubilidad de algunos contaminantes puede incrementarse, resultando ser perjudicial en el ambiente.
<ul style="list-style-type: none"> • Evita la excavación y el tráfico pesado 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requieren áreas relativamente grandes.
<ul style="list-style-type: none"> • Tiene una versatilidad potencial para tratar una gama diversa de materiales peligrosos 	<ul style="list-style-type: none"> • En sistemas acuáticos se puede favorecer la diseminación de plagas, tales como los mosquitos.
<ul style="list-style-type: none"> • Se pueden reciclar recursos (agua, biomasa, metales). 	

Fuente: elaboración propia a partir de. (Altural, H. 2011)

Factores que influyen en la recuperación de suelos; “la prosperidad del proceso de Fitorremediación está sujeto a diferentes características ya sean del suelo o el metal en específico, entre las cuales destaca la concentración del metal en el suelo y la capacidad de dilución del mismo (más conocida como biodisponibilidad del metal). Por otro lado, tenemos la capacidad que tiene la planta para asimilar el contaminante y poder absorber o acumular o”. (Chávez, R. 2014)

Nivel de contaminación del suelo

Es nivel de contaminación en el suelo es un aspecto limitante en el proceso de Fitorremediación, puesto que el desarrollo de las especies es limitado cuando en contenido en del contaminante es mayor, por consiguiente, el crecimiento de la planta (especie) será muy lenta cuando la cantidad del metal (contaminante) sea muy elevada. Además, si el suelo tiene altos índices de metal (Pb) habrá una disminución de la longitud de las raíces y hasta la longitud de los brotes. (Martell, N.2014)

Biodisponibilidad del metal en el suelo

Representa la cantidad de un metal que puede ser absorbido, también se puede decir que es la disponibilidad que tiene un metal para trasladarse a otro cuerpo (microorganismo o planta). En todo este proceso en exigen juega un papel importante, para determinar la biodisponibilidad se tiene que hacer estudios del tipo del suelo, puesto que las características fisicoquímicas (pH, materia orgánica, contenido de arcilla) del recurso son los que hacen que un metal sea disponible o no. (PAREDES, H. 2009) De modo que la “biodisponibilidad es el factor importante con el cual se puede determinar el grado de contaminación del suelo, por este método se llega a calcular la eficiencia del proceso de Fitorremediación, de acuerdo a la biodisponibilidad de un metal se determina el tipo especie para el proceso de Fitorremediación”. (Chávez, R. 2014)

Con respecto a la **Sábila** (Aloe vera), “es una especie muy conocida por la población, puesto que se utiliza para tratar algunas enfermedades. Existen alrededor de 360 especies diferentes pertenecientes a la misma familia, es muy fácil de cultivar, sus hojas son de color verde (pigmento). El desarrollo de la especie está limitado por diferentes factores como el clima y el tipo de suelo, puede llegar a crecer hasta los 50 centímetros. (Reynolds y Dweck, 1999; Choi y Chung, 2003; Ramachandra y Srinivasa, 2008)” citado por Domínguez Fernández, R. [et al] (2012)

Tabla 2: Estructura y composición química de la especie alee vera

Composición	Compuestos
Antraquinonas	Ácido aloético, antranol, ácido cinámico, barbaloína, ácido crisofánico, emodina, aloemodin, éster de ácido cinámico, aloína, isobarbaloína, antraeno, resistanol.
Vitaminas	Ácido fólico, vitamina B1, colina, vitamina B ₂ , vitamina C, vitamina B ₃ , vitamina E, vitamina B ₆ , beta-caroteno.
Minerales	Calcio, magnesio, potasio, zinc, sodio, cobre, hierro, manganeso, fósforo, cromo.
Carbohidratos	Celulosa, galactosa, glucosa, xilosa, manosa, arabinosa, aldopentosa, glucomanosa, fructuosa, acemanano, sustancias pépticas, L-ramnosa.
Enzimas	Amilasa, ciclooxidasa, carboxipeptidasa, lipasa, bradikinasa, catalasa, oxidasa, fosfatasa alcalina, ciclooxigenasa, superóxido dismutasa.
Lípidos y compuestos orgánicos	Esteroides (campesterol, colesterol, β -sitoesterol), ácido salicílico, sorbato de potasio, triglicéridos, lignina, ácido úrico, saponinas, giberelina, triterpenos.
Aminoácidos	Alanina, ácido aspártico, arginina, ácido glutámico, glicina, histidina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, prolina, tirosina, treonina, valina.

Fuente: Componentes químicos de la especie Aloe vera, Domínguez Fernández, R. [et al] (2012)

La sábila, se desarrolla en suelos de roca de origen sedimentario, principalmente calizas y conglomerados, puede crecer en suelos someros, pedregosos y poco profundos, escasos en materia orgánica, bien drenados, con pH que va de alcalino a neutro o ligeramente ácido. Presenta alto rango de adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas, su uso comercial está en la producción de aloína, usada anteriormente como laxante, en la actualidad existe una gran cantidad de productos elaborados a base de aloe. Domínguez Fernández, R. [et al] (2012)

Especies acumuladoras de metales pesados; la mayoría de las plantas poseen una gran capacidad para absorber una diversidad amplia de metales, pero la gran mayoría solo absorben lo esencial para su supervivencia y desarrollo. Por otra parte, tenemos un número pequeño de plantas que consiguen absorber, soportar y translocar altos niveles de ciertos metales. Las primeras plantas hiperacumuladoras caracterizadas son de la familia Brassicaceae y fabaceae. (SIERRA, R.2006)

Por consiguiente, los pastos son la especie más conveniente para la Fitorremediación de forma orgánica e inorgánica de metales, por su hábitat de crecimiento y adaptabilidad a una variedad de condiciones edáficas y climáticas, también recomienda la especie sonchus oleraceus para recuperar suelos contaminados con plomo. (Sierra, R.2006)

Por otra parte, el girasol (*Helianthus annuus* L.) es el género que absorbe los metales en mayor medida almacenando más en sus raíces que en sus tallos, pero si recolecta en toda biomasa completa de la especie, por lo que se considera una hiperacumuladora favorable en fitoextracción de Pb y elementos radiactivos. (Guerrero, M. & Cerna, L. 2012)

El pasto Vetiver pueden acumular metales pesados el plomo en particular en (tallo y la raíz de 0,4% y 1%) y zinc (tallo y la raíz de 1%). La mayoría de los metales pesados se acumulan en las raíces. Vetiver puede absorber y promover la biodegradación de los residuos orgánicos (2, 4,6-trinitrotolueno, bromuro de fenol de etidio, el benzo y la atrazina. Aunque el vetiver no es tan efectivo como algunas otras especies en la acumulación de metales pesados. (Danh, Paul. [Et al] 2009)

1.3.2 Marco conceptual

1.3.2.1 Suelo

“Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad”. (MINAM. 2013, p 16.)

1.3.2.2 Contaminación

“Introducción de un producto químico o una mezcla de sustancias en un lugar indeseable (aire, agua, suelo), donde puede causar efectos adversos sobre el medio ambiente o la salud”. (MINAM. 2013, p. 06.)

1.3.2.3 Contaminante

“Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza del suelo o cuya concentración excede la del nivel de fondo susceptible de causar efectos nocivos para la salud de las personas o el ambiente”. (MINAM. 2013, p 07.)

1.3.2.4 Degradación

“Proceso en el cual se descompone la materia, por medios físico-químicos o biológicos”.
(MINAM. 2013, p 07.)

1.3.2.5 Suelo contaminado

“Se da cuando las características químicas de los cuales se ven afectados negativamente por la presencia de contaminantes depositados por la actividad humana, de acuerdo con el D.S. N° 002-2013-MINAM”. (MINAM. 2013, p 16.)

1.3.2.6 Calidad de Suelo

“Esta es la habilidad natural del suelo para desempeñar varias funciones: ecológica, agronómica, económica, cultural, arqueológica y recreativa. Este estado del suelo en términos de sus características físicas, químicas y biológicas, que le dan la capacidad de mantener el potencial natural y antropogénico del ecosistema”. (MINAM. 2013, p 06.)

1.3.2.7 Plan de descontaminación de suelos

“Herramienta de gestión ambiental que tiene como objetivo mitigar el impacto ambiental de una o más actividad anterior y actual en el suelo. Presentación del plan de descontaminación de suelos no quita la responsabilidad de preparar y presentar a la autoridad competente, otros documentos en el campo de las actividades de gestión ambiental”. (MINAM. 2013, p 14.)

1.3.2.8 Plomo

“Es un metal pesado blanco azulado, de alta densidad (11,35 g/cm³) de color gris plateado. En su forma más pura es suave y flexible, dúctil y un poco mal conductor de la electricidad. Al igual que muchos metales, en un ambiente húmedo están cubiertos con una capa de óxido. Número atómico 207.2, punto de fusión 327.4°C y el punto de ebullición 1740°C”. (Lizano, J. & Castro A. 2009)

1.3.2.9 Fitorremediación

“La Fitorremediación es un conjunto de tecnologías que reducen la concentración de diversos compuestos a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a ellas”. (DELGADILLO, A. [et al] 2011)

1.3.2.10 Bioacumulación

“Resulta en una concentración acumulada en el medio ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las vías de exposición”. (MINAM. 2013, p 04.)

1.3.2.11 Sábila (Aloe vera)

“Es una planta con alrededor de 360 especies diferentes, pertenece a la familia de las asfodelaceas o liláceas; su tamaño puede alcanzar desde unos cuantos centímetros hasta los 50 cm, se desarrolla en suelos de roca de origen sedimentario, principalmente calizas y conglomerados, puede crecer en suelos someros, pedregosos y poco profundos, escasos en materia orgánica, bien drenados, con pH que va de alcalino a neutro o ligeramente ácido. Presenta alto rango de adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas, su uso comercial está en la producción de aloína, usada anteriormente como laxante, en la actualidad existe una gran cantidad de productos elaborados a base de aloe”. Domínguez Fernández, R. [et al] (2012)

1.3.2.12 Biodisponibilidad

“Característica de sustancias tóxicas que indica la facilidad de incorporación a seres vivos a través de procesos o mecanismos, inhalación, ingestión o absorción. Puede interpretarse como la fracción soluble de un elemento potencialmente tóxico que puede atravesar barreras biológicas de intercambio del organismo receptor”. (MINAM. 2013, p 03.)

1.3.2.13 Absorción

“Proceso por el cual una sustancia tóxica atraviesa las membranas de las células de un organismo a través de la piel, pulmones, tracto digestivo o branquias y luego es transportado hacia otros órganos”. (MINAM. 2013, p 03.)

1.3.3 Marco legal

1.3.3.1 Constitución Política del Peru-1993 (Art. 66 y 67)

Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la nación, el estado es soberano de su aprovechamiento. Por ley orgánica se fija las condiciones de su utilización.

El estado la política nacional del ambiente, promueve el uso sostenible de los recursos naturales.

1.3.3.2 Ley N.º 28611: Estándar de Calidad Ambiental (ECA)

En el **artículo 31**; Estándares de calidad Ambiental (ver tabla 2). Define “la medida que establece el nivel de concentración o el grado de elementos físicos, químicos y biológicos, sustancias o parámetros presentes en el aire, el agua o el suelo como órgano receptor, que no representa un riesgo significativo para la salud humana ni el medio ambiente”. (MINAM, 2013)

Artículo 32; Del Límite Máximo Permisible (LMP)

Es la medida de la concentración o cantidad de sustancias o físicos, químicos y biológicos, parámetros que describen un efluente o una emisión, que se ha excedido o causas pueden causar daños a la salud, el ser humano y el ambiente. Cumplimiento es legalmente exigible por la autoridad competente pertinente.

1.3.3.3 Guía de muestro de suelos D. S. N° 002-2013-MINAM

El objetivo de esta guía de muestreo es elaborar un plan de muestro de acuerdo al objetivo que se persigue, como la exigencia (superficial o en profundidad) está relacionado con el nivel de contaminación del suelo. Para poder aplicar una técnica de análisis y su posterior recuperación, como es el caso de este proyecto.

Tabla 3: Estándares de calidad Ambiental de para suelos (Parámetros inorgánicos)

N°	Parámetros	Usos del Suelo			Método de ensayo
		Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos	
II Inorgánicos					
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) ₍₂₎	50	50	140	EPA 3050-B EPA 3051
17	Bario total (mg/kg MS) ₍₂₎	750	500	2 000	EPA 3050-B EPA 3051
18	Cádmio total (mg/kg MS) ₍₂₎	1,4	10	22	EPA 3050-B EPA 3051
19	Cromo VI (mg/kg MS)	0,4	0,4	1,4	DIN 19734
20	Mercurio total (mg/kg MS) ₍₂₎	6,6	6,6	24	EPA 7471-B
21	Plomo total (mg/kg MS) ₍₂₎	70	140	1 200	EPA 3050-B EPA 3051

Fuente: D.S. N°002-MINAM. (2013)

1.4 Formulación del Problema

1.4.1 General

¿Cuál es la Eficiencia de la Sábila (Aloe vera) en la remoción de Pb en suelos contaminados mediante la técnica de fitorremediación?

1.4.2 Específicos

¿En qué medida los atributos físicos tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)?

¿Cuál es la concentración de Pb en parte aérea y radicular al fitorremediar los suelos contaminados?

1.5 Justificación del estudio

1.5.1 Justificación teórica

La justificación de este proyecto de investigación se centra en la necesidad que existe de recuperar recursos naturales en especial los suelos degradados por actividades antropónicas (minería), se utilizara el método de Fitorremediación. Según Delgadillo, A. [et al] (2011) en el proceso de Fitorremediación se manipula el soporte de algunas especies (plantas) que puedan absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar sustancias (contaminantes) presentes en el recurso (suelo, aire, agua) también sedimentos como metales pesados. Estas Fito tecnologías ofrecen muchas ventajas que las técnicas fisicoquímicas que se aplican en la novedad, su amplia aplicación y bajo precio. El gran número de métodos de Fito correctivas permite recuperar grandes cantidades de suelos contaminados por metales pesados.

1.5.2 Practica

La realización de esta investigación se enmarca en la necesidad de recuperar suelos contaminados, para el buen desarrollo de la población y mejora la calidad de vida de los centros poblados de en la provincia de Sihuas Ancash. Esta investigación significará una nueva propuesta de alternativa de Fitorremediación con Sábila (Aloe vera) para recuperar suelos contaminados con plomo (Pb), por actividad Minera.

1.5.3 Justificación epistemológica

Según Vassilev, A. [et al] (2009) el proceso de fitoextracción, primero se elegirá la especie apropiada que será cultivada en un suelo contaminado determinado. Tras haberse llevado a cabo la extracción del contaminante por la planta, se retirará la cosecha, ahora convertida en biomasa enriquecida por el metal pesado que contaminaba el suelo. Posteriormente, se llevará a cabo el tratamiento de la cosecha; por compostaje, compresión o tratamientos termales, por ejemplo, para reducir el volumen y/o el peso de biomasa. Por último, esta materia prima se procesará como si se tratara de un residuo peligroso, o se reciclará para recuperar los elementos que podrán tener valor económico.

1.6 Hipótesis

1.6.1 General

La fitorremediación de suelos contaminados con Pb es eficiente cuando se aplica Sábila

1.6.2 Específicos

Los atributos físicos tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)

La Sábila absorbe el Pb en la parte aérea y radicular al fitorremediar los suelos contaminados

1.7 Objetivo

1.7.1 General

Evaluar la Eficiencia de la Sábila (Aloe vera) en la remoción de Pb en suelos contaminados mediante la técnica de fitorremediación

1.7.2 Específicos

Determinar si los atributos físicos tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)

Determinar la concentración de Pb en parte aérea y radicular al fitorremediar los suelos contaminados

II. MÉTODO

El presente trabajo de investigación es de tipo experimental que comprende probar la eficiencia de la Fitorremediación con Sábila (Aloe vera) en suelos contaminados con plomo y zinc, por actividad minera-Sihuas Ancash 2017

2.1 Diseño de la investigación

En el presente trabajo de investigación se aplicó un diseño experimental, que es la conceptualización de la manipulación intencional de una acción para analizar su posibles resultados, quiere decir que se mide el efecto a causa de una manipulación con un tipo de pre y post prueba; debido a que se opera dos variables una independiente (Absorción de Pb en la Sábila) y una dependiente (Fitorremediación de suelo), para observar los cambios que se genere, en el proceso de descontaminación de la muestra. (Sampieri, 2010, Paginas. 121-122)

2.2 Variables, Operacionales

Variable Independiente

Absorción de Pb en la Sábila (Aloe vera)

Variable Dependiente

Fitorremediación de suelo

"Fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar Sábila (Aloe vera); nivel de laboratorio, Ancash-2017"										
TIPO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	DISEÑO METODOLÓGICO
GENERAL	¿Cuál es la Eficiencia de la Sábila (Aloe vera) en la remoción de Pb en suelos contaminados mediante la técnica de fitorremediación?	Evaluar la Eficiencia de la Sábila(Aloe vera) en la remoción de Pb en suelos contaminados mediante la técnica de fitorremediación	La fitorremediación de suelos contaminados con Pb es eficiente cuando se aplica Sábila	V. I.: ABSORCIÓN DE PB EN LA SÁBILA (ALOE VERA)	La Absorción es el proceso por el cual una sustancia tóxica son incorporados a la estructura de la especie, y son transformados a sustancias más estables". (MINAM. 2013, p 03.) La Sábila (Aloe vera) sirve para extraer plomo de un suelo salino-sódico contaminado con altas concentraciones por este metal. (SIERRA, R. 2006)	Se obtendrán los datos de las fuentes primarias, la sábila será trasplantado en un cajón con la muestra de suelo contaminado con Pb, al cabo de 3 meses se evaluará la absorción en las hojas y raíces, además de su desarrollo tamaño y crecimiento de la raíz.	Atributos físicos	Tamaño de las hojas	Kg	Diseño metodológico: Trabajo Experimental Metodología: método aplicativo Población y muestra: Suelos contaminados de la provincia de Sihuas, la muestra es no probabilística
								Numero de hojas	Unidad	
							Concentración	Tamaño de la raíz	cm	
								Plomo en la raíz	mg/kg	
ESPECIFICO	¿En qué medida los atributos físicos tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)?	Determinar si los atributos físicos tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)	Los atributos físicos tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)	V. D.: FITORREMEDIACIÓN DE SUELO	La Fitorremediación abarca todas aquellas técnicas de descontaminación del suelo basadas en el uso de plantas, que pueden acumular elementos tóxicos en su estructura o reducir su peligro a través de la transformación química a sustancias estables. Según el tipo de proceso que las plantas realizan para remediar los suelos, se puede clasificar en: (CARPENA, R. & BERNAL, M. 2007)	Los datos se obtendrán, de las muestras tomadas en campo. Se llevara a cabo un análisis preliminar en el laboratorio para determinar los parámetros fisicoquímicos iniciales, luego se colocara la muestra en un cajón donde se llevara a cabo el proceso de fitorremediación, culminado el periodo de tratamiento se repetirán los análisis para observar los cambios.	Parámetros fisicoquímicos de suelos	Conductividad Inicial	µS/cm	
								Conductividad Final	µS/cm	
								pH Inicial	0-14	
	Remoción de Plomo (Pb)	pH Final	0-14							
		Plomo (Pb) Inicial	mg/kg							
		Plomo (Pb) Final	mg/Kg							
¿Cuál es la concentración de Pb en parte aéreas y radicular al fitorremediar los suelos contaminados?	Determinar la concentración de Pb en parte aérea y radicular al fitorremediar los suelos contaminados	La Sábila absorbe el Pb en la parte aérea y radicular al fitorremediar los suelos contaminados								

Cuadro 4: Operacionalización de Variables

2.3 Población y Muestra

2.3.1 Población

Para esta investigación se tomó como población el área (1 HA) de suelos contaminado con plomo (Pb) que se encuentran en la Provincia de Sihuas, departamento de Ancash, que formar parte de la concesión minera El Aguila.

Imagen 2: Área contaminada con plomo (Sihuas-Ancash 2017)



Fuente: Imagen propia. 2017

2.3.2 Muestra

La muestra se tomó a través de la técnica de muestreo no probabilístico, debido a que las muestras son seleccionadas a criterio y accesibilidad que se tuvo para la toma de muestras. Se tomaron cuatro puntos de muestreo (imagen N°3), a continuación, se homogeneizó los cuatro muestras, con la finalidad de tener una muestra compuesta, luego se tomó 1 kilogramo para los análisis de laboratorio. Simultáneamente se recolectó 30 kg (para el proceso de fitorremediación y análisis respectivos) de suelo contaminado con plomo (Pb) de la provincia de Sihuas, departamento Ancash.

Imagen 3: Puntos de muestreo



Fuente: Imagen propia. 2017

Como se puede observar claramente en la imagen N° 3, en ninguno de los puntos se hizo una calicata, ya que se consideró el manual de muestro (ver tabla N°3) donde se especifica que la profundidad para este tipo de suelos en de 10 centímetros, por ser un suelo de tipo extractivo.

Imagen 4: Toma de muestra del punto N° 01



Fuente: Imagen propia. 2017

2.3.3 Diseño muestral

El agente involucrado en la investigación fue el recurso natural no renovable: EL SUELO, será seleccionado del total de área contaminada en la Provincia de Sihuas. Se tomarán cuatro (4) puntos para la recolección de muestras tal y como se especifica en la guía de muestro de suelos. DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM, Entandares de Calidad Ambiental (ECA) para suelos. Este criterio de selección, para esta investigación, se buscó tomar una muestra de suelo en donde a partir de esta, sean posibles evaluar el índice de plomo y su posteriormente se llevará a cabo el proceso de Fitorremediación Ex Situ con Sábila (Aloe vera), con el propósito de recuperar estas áreas contaminadas por pasivos mineros.

Tabla 4: Profundidad del muestreo según el uso del suelo

USOS DEL SUELO	PROFUNDIDAD DEL MUESTREO (CAPAS)
Suelo Agrícola.	0 – 30 cm (1) 30 – 60 cm
Suelo Residencial/Parques	0 – 10 cm (2) 10 – 30 cm (3)
Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	0 – 10 cm (2)

Fuente: Guía para el muestro de suelos MINAM. (2013)

2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para el presente proyecto de investigación se tendrá como técnica la Observación No Participante: ya que el observador permanece ajeno a la situación observada.

Observación de la realidad, otro: visita de campo y fotografías

2.4.1.1 Recolección de muestra

- Se determinó el área de estudio mediante visita in situ para la verificación del área contaminada, que se encuentra en la provincia de Sihuas-Ancash (ver imagen N° 3).
- En la investigación se usó la guía de muestreo de suelos en marco del D.S. N° 002-2013 MINAM. Utilizando el modelo de muestreo de localización para áreas de contaminación de forma regular menor a 1000 m².
- De la zona delimitada se realizó la toma de muestras, el tipo de muestreo aplicado en esta investigación fue de tipo no probabilístico debido a que las muestras fueron seleccionadas a criterio y la accesibilidad que se tuvo para la toma de muestra. Además, como el uso de suelo fue extractivo la profundidad que especifica la guía es de 10 cm.
- Se tomó cuatro puntos de muestreo (Imagen N°4) de las cuales se homogeneizó, para tener una muestra representativa, se tomó un 1 kilogramo y se procedió a rotular, para su posterior análisis en laboratorio (concentración de plomo), para el proceso de fitorremediación la muestra de suelo fue colocada en un saco (30 kg) y transportada para luego ser colocados en un cajón de madera.

2.4.1.2 Trasplante de la especie (Sábila) para el proceso de fitorremediación

- Se compró 5 plantas (Especie-Aloe vera) a las que se tomó las medidas de tamaño de las hojas, raíz y número de hojas respectivamente. (Ver imágenes 5 y 6)
- La muestra recolectada en campo se colocó en un cajón de madera con una capacidad de 30 kg (muestra de suelo contaminado con plomo por actividad minera), se colocó cartón en la parte inferior para evitar perder la muestra a la hora de riego y reducir los lixiviados.
- Se realizó 5 orificios donde se procedió a trasplantar la sábila.
- En el proceso de fitorremediación se utilizó lo siguiente; Cajón de madera, suelo contaminado (muestra de campo), 5 plantas de Sábila y agua para el riego diario.
- El 20 de agosto se realizó el trasplante de la especie, para observar su desarrollo hasta el 20 de noviembre. (Ver imagen 7) se muestra

Imagen 5: Plantas de Sábila (Aloe vera) listas para el trasplante



Fuente: Imagen propia. 2017

Imagen 6: Primeros días luego del trasplante



Fuente: Imagen propia. 2017

Para finalizar se muestra a imagen N°7, donde se observa los cambios transcurridos en los tres meses que duro el proceso de fitorremediación. Como la concentración de plomo es elevada (234 ppm) la especie no se desarrolló adecuadamente, puesto que las hojas están amarillas.

Imagen 7: Fin del proceso de fitorremediación



Fuente: Imagen propia. 2017

2.4.1.3 Análisis espectrofotométrico de absorción atómica

- De la muestra obtenida en campo se pesa 10 g de la muestra tamizada.
- Se añade 30 ml de solución de ácido nítrico 5 M, luego se agita por 15 minutos.
- Se calienta por 15 minutos 90 grados.
- Se enfría y filtra.
- El residuo se lava 3-4 veces con 10 ml de HNO₃ al 1%
- El lavado se añade a la solución obtenida del filtrado anterior, el residuo es desechado.
- Prosiguiendo se completa con HNO₃ 1%. En un tubo de ensayo de 100 ml.
- Se toma 10 ml de la solución anterior y se enraza en una fiola de 100ml con agua destilada.
- Luego se procede a guardar la muestra para leer en el espectrofotómetro de absorción atómica.

Lectura de la muestra

Las muestras obtenidas anteriormente se procederán a leer en el espectrofotómetro de absorción atómica con horno de grafito a una longitud de onda de 283,3 nm. (Lecturas realizadas en el LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV)

Primero se realiza la detección del blanco es la que no tiene ningún componente, ya que es agua destilada. Se prosigue con la lectura con los estándares prepararon, luego se coloca la muestra que contiene plomo.

Este análisis se realizó para la detección de plomo (Pb) inicial y para la detección final (culminado el proceso de fitorremediación) en tres repeticiones.

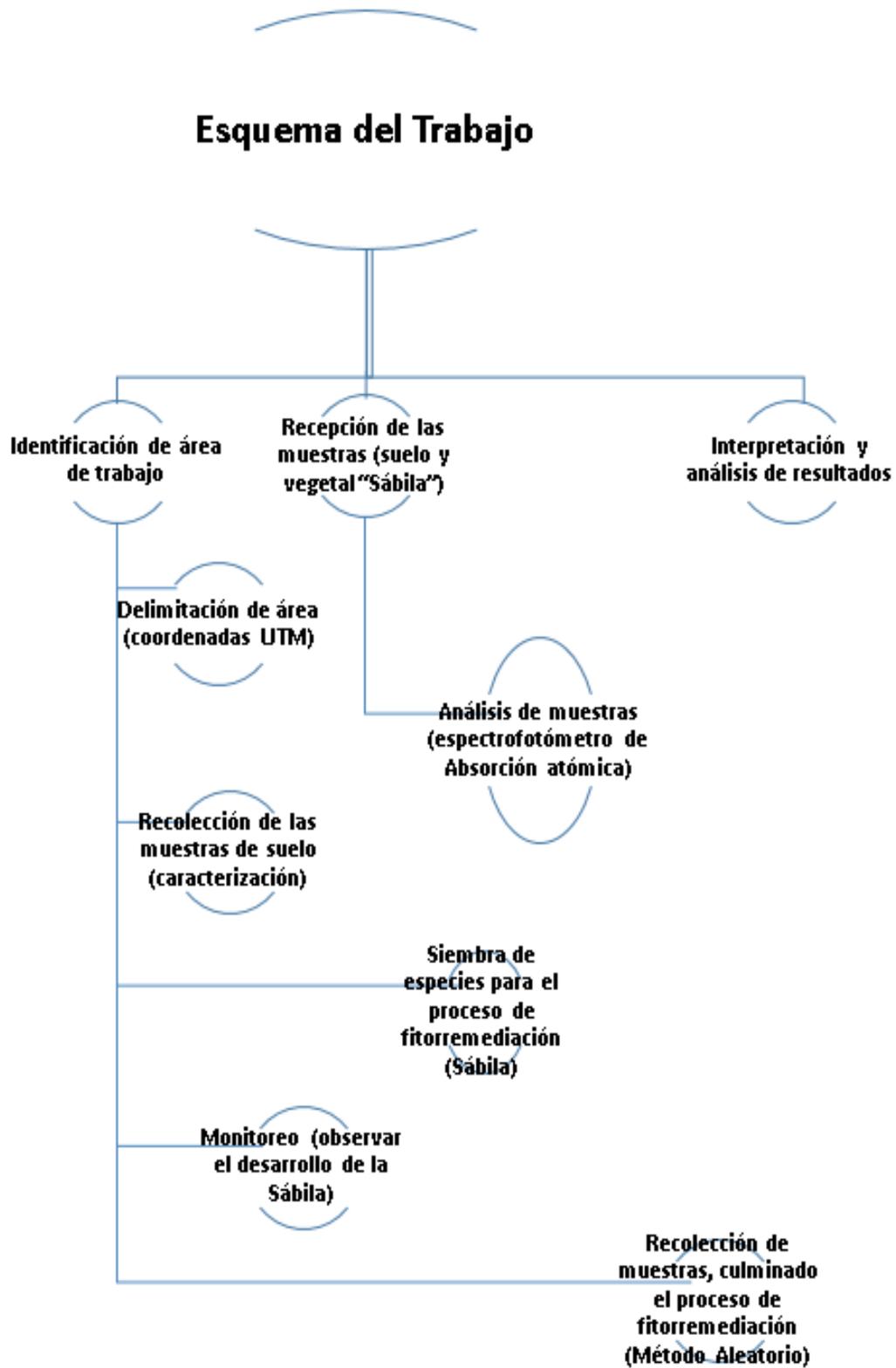
Imagen 8: Espectrofotómetro de absorción atómica
(Laboratorio de biotecnología UCV)



Fuente: Imagen propia. 2017

2.4.1.4 Diseño del proyecto

Gráfico 2: Esquema de trabajo



Fuete: Elaboración Propia

2.4.2 Técnicas de recolección de datos

Observación

2.4.3 Instrumentos de Recolección de Datos

Ficha de observación en campo y para la recolección de datos en laboratorio

2.4.4 Validez y confiabilidad

La validación de los instrumentos fue a través de expertos, que mediante su experiencia, evaluaron y observaron algunos puntos que fueron levantadas. Además, la confiabilidad está basado en los resultados estadísticos del Alfa de Cronbach.

2.4.5 Métodos de análisis de datos

El método utilizado para el análisis de datos es la estadística descriptiva. Se utilizó gráficos y tablas que muestran el avance y progresión del proceso de fitorremediación, los datos fueron tratados a través de la prueba de T_STUDENT para datos emparejados, ya que son muestras de pre y post prueba, con los que se contrasto la hipótesis plateada. Los datos fueron procesados el software SPSS versión 23, para el procesamiento y análisis estadístico.

2.4.6 Aspectos éticos

Es importante para todo profesional conservar una visión correcta de su laboral, especialmente como ingenieros ambientales, ya que debemos mantener una visión global e integral en la solución de problemas ambientales y buscar el equilibrio entre los distintos aspectos del desarrollo humano y la conservación de los recursos naturales, atendiendo a los derechos de las generaciones futuras, en el afán de lograr un desarrollo sustentable. Los ingenieros tienen la capacidad y el deseo de obtener beneficios para la sociedad y el medio ambiente, el progreso de la gestión de los recursos y la reducción de los residuos o contaminantes. Tienen prioridad a la seguridad, la salud y el bienestar de la población y la protección del medio ambiente.

III. RESULTADOS

3.1 Análisis de suelo contaminado con Pb

Se tomó una muestra del área contaminada con plomo (Pb), que fue trasladado al laboratorio para realizar un análisis de plomo inicial y final por el método de absorción atómica con el equipo espectrofotométrico, para observar la concentración del metal pesado presente en la muestra antes del proceso de fitorremediación, entre los parámetros fisicoquímicos se analizó el pH, conductividad, estos serán comparados con los estándares de calidad para suelos en el rubro de suelos agrícolas, puesto que en la zona predomina la actividad agrícola.

Los valores se tomaron al culminar el periodo de tratamiento que fue de tres meses iniciando el 20 de agosto y finalizo el 20 de noviembre del 2017.

3.2 Resultados iniciales y finales

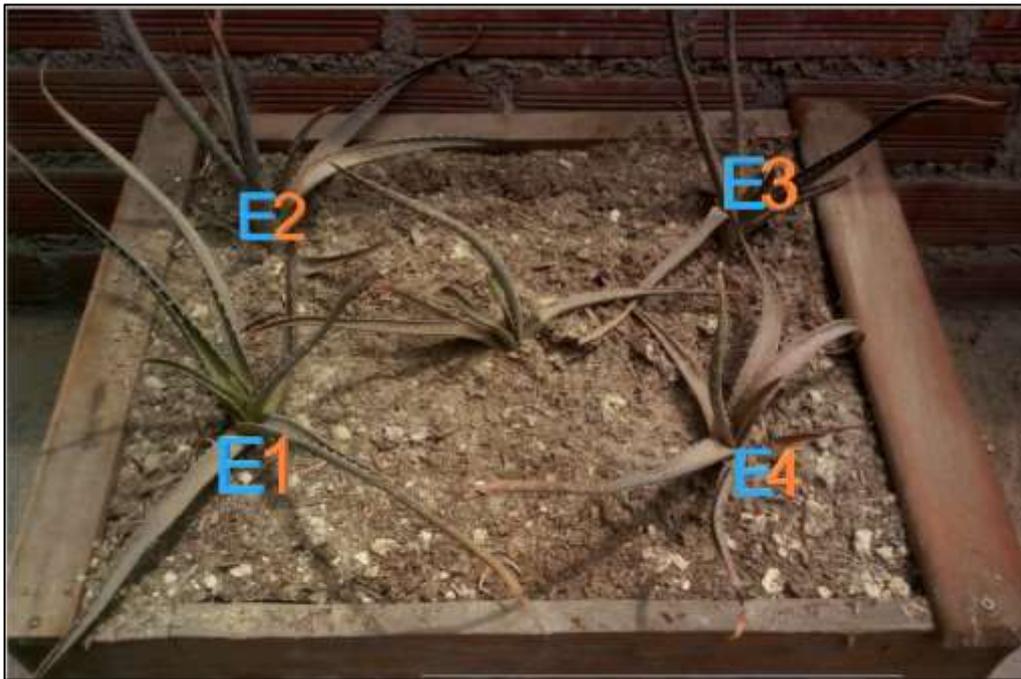
Cuadro 5: Resultados de la fitorremediación

VARIABLE INDEPENDIENTE	MUESTRA DE TRATAMIENTO	PLANTAS DE MUESTRAS	Respuesta física					Concentración	
			Tamaño inicial de las hojas	Tamaño final de las hojas	Tamaño inicial de la raíz	Tamaño final de la raíz	Numero de hojas	Plomo final absorbido en las Hojas	Plomo final absorbido en la raíz
SÁBILA (AÑO VERA)	M1	E1	31.00	44.00	4.00	5.20	8.00	721.50 mg/kg	341.13 mg/kg
		E2	32.50	41.00	3.80	5.00	8.00		
	M2	E3	26.50	33.50	3.00	4.50	6.00	749.25 mg/kg	345.75 mg/kg
		E4	34.50	21.60	4.30	5.40	7.00		
PROMEDIO			31.13	35.03	3.78	5.03	7.25	735,38	343,44

Fuente: Elaboración propia. 2017

Interpretacion: En el cuadro se observa el crecimiento de la raiz y las hojas despues del tratamiento (cuadro N°5) y la concetracion final de plomo absorbido en hojas y raiz de la sabila, despues de 3 meses de crecimiento. Para el analisis de laboratorio fueron considerados como las repeticiones M1 (E1, E2) y M2 (E3 y E4)

Imagen 9: Especies de Sábila después del Trasplante



Fuente: Imagen propia. 2017

Imagen 10: Etapa de adaptación



Fuente: Imagen propia. 2017

Como se puede observar en el proceso de adaptación de la sábila ha cambiado su aspecto, puesto las hojas más grandes están perdiendo color y a su vez las pequeñas se están adaptando al cambio (Imagen N°10), como se sabe por teoría el plomo inicialmente ayuda a que la especie prospere, pero como el contenido de plomo es alto (1470,09 mg/kg) frena desarrollo de la especie como se observa en el cuadro N° 5.

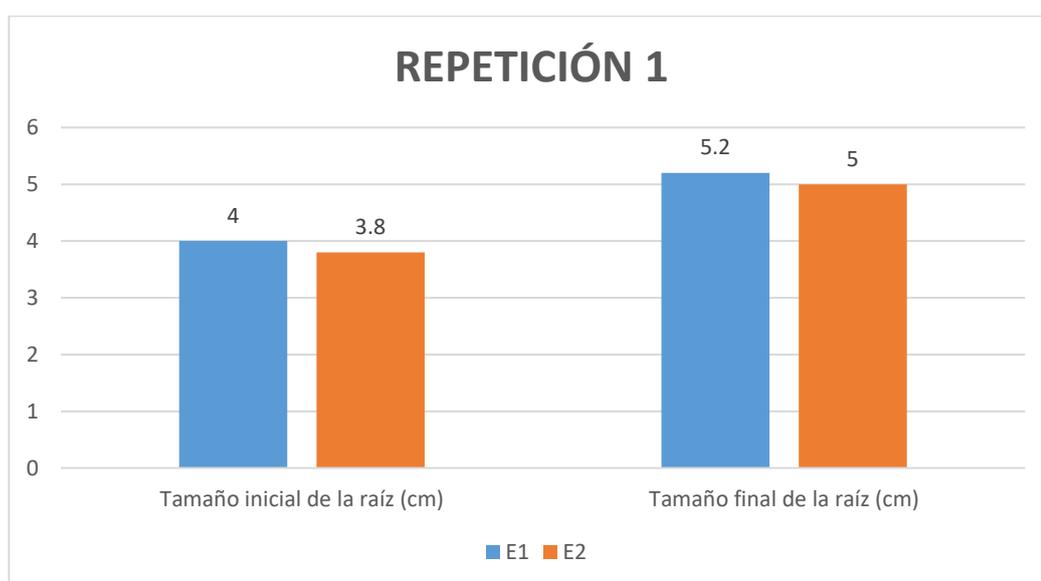
Cuadro 6: Desarrollo de la raíz de la Sábila (Aloe vera)

MUESTRA	Tamaño inicial de la raíz (cm)	Tamaño final de la raíz (cm)
E1	4	5.2
E2	3.8	5
E3	3	3
E4	4.3	5.4
PROMEDIO	3.775	4.65

Fuente: Elaboración propia. 2017

Gráficos del desarrollo de la raíz de la Sábila (Aloe vera)

Gráfico 3: Desarrollo de la raíz, repetición 1



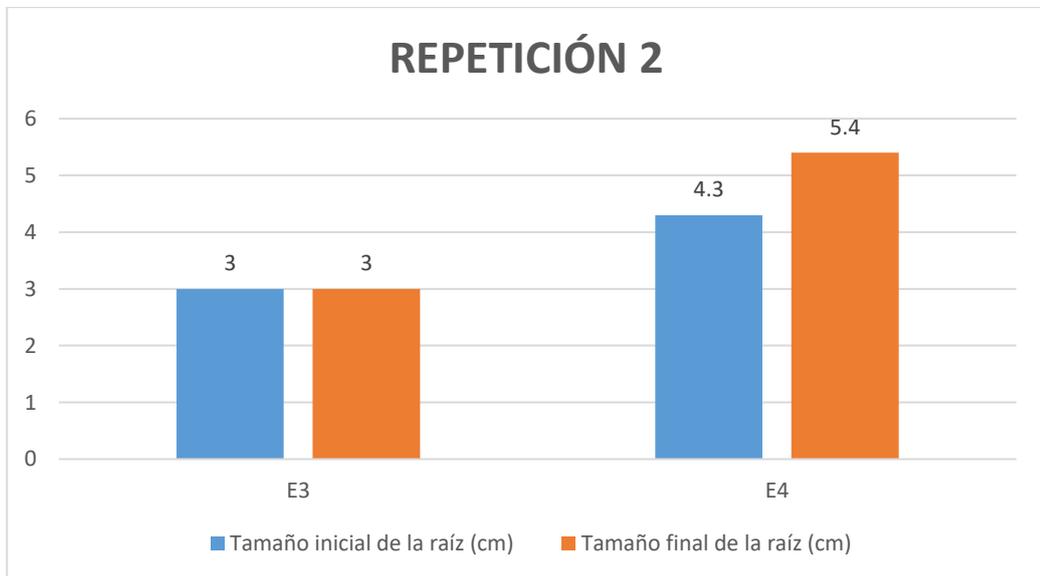
Fuente: Elaboración propia. 2017

Imagen 11: Desarrollo de la raíz, repetición 1



Fuente: Imagen propia. 2017

Gráfico 4: Desarrollo de la raíz, repetición 2



Fuente: Elaboración propia. 2017

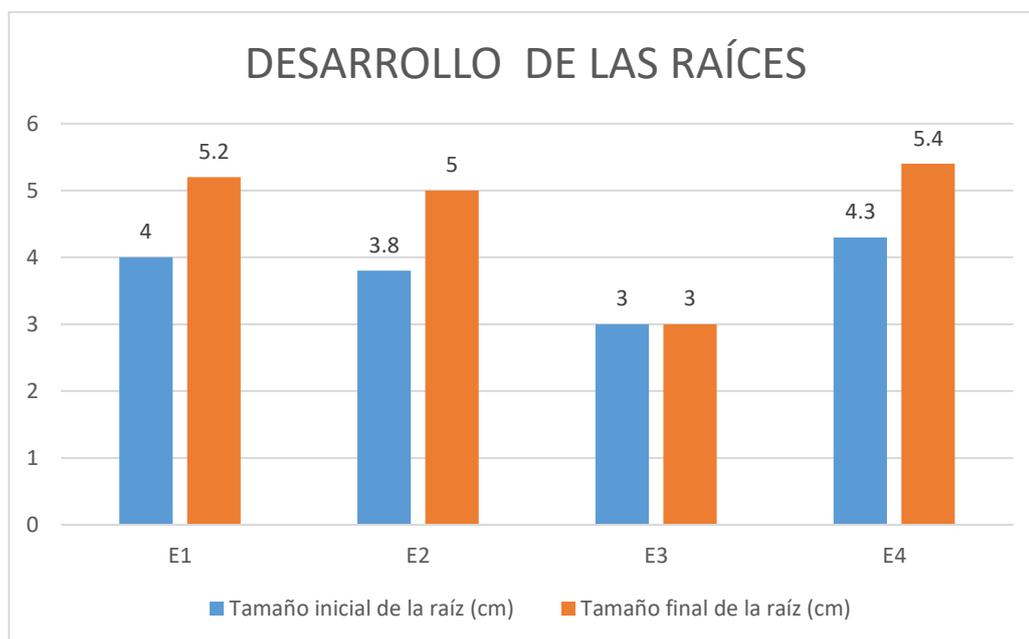
Imagen 12: Desarrollo de la raíz de la repetición 2



Fuente: Imagen propia. 2017

Interpretación: como se muestra en los gráficos (N° 1 y 2) las raíces se principales llamada cofia se han desarrollado en todo el periodo que duro el proceso de fitorremediación (según la imagen N° 4 y 5) aunque se puede notar claramente que el crecimiento no ha sido homogéneo, puesto que en la repetición 1 (especie N° 3) no presenta ningún cambios, por otra parte las demás especies si llegaron a desarrollarse con un máximo de 2.1 centímetros (Especie N°5), además el lento desarrollo de las raíces se debe a múltiples factores tanto climáticos como químicos, puesto que la muestra tiene un alto contenido de plomo (234 ppm). Por otra parte, la temperatura juega un papel muy importante en este proceso, ya que a una temperatura de 25 °C la raíz de una especie pude llegar a desarrollarse hasta 3 centímetros, para finalizar se puede afirmar que a mayor temperatura el desarrollo de la raíz en más rápida.

Gráfico 5: Desarrollo total de las raíces de la especie (Sábila)



Fuente: Elaboración propia. 2017

Interpretación: El gráfico N°5 muestra el crecimiento general de las raíces de la sábila en un periodo de 3 meses, en las 5 muestras. Durante este proceso las raíces se desarrollaron condicionados por el tipo de suelo (suelo contaminado con plomo por actividad minera). Puesto que el tratamiento se llevó a cabo en un tiempo muy corto la especie no llegó a desarrollarse al máximo, es por ello que en la muestra número tres (E3) no se puede observar cambio alguno, como se observa en las demás especies, hay que destacar que la muestra número uno (E1) tuvo un crecimiento 2.1 centímetros más al tamaño inicial con la que se trasplanto la especie, las especies (E1, E2 y E4) tuvieron un crecimiento mayor a un centímetro en su raíz principal.

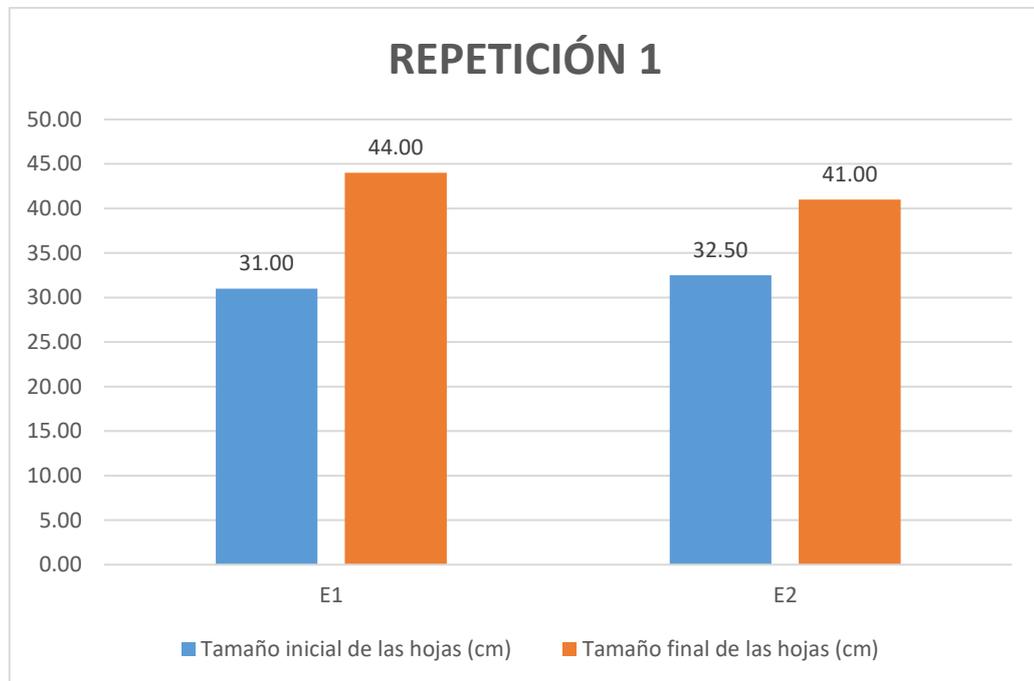
MUESTRA	Tamaño inicial de las hojas (cm)	Tamaño final de las hojas (cm)	Numero de hojas
E1	31.00	44.00	8.00

E2	32.50	41.00	8.00
E3	26.50	33.50	6.00
E4	27.50	31.60	7.00
PROMEDIO	29.38	37.53	7.25

Fuente: Elaboración propia. 2017

Gráficos crecimiento de las hojas de la Sábila (Aloe vera)

Gráfico 6: Crecimiento de las hojas, repetición 1



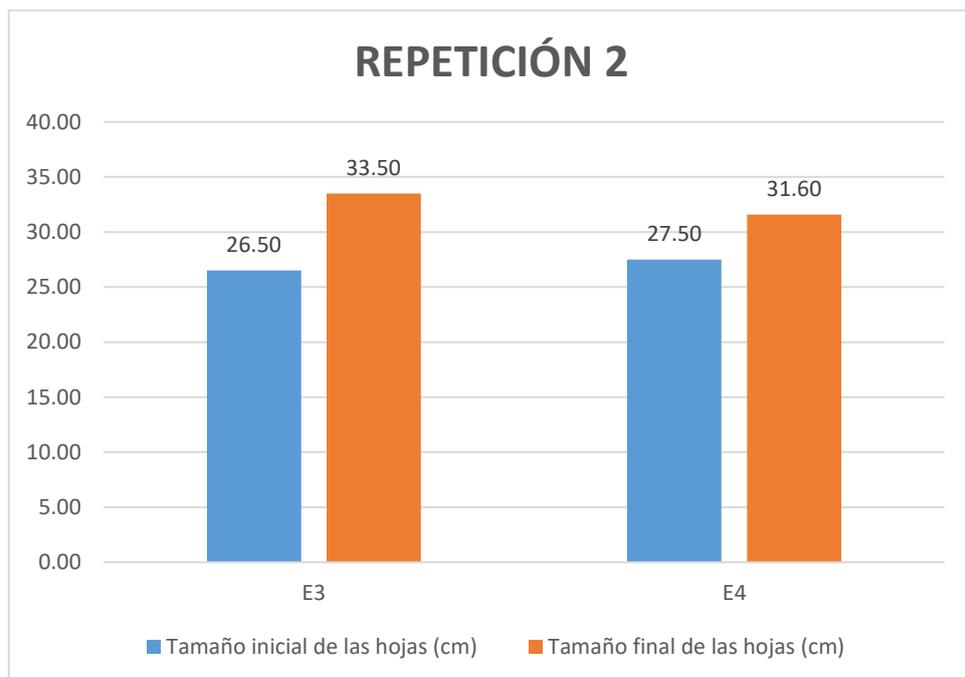
Fuente: Elaboración propia. 2017

Imagen 13: Crecimiento de las hojas, repetición 1



Fuente: Imagen propia. 2017

Gráfico 7: Crecimiento de las hojas, repetición 2



Fuente: Elaboración propia. 2017

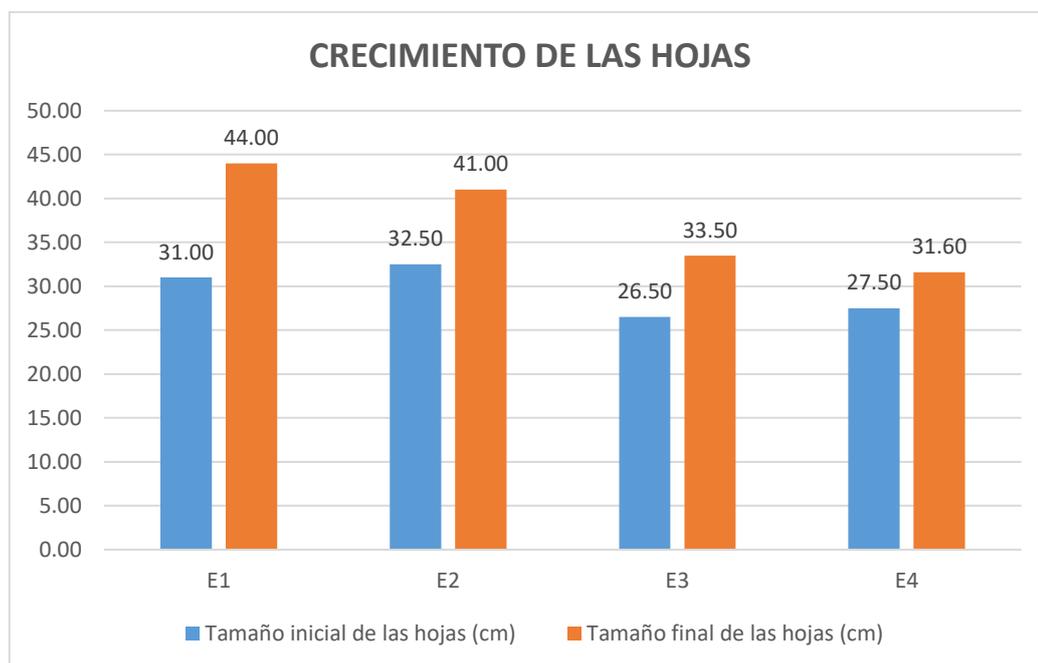
Imagen 14: Crecimiento de las hojas, repetición 2



Fuente: Imagen propia. 2017

Interpretación: Como se muestra en los gráficos (N°6 y7) el crecimiento fue notorio en cada uno de las repeticiones, por una parte, se puede observar la imagen N° 12 donde la altura máxima que alcanzo la especie (N°1) es de 44 centímetros en la primera repetición, en la segunda repetición la altura máxima que alcanzó la especie (N° 3) fue de 33 centímetros. El crecimiento general de todas las especies se encuentra ilustrado el cuadro N° 7, donde el promedio inicial de las hojas es de 29.38 centímetros y del promedio final es de 37.53 centímetros, hay que hacer notar que el crecimiento total de las durante el proceso de fitorremediación fue de 8.15 centímetros.

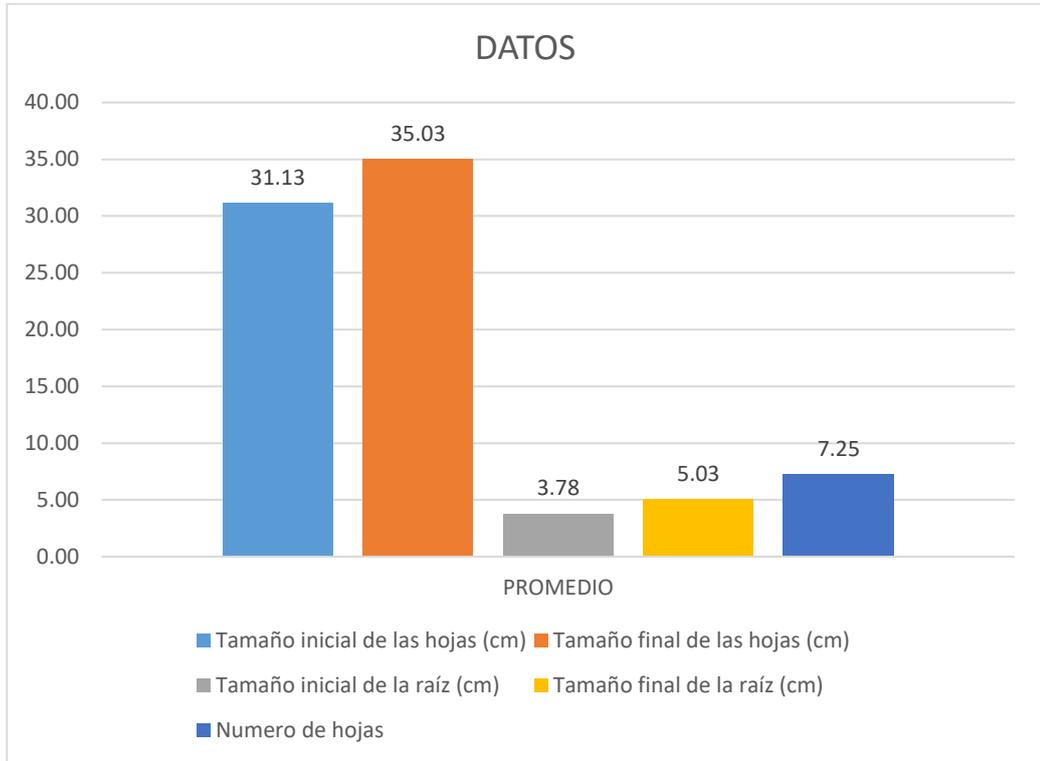
Gráfico 8: Crecimiento total de las hojas de la sábila (Aloe vera)



Fuente: Elaboración propia. 2017

Interpretación: En el gráfico N° 8 se puede ilustrar el crecimiento general de las especies de sábila en un periodo de tres meses, periodo en el que se llevó a cabo proceso de fitorremediación de suelos contaminados con plomo por actividad minera. Considerando que el tratamiento se efectuó en un suelo con alta concentración de plomo (1470,09 mg/kg), lo cual impide el desarrollo de la especie (Sábila). Sin embargo, las muestra E1 tuvo un mayor crecimiento de 13 cm y E4 tuvo el menor crecimiento con 4,10 cm. Las muestras E2 y E3 tuvieron un crecimiento mayor a 7 centímetros sobre la medición inicial, esto se debe a los factores fisicoquímicas y al tiempo de adaptación de dicha especie.

Gráfico 9: Respuesta física de la Sábila (Aloe vera)



Fuente: Elaboración propia. 2017

Interpretación: El grafico N° 9 nos muestra la progresión total de la Sábila, es decir que en dicho grafico se reflejan los resultados de todo el proceso de fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar sábila en suelos contaminados por actividad minera.

Repeticiones	Muestra	Plomo final absorbido en las Hojas	Plomo final absorbido en la raíz
M1	E1	721.50 mg/kg	341.13 mg/kg
	E2		
M2	E3	749.25 mg/kg	345.75 mg/kg
	E4		
Promedio		735.375	343.44

Fuente: Elaboración propia. 2017

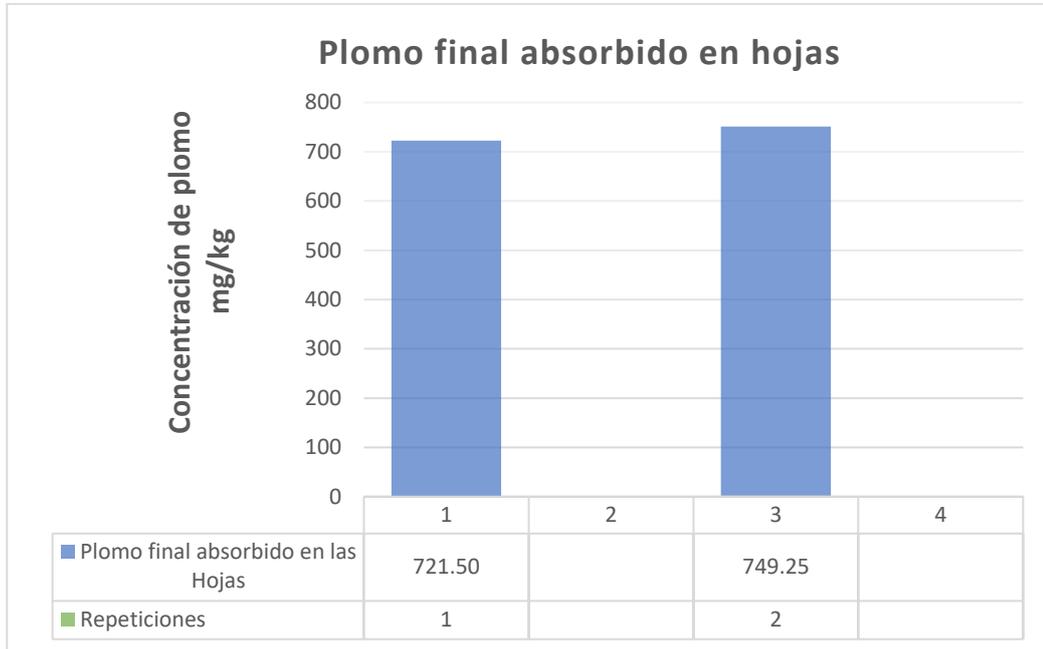
Gráfico 10: Concentración de Plomo en la Raíz de la Sábila



Fuente: Elaboración propia. 2017

Interpretación: En el gráfico N° 5, se muestran las concentraciones finales de plomo absorbido en la raíz de la Sábila, estos análisis se realizaron al culminar el proceso de fitorremediación que duró tres meses, llegando a absorber un total de 686,88 mg/kg. Además, como se denota en el gráfico N° 10 en la repetición número 1 se llegó a absorber 341,13 mg/kg de plomo y en la repetición número 2 se logró absorber 345,75 mg/kg de plomo respectivamente. La absorción fue elevada, puesto que la muestra tiene alto contenido de plomo (1470,09 mg/kg). No obstante, la biodisponibilidad del metal es un factor muy importante para la absorción del metal en estudio; La biodisponibilidad puede ser afectada por propiedades químicas del suelo, tales como el pH, contenido y tipo de arcilla, contenidos de materia orgánica, óxidos de Fe, Al y Mn, potencial redox, capacidad de intercambio catiónico, cationes y aniones solubles. (PAREDES, H. 2009). Por la alta concentración de plomo en la raíz de la especie en estudio Sábila (Aloe vera) se puede concluir que la biodisponibilidad del plomo en nuestra muestra es favorable.

Gráfico 11: Concentración de Plomo en hojas de la Sábila



Fuente: Elaboración propia. 2017

Interpretación: Como se denota en el gráfico N° 11 las concentraciones finales de plomo absorbido en las hojas de la Sábila son mayores comparando con la absorción de la raíz, se llegó a absorber un total de 1470,75 mg/kg de plomo, en la repetición número 1 se llegó a absorber 721,5 mg/kg y 345,75mg/kg en la repetición número 2.

3.2.1 Resultados de pH y conductividad de la muestra inicial y final

MUESTRA	pH	Conductividad
INICIAL	3.7	5.08 dS/m
FINAL	4.9	3.45 dS/m

Fuente: Análisis realizado en el laboratorio de biotecnología – UCV. 2017

Interpretación: En el cuadro N° 8 se puede observar el valor de pH inicial 3,7 es menor en comparación a los resultados final tomados al finalizar el proceso de fitorremediación 4,9, es decir que el proceso de acides ha ido disminuyendo, pero en concentraciones mínimas, la estabilidad al nivel óptimo de pH Según la **EPA** los valores recomendados son de 6.5 a 8.5 unidades de pH. Según el **OMS** El pH recomendable 6,5 y 9,5. Por este motivo deberá de considerarse más tiempo para llevar a cabo el proceso de fitorremediación, puesto que el pH es uno de los factores que afecta la biodisponibilidad en los suelos. Según el MINAM (2013, p 03.) la biodisponibilidad es fracción soluble de un elemento potencialmente tóxico que puede atravesar barreras biológicas de intercambio del organismo receptor. En cuanto al nivel de conductividad según teorías esto estaría ligado a la cantidad de sales presentes en la muestra, también a la presencia de metales, ya que esta muestra proviene de actividad minera existe una gran cantidad de metales. Por otra parte, existe una gran posibilidad de que la especie (Sábila) haya absorbido los metales a su estructura, es por esta razón que la conductividad final (3.45 dS/m) es menor a la inicial (5.08 dS/m), sin embargo, no llego a disminuir lo suficiente, puesto que la concentración optima es de 2 dS/m según Canadian Environmental Quality Guidelines.

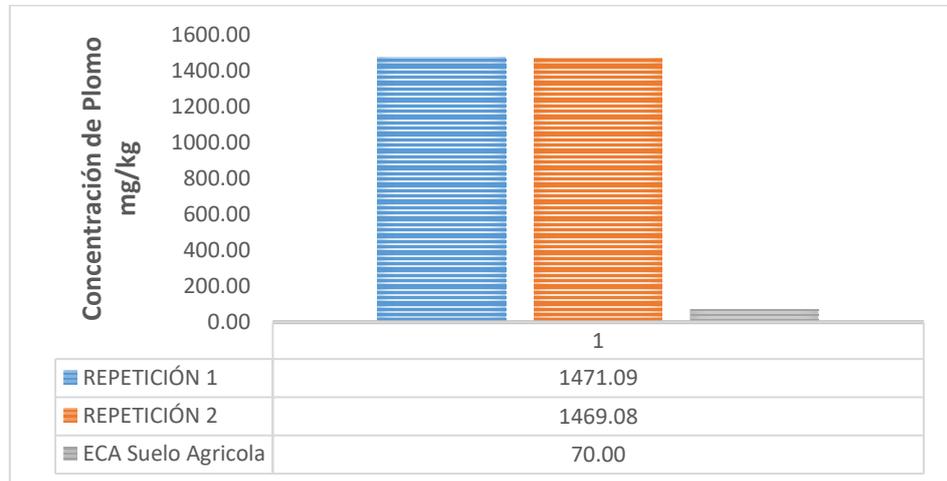
Resultados de la concentración inicial de las muestra de suelo

Análisis de Muestras por Absorción Atómica	PLOMO INICIAL mg/kg	PLOMO FINAL mg/kg
REPETICIÓN 1	1471.09	971.00
REPETICIÓN 2	1469.08	969.00
PROMEDIO	1470.09	970.00
ECA Suelo Agrícola	70.00	70.00

Fuente: Análisis espectrofotométrico de Absorción atómica realizado en el laboratorio de biotecnología de la UCV, 2017.

En el cuadro N° 9 se ilustra los resultados de plomo (Pb) en cada una de las repeticiones, también se muestran los resultados finales (después del tratamiento con Sábila)

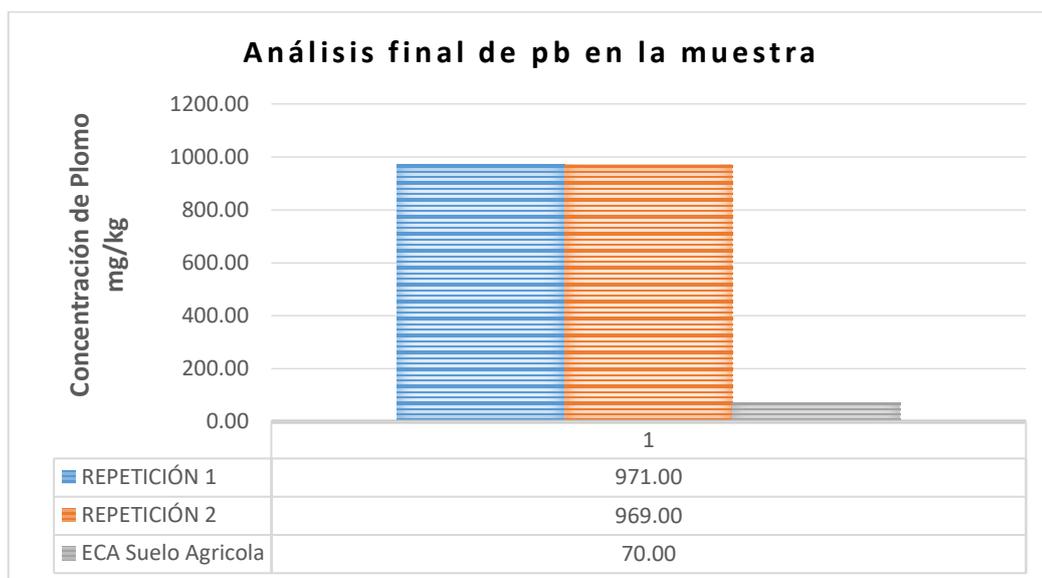
Gráfico 12: Concentración inicial de plomo en la muestra



Fuente: Elaboración propia. 2017

Interpretación: El gráfico N° 10 representa las dos repeticiones que se llevó a cabo con la finalidad de conocer la concentración de plomo (Pb), obteniendo los siguientes resultados, para la repetición 1 se tiene 1471.09 mg/kg y la repetición 2 se tiene 1469.08 mg/kg. Luego se tiene un promedio de la concentración inicial de plomo que es de 1470,90 mg/kg. Esta concentración supera ampliamente lo que se especifica en el D. S. N° 002-2013-MINAM, donde se indica que los valores máximos para el sector agrícola en 70 mg/kg.

Gráfico 13: Concentración final de Pb en la muestra



Fuente: Elaboración propia. 2017

Interpretación: Como se denota en el gráfico N° 11 la concentración ha disminuido considerablemente mostrando las siguientes concentraciones 971,00 mg/kg en la primera repetición y 969,00 en la segunda repetición. Luego se tiene un promedio inicial 970,00 mg/kg. Esta disminución, no genera un afecto significativo con respecto a los valores que está especificado en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), ya que el valor es de 70 mg/kg para suelos de uso agrícola.

Porcentaje de Eficiencia

$$EF(\%) = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$$

$$EF(\%) = \frac{1470,09 - 970,00}{1470,09} \times 100$$

$$EF(\%) = 34,05 \%$$

Interpretación: Por medio de la fórmula de Eficiencia se puede llegar a concluir que la Sábila (Aloe vera) tiene una eficiencia de 34,05 % en el tratamiento de plomo en suelos contaminados por actividad minera, después de un periodo de tres meses (proceso de fitorremediación), con estos resultados se puede concluir que la sábila tiene capacidad para acumular plomo (Pb).

3.2.2 Resultados del software SPSS, Prueba T-Student para variables relacionadas

Para los análisis estadísticos se realizó la prueba T-Student para variables relacionadas, este proceso está direccionado a la constatación de la hipótesis, esto se debe a que las muestras son de un mismo grupo que serán analizadas en un antes y después de haber culminado el tratamiento.

En este trabajo de investigación se utilizó la prueba T-Student, puesto que compararemos las medidas, que tiene una distribución normal para una pequeña muestra. Además, los datos utilizados serán relacionados, puesto que cada cambio que se da de esta directamente relacionado al otro grupo.

3.2.2.1 Análisis de alfa de Alfa de Cronbach

Cuadro 7: Procesamiento de casos

Resumen de procesamiento de casos		N	%
Casos	Válido	3	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	3	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Fuente: Elaboración propia. 2017

Cuadro 8: Valor estadístico de Alfa de Cronbach

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,889	2

Fuente: Elaboración propia. 2017

Interpretación: En el cuadro N° 11 y 12 se puede observar que Alfa de Cronbach arroja un valor de 0,889 esto significa que es un buen valor, ya que si en una prueba el valor de alfa de Cronbach es mayor 0,8 obedece una buena confiabilidad.

3.2.2.2 Contraste de Hipótesis General

H₀: La fitorremediación de suelos contaminados con Pb **NO** es eficiente cuando se aplica Sábila

H_i: La fitorremediación de suelos contaminados con Pb es eficiente cuando se aplica Sábila

Para observar el comportamiento de normalidad, se optó por los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, puesto que en esta prueba se llevan a cabo los ajustes para obtener los resultados, por otra parte se tiene que aceptar o rechazar la hipótesis nula, esta etapa se basa en el valor de significancia, si el valor de significancia es mayor a 5% se rechaza la hipótesis nula, pero si el valor es menor se acepta la hipótesis nula. Además, esta prueba es para muestras menores a 30.

Cuadro 9: Prueba de normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
C. de Plomo Inicial	,175	3	.	1,000	3	1,000
C. de Plomo Final	,175	3	.	1,000	3	1,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia. 2017

P-Valor (Concentración de Pb Inicial) = 1 > $\alpha = 0,05$

P-Valor (Concentración de Pb Final) = 1 > $\alpha = 0,05$

Interpretación: En el cuadro N°13 se observan los resultados de normalidad, con esto se puede concluir que los datos de plomo provienen de una distribución normal. Puesto que los valores de significancia son mayores a 5%.

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	C. de Plomo Inicial - C. de Plomo Final	500.00000	1.00000	.57735	497.51586	502.48414	866.025	2	.000

Fuente: Elaboración propia. 2017

P-Valor $0,00 < \alpha = 0,05$

Interpretación: El cuadro N°14 nos arroja un resultado, que según la prueba T- Student que existe una diferencia significativa en las medias de las muestras del análisis de plomo (Pb) en suelos contaminados por actividad minera, al finalizar el tratamiento de los datos en el Software, se obtiene un valor de significancia menor al 5%. Así pues, se concluye que la fitorremediación de suelos contaminados con Pb es eficiente cuando se aplica Sábila.

3.2.2.3 Contrastación de Hipótesis específica

a) Hipótesis específica

H₀: Los atributos físicos **NO** tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)

H₁: Los atributos físicos tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	T_Final_Raíz - T_Inicial_Raíz	1.05000	.23805	.11902	.67121	1.42879	8.822	3	.003
Par 2	T_Inicial_Hoja - T_Final_Hoja	-9.40000	4.02575	2.01288	15.80587	-2.99413	-4.670	3	.019

Fuente: Elaboración propia. 2017

P-Valor (Tamaño de la Raíz) = 0,003 < α = 0,05

P-Valor (Tamaño de las Hojas) = 0,019 < α = 0,05

Interpretación: En el cuadro N°15 se observan los resultados, con los que se puede afirmar que existe una diferencia significativa en las medias de las muestras de la dimensión Respuesta física, al culminar el tratamiento, por tener un valor de significancia menor al 5%. En definitiva, se llega a concluir que la respuesta física tuvo un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con plomo (Pb).

b) Hipótesis específica

H₀: La Sábila **NO** absorbe el Pb en la parte aérea y radicular al fitorremediar los suelos contaminados

H₁: La Sábila absorbe el Pb en la parte aérea y radicular al fitorremediar los suelos contaminados

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Pb_Absobido_Hojas_Final - Pb_Absobido_Hojas_Inicial	63.67000	5.57200	3.94000	13.60755	113.73245	16.160	1	.039
Par 2	Pb_Absobido_Raíz_Final - Pb_Absobido_Raíz_Inicial	29.24500	2.36881	1.67500	7.96211	50.52789	17.460	1	.036

Fuente: Elaboración propia. 2017

P-Valor (Absorción de Pb en Hojas) = 0,039 < α = 0,05

P-Valor (Absorción de Pb en Raíz) = 0,019 < α = 0,05

Interpretación: En el cuadro N°16 se observan los resultados, con los que se puede afirmar que existe una diferencia significativa en las medias de las muestras, al culminar el tratamiento, por tener un valor de significancia menor al 5%. En definitiva, se llega a concluir que la Sábila absorbe el Pb en la parte aérea y radicular al fitorremediar los suelos contaminados.

IV. DISCUSIÓN

El contenido de plomo (Pb) en la parte aérea de la sábila fue mayor que en la parte radicular, en donde la absorbió promedio en la hoja fue de 343,44 mg/kg y 735,375 mg/kg en la raíz, con una clara denotación que en la hoja hubo una mayor acumulación del metal, con estos resultados obtenidos no se podría compartiría lo que menciona Rodríguez, M., (2015) que en algunas especies el plomo se almacena en la parte radicular, y es mínima la concentración en otras partes de la especie. Por otra parte, tenemos a Meza, Y., (2014) en su proyecto titulado “*Fitorremediación de plomo (Pb) y arsénico (As) con higuera (Ricinus communis L.) En asociación con micorrizas*”, donde llega a determinar que en la raíz ocurre la mayor acumulación de este metal, con un promedio general de 280,78 mg/ kg; no podemos estar de acuerdo con expuesto anteriormente, puesto que nuestros resultados son opuestos. Se denota que la sábila absorbió en mayor cantidad en la parte aérea, esto se debe a que esta especie desarrolla en mayores medias sus hojas, puesto que los utiliza como almacén de sales.

En la presente investigación de suelos contaminados con plomo por actividad minera, se observó el crecimiento promedio raíz 1,25 centímetros y la hoja 3,90 cm durante un periodo de tres meses, el bajo desarrollo se debe a los factores fisicoquímicos pH y conductividad; el pH es una propiedad química que influye sobre la movilidad de los diferentes elementos del suelo, así como la disponibilidad de nutrientes (Gonzales et al., 2010) citado por Martell, N., (2014), como los valores encontrados en el análisis de la muestra final en pH ha disminuido esto se debe a que la sábila puede sobrevivir en suelos medianamente ácidos (pH 4.5) Domínguez Fernández, R. [et al] (2012). Por otra parte, Martell, N., (2014) en su proyecto con la especie Lolium menciona que el Lolium perenne L puede tolerar suelos fuertemente ácidos y alcalinos si dispone de agua y nitrógeno en abundancia; como los resultados obtenidos se asemejan a lo que descubrió Martell, N., (2014), se puede concluir que la sábila es apta para recuperar suelos con un pH ácido.

En el proceso de fitorremediación la sábila logró obtener una eficiencia 34,05 %, pudo haber sido mayor si el tiempo hubiese sido más prolongado, durante el proceso se usó la muestra de suelo contaminado, agua. Pero si se hubiese empleado otro mecanismo quizá el porcentaje de absorción sería mayor, Chávez R., (2014) obtuvo los siguientes resultados en las plantas en estudio “*Fitorremediación de suelos con especies nativas*”, llegando a determinar De las dos especies utilizadas en el proceso de fitorremediación la Nicotiana llegó a almacenar mayor cantidad de plomo en su biomasa aérea 96.5 ppm. En todo el proceso se llegó a determinar el factor de translocación total de plomo (0,39 mg. Podemos estar de acuerdo con lo que menciona Chaves R., (2014), ya que obtuvimos resultados similares, puesto que la mayor absorción de plomo se dio en la parte aérea de la especie.

V. CONCLUSIÓN

De relación a los resultados y condiciones de evaluación del trabajo experimental se llegó a plantear las siguientes conclusiones

De acuerdo a las concentraciones de plomo tanto inicial como final (1470,09 y 970,00 mg/kg), se concluye que la eficiencia de la sábila (Aloe vera) es de 34.05 % en un periodo de tres meses; además el contenido de plomo disminuyo debido a la absorción, lixiviación y dilución. Pero los resultados finales no se encuentran los límites máximo permisibles para suelos de uso agrícola de acuerdo al D.S N° 002-2013 MINAM.

Se determinó los atributos físicos, bajo condiciones experimentales, por medio de la prueba T_ Para muestras relacionadas, así pues, se concluye que la respuesta física tuvo un cambio significativo (por tener un valor de significancia menor al 5%) después de fitorremediar los suelos contaminados con plomo (Pb). Pero en promedio la raíz 1,25 cm y la hoja 3,90 cm en un periodo de tres meses.

La sábila logro absorber 343,44 mg/kg en la raíz y 735,375 mg/kg en las hojas, en cuanto a la diferencia de absorción tanto en la raíz como en la hoja se debe a que la sábila tiene hojas carnosas que los usa como almacén de líquidos, ya que está compuesta por 95-99 % de agua con un pH de 4,5. Así pus se concluye que la sábila para extraer plomo (Pb) de un suelo contaminado con altas concentraciones por este metal.

VI. RECOMENDACIONES

Llevar a cabo otro proceso de fitorremediación In Situ, esto implicaría todo trabajo debe realizarse en campo en la zona afectada, de este modo se podría comparar con los resultados obtenidos en laboratorio. Además, se podría identificar si las condiciones climatológicas son favorables o si retrasan el proceso de fitorremediación.

Realizar investigaciones sobre las interacciones complejas entre la Sábila, suelo y el contaminante, puesto que son múltiples y no especificados claramente.

Se tiene que recolectar los lixiviados para su posterior análisis, para poder cuantificar la concentración perdida por el riego.

Realizar un proceso de fitorremediación con un periodo de tiempo más prolongado, para que la especie pueda desarrollarse al máximo, ya que el desarrollo de la sábila es muy lento. Además, existe una posibilidad de que la especie llegue a morir, ya que la absorción de plomo es muy alta y sigue en aumento.

REFERENCIAS

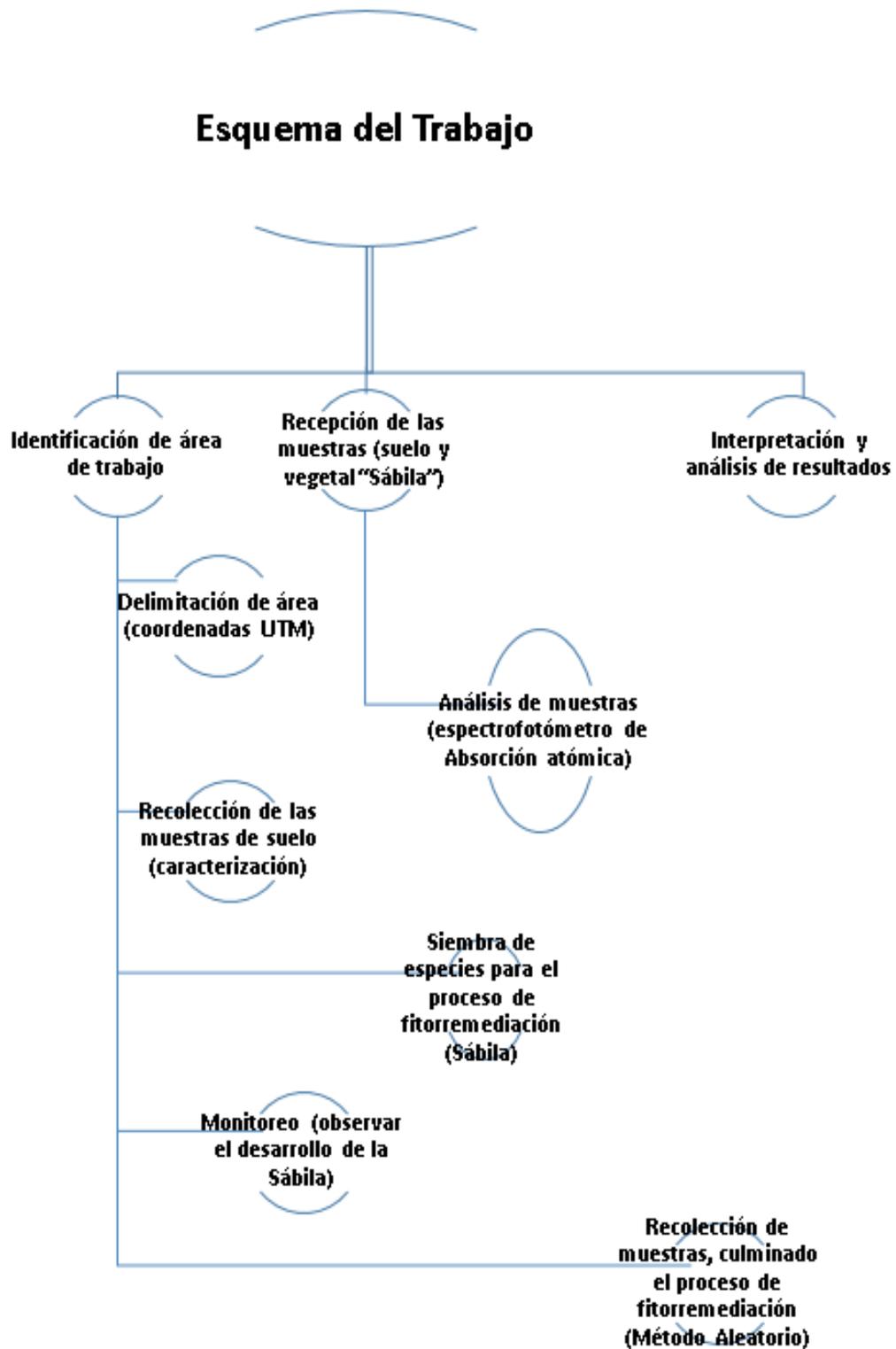
1. Ali H., Khan E., Sajad, M.A., 2013. Phytoremediation of heavy metals – Concepts and applications. *Chemosphere*, 91 (2), 869-881.
2. Altural, H. (2011) “Determinación de la capacidad de absorción de plomo en suelos por nicotinaglauca Graham”. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, México. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/2631/HUMBERTO%20ALTUNAR%20ALTUNAR.pdf?sequence=1>
3. Bautista, F., (2009) “Introducción a la contaminación de suelos por metales pesados”, v 1, ediciones de la universidad autónoma de Yucatán México Mérida, Yucatán, México. ISBN: 968-7556-82-X
4. Carpena, R. & Bernal, M., (2007). Claves de la Fitorremediación: fitotecnologías para la recuperación de suelos. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. Vol. 16, Pg (1–3). Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/540/54016201.pdf>
5. Chávez, R., (2014) “*Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo*” Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Disponible en: http://condor.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_martell_mendoza.pdf
6. CHávez, L., (2014) “*Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo*” Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. Disponible en: http://condor.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_martell_mendoza.pdf
7. Cordero, J. (2015) “*Fitorremediación in situ para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados (plomo y cadmio) y evaluación de selenio en la finca furatena alta en el municipio de Útica (cundinamarca)*” Universidad libre, Colombia.
8. Danh, Paul. [et al] (2009), Vetiver grass, vetiveria zizanioides: a choice plant for phytoremediation of heavy metals and organic wastes. *Revista Taylor & francis*. Vol. 11, Pág. 664–691.
9. Delgadillo, A. [et al] (2011) “Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación” Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Básicas e Ingeniería, Hidalgo, México. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>
10. Diez, F. (2008) Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas. Tesis doctoral, p. 6.
11. Domínguez Fernández, R. [et al] (2012) “El gel de aloe vera: estructura, composición química, procesamiento, actividad biológica e importancia en la industria farmacéutica y alimentaria”. *Revista Mexicana de*

- Ingeniería Química, vol. 11, núm. 1, p. 23-25. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/620/62024415003.pdf>
12. Espin, S. & Tufiño, V. (2015) “*Caracterización y propuesta de remediación de suelo contaminado con bifenilos policlorados (pcbs) ubicado en la bodega de materiales en la empresa eléctrica Quito- Cumbayá*”, universidad central del Ecuador.
 13. Gutierrez, C. (2004) “La calidad del suelo y sus indicadores” revista científica y técnica de ecología y medio ambiente, México: disponible en: [http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19618/mod_resource/content/1/La%20calidad%20del%20suelo%20y%20sus%20indicadores%20\(1\).pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19618/mod_resource/content/1/La%20calidad%20del%20suelo%20y%20sus%20indicadores%20(1).pdf)
 14. Gutierrez, C. (2004) “La calidad del suelo y sus indicadores” revista científica y técnica de ecología y medio ambiente, México: disponible en: [http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19618/mod_resource/content/1/La%20calidad%20del%20suelo%20y%20sus%20indicadores%20\(1\).pdf](http://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/19618/mod_resource/content/1/La%20calidad%20del%20suelo%20y%20sus%20indicadores%20(1).pdf)
 15. Hernandez, S. & Fernandez, C. (2010) “Metodología de la investigación”, México: Interamericano editores, S. A. de C.V. p 173.
 16. LIZANO, J. & CASTRO A., (2009) “Determinación de plomo en suelos debido a la contaminación por fábricas aledañas al Asentamiento Humano cultura y progreso del distrito de Ñaña - Chaclacayo”, Universidad mayor de san marcos, Perú. Disponible en: http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/1636/1/Oriundo_gc.pdf
 17. Maqueda, A., (2003) Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados, tesis de maestría. Universidad de las Américas Puebla. Puebla, México. Disponible en: http://web.uaemex.mx/Red_Ambientales/docs/congresos/OAXACA%202004/lis_tatecnologia/T092-T121.pdf
 18. Martell, N., (2014) “*Acumulación de metales pesados en Beta vulgaris L. y Lolium perenne L. de suelos de Cuemanco*”, Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://condor.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_martell_mendoza.pdf
 19. Meza, Y., (2014) “*Fitorremediación de plomo (Pb) y arsénico (As) con higuera (Ricinus communis L.) en asociación con micorrizas*” Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, México.
 20. Minam. Estándares de calidad ambiental para suelos. Perú, 2015. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/49252>.
 21. Minam. (2013, p 3-13) “GLOSARIO DE TERMINOS SITIOS CONTAMINADOS”. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>
 22. Núñez López, R. Aurelio. Fitorremediación: fundamentos y aplicación. México. 2014. Disponible en:

23. Paredes, H. (2009) "La geo disponibilidad y biodisponibilidad de metales pesados en la actividad minera". Revista. Disponible en: http://www.tecnologiaminera.com/tm/biblioteca/pdfart/140111031003_a.pdf
24. Rodriguez, M., (2015) "*Efecto del pH y la selectividad del metal en la capacidad de sorción de Pb y Cd por medio de plantas de junco (Typha latifolia) Movilidad y retención de metales pesados en residuos minerales y humedales*", Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México. Disponible en: <http://ninive.uaslp.mx/jspui/bitstream/i/3945/3/DCA1EMT01501.pdf>
25. SIERRA, R., (2006) "Fitorremediación de suelo contaminados con plomo por actividad industrial", Universidad autónoma Agraria Antonio Narro, México. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/271/T15921%20SIERRA%20VILLAGRANA,%20RUBEN%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
26. Tello, M. (2015) "Evaluación del riesgo toxicológico de plomo y cadmio en suelos del entorno del parque industrial de la ciudad de Cuenca", Universidad estatal de Cuenca, Ecuador. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22973/1/TESIS%20TOXICOLOGO%20C3%83%2012.pdf>
27. Ubillus, J., (2003) "estudio sobre la presencia de plomo en el medio ambiente de talara año 2003", Universidad mayor de san marcos, Perú. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BibVirtualData/Tesis/Ingenie/ubillus_li/cap2.pdf
28. Vassilev, A. [et al] (2009). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. Environ. Sci. Pollut. R. 16, 765-794.
29. Valdivia M. (2005). Intoxicación por Plomo. Revista. Soc. Per. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rspm/v18n1/a05v18n1>
30. Vulke, T., Velasco, J. & De La Roza, D., (2005) "Contaminación por metales y metaloides". 1° ed. México. ISBN:968-817-492-0

ANEXOS

a) Diseño del proyecto



FUENTE: Elaboración propia.

b) Operacionalización de variables

"Fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar Sábila (Aloe vera); nivel de laboratorio, Ancash-2017"										
TIPO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	DISEÑO METODOLÓGICO
GENERAL	¿Cuál es la Eficiencia de la Sábila (Aloe vera) en la remoción de Pb en suelos contaminados mediante la técnica de fitorremediación?	Evaluar la Eficiencia de la Sábila(Aloe vera) en la remoción de Pb en suelos contaminados mediante la técnica de fitorremediación	La fitorremediación de suelos contaminados con Pb es eficiente cuando se aplica Sábila	V. I.: ABSORCIÓN DE PB EN LA SÁBILA (ALOE VERA)	La Absorción es el proceso por el cual una sustancia tóxica son incorporados a la estructura de la especie, y son transformados a sustancias más estables". (MINAM. 2013, p 03.) La Sábila (Aloe vera) sirve para extraer plomo de un suelo salino-sódico contaminado con altas concentraciones por este metal. (SIERRA, R. 2006)	Se obtendrán los datos de las fuentes primarias, la sábila será trasplantado en un cajón con la muestra de suelo contaminado con Pb, al cabo de 3 meses se evaluara la absorción en las hojas y raíces, además de su desarrollo tamaño y crecimiento de la raíz.	Atributos físicos	Tamaño de las hojas	Kg	Diseño metodológico: Trabajo Experimental Metodología: método aplicativo Población y muestra: Suelos contaminados de la provincia de Sihuas, la muestra es no probabilística
								Numero de hojas	Unidad	
								Tamaño de la raíz	cm	
							Concentración	Plomo en la raíz	mg/kg	
								Plomo en las Hojas		
ESPECIFICO	¿en qué medida los atributos físicos tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)	Determinar si los atributos físicos tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)	Los atributos físicos tuvieron un cambio significativo después de fitorremediar los suelos contaminados con (Pb)	V. D.: FITORREMEDIACIÓN DE SUELO	La Fitorremediación abarca todas aquellas técnicas de descontaminación del suelo basadas en el uso de plantas, que pueden acumular elementos tóxicos en su estructura o reducir su peligro a través de la transformación química a sustancias estables. Según el tipo de proceso que las plantas realizan para remediar los suelos, se puede clasificar en: (CARPENA, R. & BERNAL, M. 2007)	Los datos se obtendrán, de las muestras tomadas en campo. Se llevara a cabo un análisis preliminar en el laboratorio para determinar los parámetros fisicoquímicos iniciales, luego se colocara la muestra en un cajón donde se llevara a cabo el proceso de fitorremediación, culminado el periodo de tratamiento se repetirán los análisis para observar los cambios.	Parámetros fisicoquímicos de suelos	Conductividad Inicial	µS/cm	
								Conductividad Final	µS/cm	
								pH Inicial	0-14	
	pH Final	0-14								
	Remoción de Plomo (Pb)	Plomo (Pb) Inicial	mg/kg							
		Plomo (Pb) Final	mg/kg							
¿Cuál es la concentración de Pb en parte aéreas y radicular al fitorremediar los suelos contaminados?	Determinar la concentración de Pb en parte aéreas y radicular al fitorremediar los suelos contaminados	La Sábila absorbe el Pb en la parte aéreas y radicular al fitorremediar los suelos contaminados								

c) Fichas de validación

FICH DE VALIDACION: VARIABLE INDEPEDIENTE

FICHA DE OBSERVACION

Proyecto de investigación Fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar Sábila (Aloe vera); nivel de laboratorio, Ancash-2017
Línea de Investigación Tratamiento y Gestión de los Residuos
investigador Liñan Velasquez, Kevin Roger
tiempo de proyecto Cuatro mese
Lugar de experimentación Laboratorio biotecnología de la Universidad cesar vallejo

VARIABLE INDEPEDIENTE	MUESTRA DE TRATAMIENTO	PLANTAS DE TRATAMIENTO	Atributos físicos			concentración	
			Tamaño de las Hojas	Tamaño de la Raíz	Numero de hojas	Plomo en las hojas	Plomo en la Raíz
Absorción de Pb en la Sábila		M1					
		M2					
		M3					
		M4					
		M5					
		M6					
		M7					
		M8					
		M9					
		M10					

d) Proceso de fitorremediación



Trasplante de la sábila



Proceso de adaptación

e) Análisis de laboratorio (plomo)



Preparación de la muestra



Lectura de las muestras

f) Resultados de laboratorio

ENSAYO N° 33-2017- II -TESIS
LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV
INFORME DE RESULTADOS
SUELOS

Estudiante : Kevin Liñan Velásquez
 Tipo de ensayos: Análisis físicoquímicos
 Tipo de muestra: Muestra (suelo)
 Identificación de la muestra: R- 1 , R- 2
 Descripción de la muestra: Muestra de suelo filtrada
 Muestra tomada por: Kevin Liñan Velásquez
 Fecha de ingreso de muestra: 25 noviembre 2017
 Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de biotecnología -UCV
 Fecha de realización de ensayos: 28 noviembre 2017
 Estudiante : Kevin Liñan Velásquez

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO			
			INICIAL		FINAL	
			R-1	R-2	R-1	R-2
Potencial de hidrógeno (pH)	Número	APA-SW-846, Method 9045D, Revisión 4	3.75	3.65	4.9	4.8
Conductividad eléctrica	dS/cm	ISO 11265:1994/Cor1 :1996	5.06	5.02	3.15	3.30


 Daniel Neciosup Gonzales
 Asistente Del Laboratorio De Biotecnología


 V. B. Mg. Sergio Vaidiviezo Gonzales

INFORME DE ENSAYO N° 01-28112017- EAA

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

INFORME DE RESULTADOS

Estudiante : Kevin Liñan Velásquez
Tipo de ensayos: Análisis físicoquímicos
Tipo de muestra: Muestra digestada (suelo)
Identificación de la muestra: M- 1 , M - 2
Descripción de la muestra: Muestra de suelo digestada
Muestra tomada por: Kevin Liñan Velásquez
Fecha de ingreso de muestra: 25 noviembre 2017
Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de biotecnología -UCV
Fecha de realización de ensayos: 28 noviembre 2017

PARAMETRO	UNIDADES	MÉTODO REFERENCIA	RESULTADO	
			M - 1	M - 2
Plomo total	mg/L	SMEWW-AWWA-WEF 3030 E ,3111 B Direct.air-acetylene flame	147.09	97.00

Daniel Necocep Gonzales.
Asistente Del Laboratorio De Biotecnología



V.° B.° Mg. Jorge Valdiviezo Gonzales



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : KEVIN LIÑAN VELASQUEZ
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ LURIGANCHO
MUESTRA : SABILA
REFERENCIA : H.R. 61619
BOLETA : 1081
FECHA : 07/12/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
9251	Muestra N° 1 (E1)	721.50
9252	Muestra N° 2 (E2)	341.13
9253	E2	345.75
9254	E4	749.25



Sady García Bendezú
Df. Sady García Bendezú
Jefe de Laboratorio



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD
DE TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 08
Fecha : 9-10-2017
Página : 1 de 1

Yo, **Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi**, docente de la Facultad **Ingeniería** y Escuela Profesional **Ingeniería Ambiental** de la Universidad César Vallejo **Lima Este** (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada:

"FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ABSORCIÓN DE PB AL APLICAR SÁBILA (ALOE VERA); NIVEL DE LABORATORIO, ANCASH-2017".

Del (de la) estudiante **Kevin Roger, Liñán Velásquez** constato que la investigación tiene un índice de similitud de **15 %** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

San Juan de Lurigancho, 9 de diciembre del 2017

Mg, Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi

DNI 07268863

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

Mg. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Kevin Roger Liñan velasquez

INFORME TÍTULADO:

FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS MEDIANTE LA ABSORCIÓN DE PB AL APLICAR SÁBILA (ALOE VERA);
NIVEL DE LABORATORIO, ANCASH-2017

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniero Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 09 de diciembre 2017

NOTA O MENCIÓN: 14



Mg. FERNANDO ANTONIO SERNAQUÉ AUCCAHUASI