



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

“REMEDIACIÓN DEL SUELO CONTAMINADO CON PLOMO POR PRODUCTOS
AGROQUÍMICOS EN EL CULTIVO DE COCA (*Erythroxylon coca*), CON TABACO
(*Nicotina Tabacum*) Y COMPOST DE RESIDUOS DE CACAO, EN EL CASERÍO DE
CAÑA BRAVA-AYACUCHO, VRAEM”

Línea de Investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales, Biorremediación

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Herreras Vilcatoma, Emerson

ASESOR:

Guillen León, Rogelia

(ORCID:0000-0003-0152-495X)

JURADO:

Alva Velásquez, Miguel

Mendoza García, José Tomas

Reyna Mandujano, Samuel Carlos

LIMA – PERÚ

2023

I. Índice General

I.INTRODUCCIÓN	9
1.1.Descripción y formulación del problema.....	11
1.1.1.Descripción del problema	11
1.1.2.Formulación del Problema	13
1.2.Antecedentes	13
1.2.1.Antecedentes Internacionales.....	13
1.2.2.Antecedentes Nacionales	18
1.3.Objetivos	24
1.3.1.Objetivo General	24
1.3.2.Objetivos Específicos	25
1.4.Justificación	25
1.5.Hipótesis	26
1.5.1.Hipótesis General	26
1.5.2.Hipótesis Específicas.....	27
II.MARCO TEÓRICO	28
2.1.Bases teóricas sobre el tema de investigación	28
2.1.1.Metales Pesados	28
2.1.2.Suelos contaminados con Metales Pesados	28
2.1.3.Dinámica de los Metales Pesados en el Suelo	30

2.1.4.Biodisponibilidad del Metal Pesado.....	30
2.1.5.Movilización de Metales Pesados en el Suelo	31
2.1.6.Efecto de los Metales Pesados en el Suelo	32
2.1.7.Plomo Pb	32
2.1.8.Biorremediación de Suelos Contaminados	33
2.1.9.Fitorremediación	33
2.1.10.Mecanismos de Fitorremediación	34
2.1.11.Especies Acumuladoras de Metales Pesados	40
2.1.12.Tabaco (Nicotiana Tabacum).....	41
2.1.13.Humedales Naturales	43
2.1.14.Compostaje.....	43
2.1.15.Propiedades del Compost.....	44
2.1.16.Criterios de Calidad del Compost	45
2.1.17.Condiciones para el Compostaje	45
2.1.18.Cacao	49
2.1.19.Química de la Mazorca de Cacao.....	50
2.2.Marco Conceptual	50
2.2.1.Definición de Términos	50
2.3.Marco Legal Ambiental.....	52
III.MÉTODO	55
3.1.Tipo de investigación	55

3.2.Ámbito temporal y espacial	55
3.2.1.Ámbito temporal	55
3.2.2.Ámbito espacial.....	55
3.3.Variables	56
3.3.1.Variable Independiente.....	56
3.3.2.Variable Dependiente	56
3.4.Población y muestra	59
3.4.1.Población	59
3.4.2.Muestra	59
3.5.Instrumentos.....	59
3.5.1.Técnicas	59
3.5.2.Instrumentos.....	59
3.5.3.Equipos y materiales.....	59
3.6.Procedimiento	60
3.6.1.Pre-ejecución.....	60
3.6.2.Ejecución de la parte Experimental.....	75
3.7.Análisis de datos	86
IV.RESULTADOS	87
4.1.Caracterización del Suelo y Compost antes de la etapa Experimental.....	87
4.1.1.Caracterización Fisicoquímica del Suelo al inicio de la Etapa Experimental	87

4.1.2.Resultados iniciales de Plomo en suelo antes del tratamiento	89
4.1.3.Caracterización de Macro y Micronutrientes del compost de residuos de cacao	89
4.2.Caracterización del Suelo después de la Fase Experimental	90
4.2.1.Caracterización Fisicoquímica del suelo terminada la fase experimental	90
4.2.2.Resultado del análisis de Plomo al culminar la fase experimental	92
4.3.Resultado de las eficiencias al finalizar la fase experimental.....	92
V.DISCUSIÓN DE RESULTADOS	94
VI.CONCLUSIONES	97
VII.RECOMENDACIONES	98
VIII.REFERENCIAS	99
IX.ANEXOS	110

INDICE DE TABLAS

Tabla1 Uso de técnicas de fitorremediación para diferentes contaminantes.....	40
Tabla2 Plantas para remediación de metales pesados.....	41
Tabla3 Taxonomía de <i>Nicotiana tabacum</i>	42
Tabla4 Componente máximo, mínimo, ideal de <i>Nicotiana tabacum</i>	43
Tabla5 Criterios de calidad del compost según FAO	45
Tabla6 Parámetros de humedad óptimos.....	46
Tabla7 Parámetros de temperatura óptimos	47
Tabla8 Parámetros de pH óptimos.....	48
Tabla9 Control del tamaño de partícula	48
Tabla10 Taxonomía de <i>Nicotiana tabacum</i>	49
Tabla11 Composición química de la mazorca de cacao	50
Tabla12 Estándares de Calidad Ambiental para Plomo en Suelo Agrícola	54
Tabla13 Operacionalización de Variables de Investigación	57
Tabla14 Dosis composta para el abonado	80
Tabla15 Codificación de muestras de Identificación antes de la fase experimental.....	82
Tabla16 Muestreo de comprobación después de la fase experimental	83
Tabla17 Resultados de la primera caracterización Fisicoquímica del suelo.	88
Tabla18 Resultados de la segunda caracterización Fisicoquímica del suelo.	88
Tabla19 Resultados iniciales de Plomo en muestras de suelo.....	89
Tabla20 Análisis de materia orgánica en compost de residuos de cacao.....	90
Tabla21 Resultados de la caracterización Fisicoquímica final del suelo	91
Tabla22 Resultados finales de Plomo en muestras de suelo	92
Tabla23 Resultados finales de las eficiencias de Plomo en muestras de suelo	93

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Preparación del terreno para el compostaje	61
Figura2 Cobertura de la cama del compost con aserrín, tierra de coca y lombriz de tierra	62
Figura3 Riego del material con restos de Cacao con registro de temperatura y humedad en el compost que está en proceso de formación.	64
Figura4 Empaquetado y rotulado de residuos de Cacao para su respectivo análisis de laboratorio.....	64
Figura5 Preparación de la cama para el almacigo de <i>Nicotiana tabacum</i>	66
Figura6 Desinfección de la cama del Almacigo de <i>Nicotiana tabacum</i> con caldo de cenizas.	67
Figura7 Fertilización de la cama del almácigo con compost de residuos de cacao	68
Figura8 Siembra de Almacigos en el terreno	69
Figura9 Siembra del almácigo con semillas de Tabaco por el método de volteo.....	70
Figura10 Preparación de caldo de ceniza en el fogón con leña.....	72
Figura 11Preparación del Plaguicida a base de hojas de <i>Nicotiana tabacum</i>	74
Figura12 Presencia de plagas en plantas de <i>Nicotiana tabacum</i>	75
Figura13 Limpieza y poda de los rastrojos de cultivos de coca	76
Figura14 Labranza de la tierra desinfección con caldo de cenizas, abonado con compost de residuos de cacao respectivamente	78
Figura15 Cultivo de Tabaco	79
Figura16 Abonado del tabaco en la zona experimental mediante el método de boleó.	80
Figura17 Muestreo final del suelo en el punto blanco y la zona experimental	81
Figura18 Muestreo de suelo en el punto blanco	85
Figura19 Muestreo de suelo en la zona experimental.....	86

RESUMEN

El uso de agroquímicos muchas veces trae consigo problemas secundarios en suelos agrícolas contaminándolos con metales pesados, bajo estas circunstancias se han desarrollado técnicas adecuadas que permitan extraer dichos metales. La presente investigación propuso la aplicación de enmiendas mediante el uso de compuestos orgánicos, planteándose como objetivo remediar el suelo contaminado con plomo proveniente de productos agroquímicos en el cultivo de coca, mediante el empleo de *Nicotiana Tabacum* y compost de residuos de Cacao en el caserío de Caña Brava-Ayacucho, VRAEM. La metodología empleada se basó en la caracterización inicial del suelo agrícola en base a 8 estaciones de monitoreo, a fin de conocer sus propiedades fisicoquímicas y concentración de plomo, luego se aplicaron enmiendas a base de Tabaco y residuos de Cacao, para luego de un tiempo determinado analizar el suelo y verificar si los niveles de plomo en el suelo han reducido sus concentraciones por acumulación en los compuestos orgánicos utilizados. De los resultados finales se obtuvo que la aplicación de enmiendas a base de los compuestos orgánicos mencionados mostró un promedio general para las ocho (8) estaciones consideradas, una eficiencia del 26%, el cual equivale aproximadamente a 7.0 mg/Kg de acumulación de plomo. Se concluye finalmente que el tratamiento por enmiendas con tabaco y residuos de cacao aplicado a suelos agrícolas contaminados por Plomo no alcanzaron elevados niveles de eficiencia, posiblemente asociado a las características fisicoquímicas del suelo y/o a las cantidades de los compuestos orgánicos utilizados en la remediación.

Palabras Clave: Remediación, Plomo, Agroquímicos, *Erythroxylon coca*, *Nicotina tabacum*, Compost de residuos de cacao.

ABSTRAC

The use of agrochemicals often brings with it secondary problems in agricultural soils contaminated with heavy metals, under these circumstances adequate techniques have been developed to extract said metals. The present investigation should apply the application of amendments using organic compounds, considering as an objective to remedy the soil contaminated with lead from agrochemical products in the cultivation of coca, through the use of *Nicotiana Tabacum* and compost of Cocoa residues in the farmhouse of Caña Brava-Ayacucho, VRAEM. The methodology used was based on the initial characterization of the agricultural soil based on 8 monitoring stations, in order to know its physicochemical properties and lead concentration, then amendments based on tobacco and cocoa residues will be applied, for after a while Determined to analyze the soil and verify if the lead levels in the soil have reduced their concentrations due to accumulation in the organic compounds used. From the final results it was obtained that the application of amendments based on organic compounds showed a general average for the eight (8) stations considered, an efficiency of 26%, which is approximately equivalent to 7.0 mg/Kg of accumulation of lead. Finally, it is concluded that the treatment by amendments with tobacco and cocoa residues applied to agricultural soils contaminated by Lead did not reach high levels of efficiency, possibly associated with the physicochemical characteristics of the soil and/or the amounts of organic compounds used in the remediation.

Key Words: Remediation, Lead, Agrochemicals, *Erythroxylon coca*, Nicotine tabacum, Cocoa waste compost.

I. INTRODUCCIÓN

En los suelos, muchos metales pesados pueden quedar retenidos o disueltos en la solución del suelo por procesos de adsorción, complejación y precipitación o estar absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pasar a la atmósfera por volatilización o movilizarse Huaynates (211).

La contaminación del suelo por productos químicos (fertilizantes, productos derivados del petróleo, pesticidas, herbicidas, minería) ha afectado negativamente la productividad agrícola y otros servicios ecosistémicos, es frecuente la contaminación del suelo por metales pesados, tales como el plomo (Pb), así como por pesticidas, es ampliamente observada en varias partes de la región debido a la rápida urbanización, industrialización y la agricultura intensiva (FAO, 2015). En tanto al plomo se le reconoce como uno de los metales pesados con mayor tendencia a acumularse en las plantas, es así como, la favorabilidad de acumulación de plomo en las plantas ha llevado a considerarlas como potenciales candidatos para tareas de fitorremediación de este metal. El plomo es absorbido por inhalación, ingestión y a través de la piel (Bayona, 2009; Nava Ruíz & Méndez-Armenta 2011). La intoxicación por plomo varía de acuerdo a la edad de la persona y su nivel de exposición Bayona, (2009), citado por (Reyes, Vergara, Torres, Diaz, & Gonzales, 2016).

La contaminación de metales pesados es un problema actual y cada vez presenta mayor impacto sobre la salud y el medio ambiente (Barrio Vega, s.f.), tal como ocurre con la agricultura intensiva es una de las actividades humanas que tiene mayor repercusión en la contaminación del suelo por metales pesados, debido al empleo de fertilizantes y plaguicidas de forma prolongada. El uso de ciertos plaguicidas ha contribuido a aumentar los niveles de As, Pb, Hg, Cu (Cossio Herrera, 2015).

Actualmente sucede en el VRAEM, los problemas de contaminación por el uso de

plaguicidas y fertilizantes para la producción de hoja de coca y la práctica de una agricultura migratoria han agravado el problema asociado al suelo y condicionado fuertemente su calidad y rendimiento. En este escenario, la hoja de coca, menos demandante que el resto de los cultivos en cuanto a la calidad de los suelos, predisponen su cultivo ilegal como una opción para asegurar un flujo estable de recursos.

La superficie cultivada con coca en producción en el Perú alcanzó 49,900 hectáreas en el 2017, lo que representa un incremento del 14% (UNODC). De acuerdo con el reporte, el 75% de la coca se concentra en tres zonas: el Vraem (Ayacucho, Cusco y Junín), de hecho, es la zona de mayor superficie cultivada de hoja de coca, con 20,304 hectáreas, lo que representa el 43% del total nacional, en la zona de interés de estudio es la región Ayacucho (Distrito de Samugari se cultivó 2,159 Ha), (Sistema de las Naciones Unidas del Perú, 2018), respecto a su economía, el 55,3% del VBP agrícola corresponde a los cultivos de la hoja de coca, más del 90% del PBI del Vraem se origina en la economía de la coca (Waldo Mendoza, 2017). Es sumamente preocupante lo que actualmente sucede en el VRAEM, estas superficies cultivadas para la producción de hoja de coca quedan completamente deteriorada sin que pueda crecer otra especie de vegetales una vez cultivada la coca. ya que el suelo se encuentra con altas concentraciones de metales pesados, debido a que emanan productos agroquímicos a sus plantaciones de coca. La cantidad de productos agroquímicos usados por hectárea de cultivo de coca comprende de 3 a 4 aplicaciones/campaña, reportándose al año el uso de Insecticidas (8 litros/año), herbicidas (4 litros/año), abono foliar (24 kilos/año). Tomando como referencia la instalación de 17,486 ha de cultivo de coca se estaría utilizando 139,888 litros de insecticida/año; 69,944 litros de herbicida/año y 419,664 Kg de abono foliar/año. Comité Agrario y Ambiental del VRAE (COAAM-VRAE, 2010)

La presente investigación tiene como objetivo, remediar el suelo contaminado por plomo provenientes de productos agroquímicos en el cultivo de coca, mediante el empleo de

tabaco (*Nicotiana Tabacum*) y Compost de residuos de Cacao en el caserío de Caña Brava-Ayacucho VRAEM. El Plomo será determinado mediante el método de absorción atómica, para conocer sus concentraciones con propuestas y medidas para mitigar el contaminante (metal) acumulado en suelos de cultivo de coca, ya que es fundamental para mejorar la salud, economía de la población y el ambiente.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

Los metales tienden a acumularse en la superficie del suelo quedando accesibles a la fijación de las raíces de los cultivos. (Campos, 2006), existen diversos aspectos que afectan negativamente a la calidad del suelo, y uno de ellos es su contaminación, en particular aquella derivada de metales pesados a la cual queremos hacer una referencia de forma más exhaustiva, haber sido incorporados al mismo de forma antropogénica (productos agroquímicos, fertilizantes) (Carlos Garcia, 2002). Los metales trazan contenidos en estos agroquímicos, como Cu, Cd, Pb y Hg, también se consideran contaminantes del suelo ya que pueden perjudicar el metabolismo de las plantas y disminuir la productividad de los cultivos (FAO,2019)

Según Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), El término “metales pesados” se refiere al grupo de metales y metaloides de masa relativamente alta ($>4,5 \text{ g/cm}^3$) como Pb, Cd, Cu, Hg, Sn y Zn, que pueden causar problemas de toxicidad. Estos elementos aparecen de forma natural en bajas concentraciones en suelos, en concentraciones altas pueden causar fitotoxicidad y dañar la salud humana a causa de su naturaleza no biodegradable, que genera que se acumulen fácilmente en los tejidos y organismos vivos (FAO, 2019).

El especialista en medioambiente de la Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (Devida), Ángel Peña Torres señaló que la producción de la hoja de coca tiene

una relación directa con la tala indiscriminada, la quema y la degradación de los suelos, indicó que en el proceso de la ampliación de la frontera agrícola para la instalación del cultivo de coca en el (Peru-VRAEM), los agricultores realizan la tala y quema de bosques. Para su mantenimiento se usa de modo indiscriminado los agroquímicos, las cuales contienen metales pasados como plomo principalmente.

En lo que respecta en cultivo de coca a nivel del Perú en el año 2017 se llegó a deforestar 49,900 hectáreas (GESTION, 2017). En las últimas cinco décadas la deforestación del bosque alcanzo 2,3 millones de hectáreas hasta el 2018, y la zona de mayor deforestación para el cultivo de coca es el VRAEM (SERVINDI, 2018), tenemos así, que la mayor producción en el año 2017 fue la región Cusco quien presenta la mayor superficie con 17, 282 Ha, seguido de Ayacucho con 12, 906 Ha (en el distrito Samugari se deforesto: 2, 081 Ha) (UNODC-DEVIDA, 2017). Esta es la cifra estimada por la Comisión Nacional para el Desarrollo y Vida sin Drogas (DEVIDA). DEVIDA ha advertido el alto nivel de plomo en el suelo (SERVINDI, 2018), lo que genera un nefasto impacto al medioambiente (Agencia Agraria de Noticias, 2020).

Por ello, el presente trabajo tiene como finalidad remediar el suelo contaminado por plomo provenientes de productos agroquímicos en el cultivo de coca, mediante el empleo de tabaco (*Nicotiana Tabacum*) y Compost de residuos de Cacao en el caserío de Caña Brava-Ayacucho (zona del VRAEM), utilizando como un Fito remediador la especie *Nicotiana Tabacum*, sumado a ello tenemos la aplicación de compost proveniente de residuos de cacao que servirá como abono para el crecimiento del tabaco, que contribuirán reduciendo los impactos ambientales, aumentando el contenido de materia orgánica y nitrógeno en el suelos, reduciendo así las aportaciones externas en los agrosistemas (Shiralipour, McConnell), y remediando sustancialmente el suelo degradado, en tal sentido

se minimizará los efectos negativos ocasionados por la acumulación de plomo, para el beneficio de los pobladores de Caña Brava, minimizando posibles efectos tóxicos.

1.1.2. Formulación del Problema

1.1.2.1. Problema principal

¿De qué manera se remediará el suelo contaminado por plomo provenientes de productos agroquímicos en el cultivo de coca, mediante el empleo de tabaco (*Nicotiana Tabacum*) y Compost de residuos de Cacao en el caserío de Caña Brava-Ayacucho VRAEM?

1.1.2.2. Problemas específicos

¿Como es la caracterización fisicoquímica y concentración de Plomo con relación a los Estándares de Calidad Ambiental en los suelos cocaleros del Caserío de Caña Brava-Ayacucho VRAEM?

¿Como es la caracterización fisicoquímica y concentración de Plomo terminado el tratamiento en los suelos cocaleros del Caserío de Caña Brava-Ayacucho VRAEM?

¿Cómo es la eficiencia final en cada una de las estaciones consideradas en la remediación de Plomo en los suelos cocaleros del Caserío de Caña Brava-Ayacucho VRAEM?

1.2. Antecedentes

1.2.1. Antecedentes Internacionales

Según Bonilla (2013), en su tesis “Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación”, tiene como objetivo, evaluar la capacidad de *Amaranto Hybridus* (Amaranto), *Beta Vulgaris* (acelga) y *Medicago Sativa* (alfalfa), en la Fitoextracción de plomo en suelos contaminados por este metal, y recurriendo para su determinación analítica de concentración de plomo a la técnica por absorción atómica. La metodología consideró suelos contaminados a una concentración de 2,5; 5 y 10% (p/p) de plomo y las plantas expuestas a las diferentes concentraciones de

plomo con tiempos de 20, 30, 45, 60 y 90 días, obteniendo como resultado en las plantas germinadas con abono, mayores absorciones de metal a los 20 días de exposición para el amaranto, mientras que al transcurrir el tiempo la alfalfa y la acelga presentan mayores valores de absorción, por lo que se necesitaría realizar tres cultivos consecutivos de amaranto para obtener la absorción de metal producida por la alfalfa y la acelga, a los 20 días de exposición el amaranto es la especie que demuestra mayor capacidad para absorber plomo, seguido de la alfalfa y la acelga, esta última con una menor cantidad de absorción. A los 60 días de exposición las plantas de alfalfa muestran una gran capacidad para absorber plomo en mayor cantidad. Las plantas de amaranto continúan con su tendencia al decrecimiento en la cantidad de absorción de plomo, siendo esta especie la que presenta menor cantidad de absorción en este monitoreo y las plantas de acelga presentan un aumento en su capacidad de absorción de plomo, llegando a la conclusión con respecto a las concentraciones analizadas de plomo en suelos contaminados presentaron valores superiores al límite de cuantificación del método (5 mg/Kg), por tanto no existió la necesidad de cambiar la metodología de espectrometría de absorción atómica con sistema de flama seleccionado para la cuantificación, por otro lado las especies que se germinaron utilizando abono, presentaron mayor cantidad de absorción de plomo comparadas con las especies que se germinaron sin la utilización de abono.

Según Cárdenas (2010), en su trabajo de investigación “Efecto de la aplicación de ácidos orgánicos debajo peso molecular en la biodisponibilidad de Pb y Zn en un sistema usando *Brassica juncea*”, tiene como objetivo, evaluar las especies vegetales que tengan la capacidad de tolerar y extraer metales de un suelo contaminado, la cuantificación de los metales se realizó por el método de atomización de la muestra para liberar los átomos del analito, en este caso metales pesados, a los que se les aplica una energía de una longitud de onda específica que es absorbida por el átomo e induce al electrón a pasar a un estado

excitado. Para el desarrollo de esta prueba se seleccionaron 3 especies vegetales en base a la bibliografía dos variedades de *Zea mays* (regional y Asgrow), una variedad de la familia *Brassica juncea* (mostaza regional) y una variedad de *Nicotiana tabacum* (tabaco), obteniendo como resultado, una acumulación de Pb en el tabaco de 1.3 mg/kg, mientras que la cantidad de Zn acumulada por el tabaco y la mostaza, en el presente estudio, fue de 12.6 mg/kg y 11.5 mg/kg respectivamente, llegando a la conclusión en las pruebas piloto de fitoextracción, en campo y bajo condiciones controladas indicaron que, aplicando tratamientos de 50 y 100 mmol/kg de ácido cítrico y málico, la mostaza tiene la capacidad de acumular Zn, sin embargo, este mismo comportamiento no se observó en la acumulación de Pb debido probablemente a la baja capacidad de translocación de este metal por la planta.

Según Orozco (2012). En su tesis para optar título en Ing. Agrobiología, “Fitoextracción de Plomo de un Suelo Contaminado, Utilizando Especies Vegetales con Diferente Densidad Estomática”, tiene como objetivo, Cuantificar la extracción de plomo de un suelo contaminado utilizando plantas con diferente densidad estomática. El trabajo se realizó en uno de los invernaderos de fitomejoramiento que cuenta con una estructura metálica con cubierta de policarbonato, se utilizó plantas de girasol y frijol estas especies posteriormente se sembraron en el suelo contaminado con plomo, El análisis del contenido de plomo en las estructuras se realizó mediante el método de espectrofotómetro de absorción atómica. Obteniendo como resultado, La planta de frijol tratada con quelato y sin quelato fue la especie que acumulo mayor cantidad de plomo en las tres estructuras evaluadas acumulando en el tratamiento con quelato de 727.1 mg Pb/kg y sin quelato 373.9 mg Pb/kg, En cambio, la planta de girasol mostró un total de acumulación de Pb con quelato de 613.6 mg Pb/kg y sin quelato 312.0 mg Pb/kg, ambas especies cuando fueron tratadas con quelatos incrementaron significativamente la acumulación total de plomo, donde el girasol aumentó hasta en un 96.6% y el frijol 94.4% en comparación con el plomo. Llegando a la

conclusión, Las especies variaron su capacidad de acumular plomo en las estructuras evaluadas, donde la captación de plomo fue directamente proporcional de los tratamientos con quelatos (EDTA). (Ofelia, 2012)

Según Pérez et al. (2007), en su investigación “Asimilación de cadmio y plomo por *Nicotiana tabacum* variedad “Criollo 98” cultivada en un suelo contaminado artificialmente. Parte II: Acumulación de metales pesados”, plantea como objetivo estudiar el comportamiento de la planta de tabaco *Nicotiana tabacum* L, Variedad “Criollo 98”, en un suelo contaminado con cadmio y plomo para evaluar sus posibilidades de empleo en técnicas de fitorremediación. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con 4 tratamientos y 3 réplicas. Tratamientos: T1, Testigo; T2, dos aplicaciones de Cd al suelo (0,50 kg/ha); T3, dos aplicaciones de Pb al suelo (0,50 kg/ha); T4 dos aplicaciones de Cd+Pb al suelo (0,50 kg/ha de cada elemento, utilizando el método analítico de Espectroscopia de Emisión con Plasma Acoplado Inductivamente (ICP). Lo más importante a destacar es el hecho de que tanto el cadmio como el plomo, aplicados solos, o en el tratamiento combinado, han sido extraídos del suelo por la planta de tabaco, de manera que no existen diferencias significativas entre el suelo testigo y el suelo del resto de los tratamientos, solo en el caso del tratamiento con cadmio quedan en el suelo 1,75 mg/kg de este elemento, significativamente diferente con el testigo y con los restantes tratamientos. Se concluye que los metales pesados de cadmio y plomo son rápidamente absorbidos por la planta de tabaco, la cual los acumula fundamentalmente en la raíz y en las hojas basales por lo tanto la planta de tabaco *Nicotiana tabacum* L., variedad “Criollo 98” tiene buenas cualidades y características que permiten su uso en técnicas de Fitorremediación.

Según Peláez et al. (2016) en su estudio “Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de *Brachiaria* en el Magdalena medio colombiano”, tuvo como objetivo, estimar frecuencias de *Brachiaria* en campo y sus

contenidos bioacumulados de cadmio y plomo, en raíz, tallo y hojas de estas plantas. El material edáfico se empacó en bolsas plásticas secas, se sellaron y se procesaron en el laboratorio de Fisiología Vegetal, utilizando un espectrofotómetro de absorción atómica para su determinación, llegando a la conclusión que en Magdalena medio colombiano confluyen actividades industriales y agropecuarias, que arrojan al ambiente metales tóxicos como plomo y cadmio, que contaminan los suelos y agroecosistemas de pastura tropical con dominancia de las especies *Brachiaria*, especialmente *humidicola* y *decumbens*, las cuales se muestran como tolerantes a estos ambientes metalíferos, presentando altos contenidos de estos metales en sus estructuras vegetales, principalmente en las raíces, por consiguiente, estas plantas presentan bioacumulación de Cd y Pb sobre todo en sus sistemas radicales.

Queupuan (2017), en su estudio “Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de *Atriplex halimus*”, tiene como objetivo, aplicar la fitorremediación inducida como estrategia de mitigar la contaminación de suelos por plomo mediante el cultivo de *Atriplex halimus* L. La unidad experimental correspondió a una planta de *Atriplex halimus* cultivada en suelo contaminado con Pb, considerando la aplicación de ácido cítrico en dos dosis, frente a suelo sin la aplicación del agente quelante, Se realizó una caracterización química y física inicial del suelo utilizado en el ensayo, por cuadruplicado. Los análisis químicos, se realizaron siguiendo la metodología que propone Sadzawka et al. (2006). La determinación de pH se efectuó en agua (1:2,5 p/v) mediante el método potenciométrico, con un pHmetro (HANNA Instruments, HI3221); la conductividad eléctrica (CE) se midió en extracto de saturación, mediante el uso de un conductímetro (Oakton, CON 510). El Nitrógeno disponible se determinó mediante extracción con KCl y posterior destilación; el Fosforo disponible, se determinó mediante el método de Olsen, utilizando métodos por determinación colorimétrica con $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$; el K disponible se obtuvo a partir de una extracción con acetato de amonio 1M a pH 7,0 y

medición mediante espectrofotometría de absorción atómica (EAA, Perkin Elmer 310, Para determinar los niveles totales de Pb y otros ETM (Cr, Cu, Mn y Zn), se pesó 0,5 g de muestra y se adicionó HNO₃ y H₂O₂ (Moreno-Jimenez et al., 2010), posteriormente la digestión se realizó en autoclave (HIRAYAMA, HL30 E) a 125°C y 1,5 kg cm² durante 35 min. Los metales fueron determinados mediante EAA, obteniendo como resultado en El análisis de elementos traza totales mostró altos niveles de Pb en el suelo, superando ampliamente los rangos considerados normales (2-300 mg kg⁻¹) y tóxicos (100-400 mg kg⁻¹) en suelos, Resultados con concentraciones de ≈ 20000 mg kg⁻¹ de Pb en raíces de *Atriplex halimus*, Respecto al tejido radical, se observan concentraciones de Pb del orden de 61,7- 108,5 mg kg⁻¹ a los 90 días y de 63,5- 200,2 mg kg⁻¹ a los 180 días. Se observa también, que los niveles de concentración de Pb en raíces del tratamiento T3 a los 180 días fue hasta cuatro veces superior a los determinados en el tejido aéreo. Llegando a la conclusión, que La especie *Atriplex halimus* L. presentó bajos valores para el índice de transporte a la parte aérea tanto a los 90 como a los 180 días de ensayo. Esto indica la capacidad que tiene *Atriplex halimus* L. para acumular el plomo en las raíces, siendo una especie recomendada para la fitoestabilización de suelos contaminados con plomo. (COLIL, 2017)

1.2.2. Antecedentes Nacionales

Según Calixto (2018), en su trabajo de investigación “Aporte del *Inga edulis* a la fertilidad del suelo degradado por el Cultivo de Coca (*Erythroxylum coca*) en el caserío de buenos aires, distrito rupa rupa, provincia Leoncio Prado, departamento Huánuco – 2018”, tuvo como objetivo, determinar el aporte del *Inga edulis* a la fertilidad del suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en el Caserío Buenos Aires, Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, obteniendo los resultados, teniendo en cuenta la profundidad en la que fue tomada las muestras, se dio un mayor incremento de

Materia Orgánica en una profundidad de 0 a 30 cm, donde se encuentra el 90% de las raíces del *Inga edulis*. Según los resultados obtenidos se puede visualizar que hubo una pequeña variación en el pH (de 4.5 a 4.36), lo que nos demuestra que los suelos de nuestra Amazonia se caracterizan por ser ácidos y por ello las plantas desarrollaron estrategias para su sobrevivencia, teniendo en cuenta la profundidad en la que fue tomada la muestra, se dio un mayor incremento similar de Bases Totales en la profundidad de 0 a 30 cm. Según los resultados obtenidos se puede visualizar un incremento significativo (de 1.45 meq/100g a 4.1733 meq/100g), lo que nos indica que los nutrientes del suelo son mayores para poder sostener el crecimiento de otras especies, dichos resultados fueron obtenidos en el laboratorio al inicio y final del estudio en el suelo degradado por el cultivo de coca (*Erythroxylum coca*), en Buenos Aires, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco, 2018. Donde se puede apreciar que la fertilidad del suelo pasó de ser baja (7) a moderada (8.5) al sumarse el puntaje, llegando a la conclusión que los suelos de nuestra amazonia se hallan sometida a una fuerte presión de uso, por la ampliación de la frontera agrícola (cultivos de coca), generando la pérdida de la fertilidad del suelo.

Según Chávez (2014), en su estudio “Fitorremediación con especies nativas en Suelos Contaminados por plomo”. En este estudio, se recolectaron 37 muestras vegetales de 12 sitios localizados en la ciudad de La Oroya y lago Junín (departamentos de Cerro de Pasco y Junín - Perú), lugares con pasivos mineros, seleccionando 2 especies pertenecientes a los géneros *Calamagrostis* y *Nicotiana* para su cultivo bajo 3 niveles de plomo 700 ppm, 1000 y 1200 ppm, obteniendo como resultado, en el punto de muestreo de suelo O - H 1 – 004, ubicado a 14 km de la Oroya, departamento de Junín, y a una altitud promedio de 3700 msnm presentó los niveles más altos de contaminación del suelo en lo que respecta a plomo (701.9 ppm). De las plantas en estudio, la *Nicotiana* fue la que más plomo acumuló en la

biomasa aérea (96.5 ppm). Así mismo extrajo la mayor cantidad de plomo (0.3 mg) y obtuvo un factor de translocación de plomo de 0.39. Se llegó a la conclusión que, para las condiciones del presente estudio, la *Nicotiana* tiene un mejor potencial de uso para fines de fitorremediación, corroborando la hipótesis de que las plantas nativas son las más adecuadas para fitorremediar sus propios espacios naturales.

Según Huaynates (2013), en sus trabajo de investigación “Efecto de la materia orgánica en la absorción de cadmio por el suelo, en la localidad de Supte”, tuvo como uno de sus objetivos, determinar las concentraciones óptimas del guano de isla y del compost para la disminución de cadmio en el suelo, para sus análisis de cadmio total del suelo, en el cual para el análisis de cadmio lo llevó a cabo por el método de la espectrometría de absorción atómica tanto para el suelo, compost, guano de isla y dolomita, obteniendo como resultado en las concentraciones de compost próximas a 500 g/planta resultan las más adecuadas para la disminución de cadmio en suelos con presencia de este metal pesado, llegando a la conclusión de manera general que la materia orgánica tiene un efecto positivo en la disminución de cadmio en el suelo.

León (2010), en su tesis “Establecimiento de cobertura en suelos degradados por el cultivo de la coca en Supte Tingo María”, tuvo como objetivo, evaluar el efecto del establecimiento de la cobertura en suelos degradados por el cultivo de la coca de Supte San Jorge -Tingo María, obteniendo como resultado, con respecto al pH. En todos los tratamientos incluidos el testigo se observó un incremento del pH del suelo, así mismo, en todos los tratamientos se observó un incremento del porcentaje de materia orgánica en el suelo, observándose que el porcentaje del MOS del suelo varió de 1,3% - 2,3%. Con relación al Nitrógeno, en todos los tratamientos incluidos el testigo se observó un incremento del contenido de su contenido del suelo, este incremento varió de 0,06%-0,10% (nivel bajo) a

0,12%-0,14% (nivel medio), de igual forma el Fósforo en todos los tratamientos se observó un incremento del contenido de su contenido en el suelo, este incremento varió de 4,6 ppm- 5,8 ppm (nivel bajo) a 5,2 ppm- 7,9 ppm (nivel medio), el Potasio en todos los tratamientos incluidos el testigo se observó un incremento de su contenido disponible en el suelo. Este incremento varió de 126 -170 de K₂O (Kg/ha) (nivel bajo) a 160- 278 de K₂O (Kg/ha) (nivel medio). El Calcio y Magnesio en todos los tratamientos incluidos el testigo se observó un incremento del contenido de calcio disponible, este incremento varió de 0.9 meq - 15 meq (nivel muy bajo) a 1, 0 meq - 2,1 meq (nivel bajo). La Capacidad de Intercambio Catiónico Efectiva (CICE) en todos los tratamientos incluidos el testigo se observó una disminución de su contenido, esta disminución de 10,3 meq- 11,9 meq (nivel medio) a 5,4 meq- 6,7 meq (nivel bajo). La saturación de aluminio en todos los tratamientos incluidos el testigo se observó una disminución de contenido de saturación de aluminio, esta disminución varió en de 76%- 69% (nivel medio) a 45%- 59% (nivel bajo). Se llegó a la conclusión que el experimento, de los tratamientos probados, el que mejor respondió fue el tratamiento en regeneración natural. pero al finalizar el experimento, estadísticamente todos los tratamientos tuvieron el mismo porcentaje de cobertura. De todos los tratamientos probados en el experimento, los tratamientos *Arachis pintoi* y *Desmodium ovalifolium* en combinación con la dolomita aumentaron el efecto de pH, % M.O., P, K, y disminuyó el Al, en comparación a las mismas especies de coberturas en combinación con cal viva.

Según Marcelino y Bautista (2011), en el artículo “Sistemas agroforestales con tecnología limpia en los suelos del VRAEM, Perú”, tuvo como objetivo, conocer las tecnologías agroforestales limpias que existen para una agricultura sostenible en el valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM), Perú. Los sistemas agroforestales evaluados fueron el *Pisum tucumanii* asociado con *Coffea arabica*; *Inga* sp asociado con *Coffea arabica*

y *Coffea arábica* sin sombra, la variedad de café es caturra amarilla y roja. Los resultados mostrados en la evaluación del sistema agroforestal limpio del café variedad Caturra roja y amarilla asociada con *Pinus tecunumanii*, tuvo mejores rendimientos hasta el 2011 en producción por hectárea comparativamente al asociado con Inga y a pleno sol, llegando a la conclusión, que existe un desconocimiento de los productores sobre tecnologías agroforestales limpias en el valle del río Apurímac, Ene y Mantaro y por otro lado la terquedad de algunos productores de proseguir con sus tecnologías extractivistas del cultivo de coca que constantemente empobrece los suelos del VRAEM.

Según Munive et al. (2018) en la revista, *Scientia Agropecuaria*, “Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados”, tuvo como objetivo, evaluar el efecto de la aplicación de compost y vermicompost a base de Stevia sobre los metales pesados y la fertilidad de los suelos agrícolas del valle del Mantaro. El campo experimental se realizó en seis lugares distribuidos a lo largo del valle del Mantaro; en la margen derecha: Muqui, Orcotuna y Mito; margen izquierda: Mantaro, Matahuasi y San Jerónimo. El Diseño Experimental utilizado fue Completamente al Azar (DCA) con 3 Tratamientos (T1: Compost de Stevia, T2: Vermicompost de Stevia y T3: Químico) y 3 repeticiones por cada localidad, Se realizó el Análisis de Varianza (ANOVA) en interacción entre ambas localidades con el programa estadístico InfoStat al encontrarse diferencias significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba DUNCAN ($\alpha=5\%$).obteniendo como resultado, para el vermicompost presenta mejores índices de calidad: menor pH y una mayor humedad retenida, y se establece como un sustrato más adecuado para los propósitos agronómicos , respecto a las concentraciones de plomo en los órganos (hojas, tallos y raíces) de la planta de maíz, que acumula mayor cantidad de plomo en las raíces (80 por ciento), hojas (15 por ciento) y tallos (5 por ciento)

como promedio de todos los tratamientos. mayores valores de acumulación de plomo explicado por el fenómeno de absorción de flujo de masas siendo en las raíces (93 por ciento), hojas (5 por ciento) y tallos (2 por ciento.), cálculos de Factores de Bioconcentración (FBC) y Translocación (FT) de los metales pesados plomo y cadmio por las plantas de maíz, se observa que en todos los tratamientos y en ambas localidades presentan valores < 1 , lo que califica al maíz como una planta excluyente o estabilizadora. La conclusión indica que las enmiendas orgánicas en base a compost y vermicompost de *Stevia* contribuyen a la solubilización de los metales pesados (Pb y Cd) para una mejor absorción. Cabe indicar que en base a los valores de los factores de Bioconcentración (FBC) y Translocación (FT) la planta de maíz se comporta como una planta excluyente o estabilizadora.

Villagaray (2014), en su tesis “Recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca (*Erythroxylon coca*) En VRAEM, Perú, con aplicación de Tecnología Agroforestal tuvo como objetivo, determinar el grado de recuperación de suelos degradados por efecto de la plantación del Paloto (*Ochroma pyramidale*), *Pueraria phaseoloides* (kudzú), *Desmodium ovalifolium* (*desmodium*) en terrenos alpillales (*Pteridium aquilinum*) de una parcela demostrativa en Pichari Alta. La metodología empleada se basó en la tecnología agroforestal de árboles en pasturas, para lo cual se realizó las plantaciones del árbol *Ochroma pyramidale* (Paloto) y posteriormente de manera secuencial las herbáceas *Pueraria phaseoloides* (kudzú) y *Desmodium ovalifolium* (*desmodium*) en una parcela demostrativa infestada por *Pteridium aquilinum* (Alpillo), anteriormente degradadas por cultivos de coca. La conclusión final indica que el uso de tecnologías agroforestales limpias en el valle del río Apurímac, Ene y Mantaro en la recuperación de suelos degradados, utilizando el árbol del Paloto y las herbáceas como el kudzú y el *desmodium*, recuperan el suelo de manera acelerada sin la necesidad de gastar en productos químicos como son los herbicidas para

poder eliminar las plantas invasoras como el Alpillo (*Pteridium aquilinum*) y el Rabo de Zorro (*Andropogon bicornis*). (Villagaray Yanqui, 2014)

Yarasca (2015), en su estudio “Modelo Sistémico para evaluar la recuperación de Suelos Contaminados por plomo en el distrito de Concepción”, tiene como objetivo, desarrollar un modelo utilizando la dinámica de sistemas, que permita evaluar la contaminación por plomo y estimar el tiempo de retorno a la condición no contaminada en el Distrito de Concepción. Con respecto a las plantas (*Amaranthus hybridus* (amaranto), *Medicago sativa* (alfalfa) y *Beta vulgaris var cicla* (acelga)), fue representada por tres partes funcionales (Raíz, tallo, hojas) como existencias (variables de nivel); dos stocks representan factores abióticos (suelo, atmósfera) del medio ambiente, las muestras fueron analizadas con espectrometría de absorción atómica con sistema de flama seleccionado para la cuantificación. El modelo combina un diagrama estructural dinámico entre lo biótico y abiótico, obteniendo como resultado, la concentración en la raíz es la más significativa estabilizándose alrededor de los 510 mg. La conclusión indica que el modelo nos permite mostrar que en total por cada campaña de sembrío de plantas “extractoras” de plomo es absorbida alrededor de 600 mg de plomo, al año hay 03 campañas de sembrío, siendo menor al 30%.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Remediar el suelo contaminado por plomo proveniente de productos agroquímicos en el cultivo de coca, mediante el empleo de tabaco (*Nicotiana Tabacum*) y Compost de residuos de Cacao en el caserío de Caña Brava-Ayacucho VRAEM.

1.3.2. *Objetivos Específicos*

- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y concentración de Plomo, a fin de compararlos con el Estándar de Calidad Ambiental en los suelos cocaleros del Caserío de Caña Brava-Ayacucho VRAEM.
- Caracterizar los parámetros fisicoquímicos y concentración de Plomo terminada la fase experimental en los suelos cocaleros del Caserío de Caña Brava-Ayacucho VRAEM.
- Determinar las eficiencias finales en cada una de las estaciones consideradas en la remediación de Plomo en los suelos cocaleros del Caserío de Caña Brava-Ayacucho VRAEM.

1.4. *Justificación*

En el distrito de Samugari (VRAEM-AYACUCHO) la fumigación constante con productos agroquímicos en los cultivos de coca genera que se acumule principalmente metal pesado como plomo en el en el suelo, ello tiene efectos sobre la calidad de salud de su población afectando su actividad económica y social y su calidad de vida, así como el deterioro progresivo de la calidad del suelo donde la población se desarrolla. La presente investigación, se justifica porque en el transcurso de los años, básicamente en la última década se ha presenciado, un incremento notable en el cultivo de coca para lo cual se ha deforestado millones de hectáreas de bosques peruanas. Donde las principales fuentes de degradación del suelo son los pobladores que usan productos agroquímicos en sus plantaciones de coca, que afectan la calidad del suelo y la salud en la población, por ello al trabajar con la especie *Nicotiana Tabacum* y el compost, se recupera el suelo contaminado que contiene metal pesado (Pb). por lo tanto, esta práctica de remediación del suelo será útil para mitigar contaminación por plomo. Este estudio dará un aporte en la gestión ambiental del distrito al promover la implementación de la biorremediación, que previenen y reducen la concentración del plomo en los suelos de cultivos cicales, así mismo los suelos

remediados, pueden usarse como terrenos agrícolas.

Desde el punto de vista social, al promover una correcta y adecuada remediación del suelo que reducirá la presencia del plomo, por ende, los pobladores tendrán terrenos aptos para todo tipo de cultivos, en las que se pueda sembrar y comercializar productos mucho más sanos, de esa manera mejorará la calidad de vida, por consiguiente, aportando al desarrollo y bienestar de la población en el caserío de Caña Brava (Distrito Samugari-VRAEM)

Desde el punto de vista ambiental, las enmiendas utilizadas serán en base a productos orgánicos como el tabaco y residuos de cacao, los cuales actuarán sobre el medio contaminado sin alterar la calidad del suelo y por el contrario permitirá fijar el metal pesado y evitar que este se concentre, así mismo se evitará la infiltración hacia las aguas subterráneas, en otras palabras se reducirá de manera importante la contaminación del metal pesado en el suelo y se protegerán las aguas subterráneas por infiltración.

Desde el punto de vista metodológico, en la presente investigación se desarrollarán enmiendas a partir del uso y aplicaciones de compuestos orgánicos en terrenos agrícolas impactados con Plomo, se usará un terreno agrícola impactado con el metal y se someterá a las enmiendas con tabaco y residuos de cacao, una vez terminado el tiempo de las enmiendas se procederá a verificar las eficiencias obtenidas en todos los puntos que se consideraron a fin de verificar la reducción del plomo en el terreno.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El suelo contaminado por plomo proveniente de productos agroquímicos en el cultivo de coca será remediado mediante el empleo de tabaco (*Nicotiana tabacum*) y Compost de residuos de Cacao en el caserío de Caña Brava-Ayacucho VRAEM

1.5.2. Hipótesis Específicas

- Los niveles de plomo contenido en el suelo por el uso de productos agroquímicos en el cultivo de coca superan los estándares de calidad ambiental.
- Los niveles de plomo contenido en el suelo por el uso de productos agroquímicos en el cultivo de coca reducen sus concentraciones mediante el empleo de tabaco y compost de residuos de Cacao.
- El empleo de tabaco y compost de residuos de Cacao son eficientes en la remediación de Plomo en los suelos cocaleros.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Bases teóricas sobre el tema de investigación

2.1.1. Metales Pesados

Se considera metal pesado a aquel elemento que tiene una densidad igual o superior a 5 gr/cm³ cuando está en forma elemental. (Munive C. 2018), o cuyo número atómico es superior a 20 (excluyendo a los metales alcalinos y alcalinotérreos). Su existencia en la corteza terrestre es menor a 0,1%, también se define como metales pesados a los metales cuyas densidades son 5 veces mayores a la del agua; como es el caso del Cd, Pb, y Hg. Dentro de las propiedades que poseen los metales, la que más destaca es que nunca se degradan; a diferencia de los contaminantes orgánicos que se degradan al exponerse a la luz solar o al calor, los metales persisten y no desaparecen. Los metales tienen muchas propiedades importantes para la salud humana. (Soriano, 2018)

2.1.2. Suelos contaminados con Metales Pesados

Los metales pesados están presentes en el suelo como componentes naturales del mismo o como consecuencia de las actividades antropogénicas. En el suelo, los metales pesados, pueden estar presentes como iones libres o disponibles, compuestos de sales metálicas solubles o bien, compuestos insolubles o parcialmente solubilizables como óxidos, carbonatos e hidróxidos, Pineda (2004), citado por (Prieto Méndez, González Ramírez, Román Gutiérrez, & Prieto García, 2009) . Algunos de estos metales son esenciales en la nutrición de las plantas, así son requeridos algunos de ellos como el Mn, imprescindible en el fotosistema y activación de algunas enzimas (Mahler, 2003) para el metabolismo vegetal. Citado por (Prieto et al., 2009). Existen metales pesados que son de gran importancia que sirven como micronutrientes esenciales para plantas como el As, Co, Cr, Cu, He, Zn , Mn entre otros, pero también existen aquellos metales pesados que no son esenciales para las plantas como Cd, Pb, Hg, Be, se encuentra por lo general en la corteza terrestre como

elementos traza, es decir en bajas concentraciones, ya que en altas concentraciones son tóxicos o venenosos y presentan alta peligrosidad porque tienden a bioacumularse en diferentes cultivos. (Gonzales V, 2017)

Cuando los contenidos de metales pesados en el suelo alcanzan niveles que rebasan los límites máximos permitidos causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente, así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo. (Prieto, et al., 2009)

En el suelo, los metales pesados como iones libres pueden tener acción directa sobre los seres vivos lo que ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos $-SH$ (sulfhidrilos) de las proteínas, causando daños irreversibles en los diferentes organismos.

En general, los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías: la primera, quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la fase acuosa del suelo u ocupando sitios de intercambio; segunda, específicamente adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos del suelo; tercera, asociados con la materia orgánica del suelo y cuarta, precipitados como sólidos puros o mixtos. Por otra parte, pueden ser absorbidos por las plantas y así incorporarse a las cadenas tróficas; pueden pasar a la atmósfera por volatilización y pueden ser movilizados a las aguas superficiales o subterráneas, García y Dorronsoro, 2005, citado por (Prieto, et al., 2009, P.30).

Las actividades humanas han ejercido un efecto considerable en la concentración y movilidad de los metales en suelos, así como un destacable efecto medioambiental. Las actividades humanas de mayor impacto son: la aplicación de productos químicos agrícolas y lodos residuales. Los metales pesados son frecuentemente usados por su toxicidad como componentes de fungicidas, pesticidas o desinfectantes. (Duran, 2010).

2.1.3. Dinámica de los Metales Pesados en el Suelo

Según García y Dorronsoro ,2005(citado por Duran,2010), afirma que: los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías:

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

López y Grau ,2005(citado por Duran,2010) , quienes señalan “que en el suelo los metales pesados pueden estar en seis compartimentos principales, asociados de formas diversas a los constituyentes del suelo”.

- Dentro de las redes cristalinas de los minerales primarios (no alterados, heredados de la roca madre) y de constituyentes secundarios (minerales procedentes de la alteración edafogenética)
- Adsorbidos en las fases de hidróxido de hierro, aluminio y manganeso
- Secuestrados o ligados a los restos vegetales y animales (que son liberado a medida que se van mineralizando estos residuos)
- Incluidos en las macromoléculas orgánicas
- En forma intercambiable (ión) asociados a la superficie de las arcillas minerales y a la materia orgánica
- En forma soluble, coloide o particulada, en la solución del suelo.

2.1.4. Biodisponibilidad del Metal Pesado

factor más importante que determina el grado de toxicidad de un contaminante, y que se convierte en un factor muy importante para determinar la eficiencia en un proceso de

fitorremediación. El metal disponible o biodisponible está compuesto por la fracción que puede ser tomada por la planta de la solución suelo, y su abundancia está fuertemente relacionada a factores físicos, químicos y biológicos, Chin, 2007 citado por (Chavez R, 2014).

Factores físicos. Factores físicos como la textura de suelo influyen considerablemente en la biodisponibilidad del metal, relacionados a la capacidad de enlazar y mantener en su estructura al metal.

Factores biológicos. La asociación de microorganismos asociados a la raíz influye considerablemente en la biodisponibilidad del metal. Según estudios se ha concluido que la acumulación de metales pesados en plantas se incrementa considerablemente cuando se asocian a bacterias fotosintéticas o micorrizas (Tseng, 2008).

Factores químicos. se incluye el pH del suelo y la presencia de agentes quelantes en el suelo. El pH es considerado como el factor más importante relacionado con la solubilidad de los metales y su estabilidad. En términos generales, la solubilidad de los metales y su disponibilidad se incrementa a medida que el pH del suelo disminuye. En lo que respecta a la presencia de agentes quelantes en el suelo, estos pueden encontrarse en forma natural en el suelo (ácidos orgánicos de bajo peso molecular y sustancias húmicas) o ser añadidos (como el EDTA) para incrementar la especiación² del metal y su disponibilidad en el suelo, Shahid et al., 2012 (citado por Chávez R, 2014). Por otro lado, ácidos orgánicos simples como el ácido cítrico favorecen la movilidad de los metales pesados exceptuando al plomo.

2.1.5. *Movilización de Metales Pesados en el Suelo*

Las concentraciones anormales de los metales pesados en los suelos, se debe principalmente a dos factores: causas naturales como la actividad volcánica, procesos de formación de suelos, erosión de rocas, tsunamis y terremotos; y a causas androgénicas, Los metales pesados una vez en el suelo no se comportan como elementos estáticos no variables,

sino que una vez incorporados al suelo puede seguir cuatro vías, Prieto (citado por Gonzales V,2017)

- Movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas
- Transferirse a la atmósfera por volatilización
- Absorberse por las plantas e incorporarse a las cadenas tróficas
- Retenerse los metales pesados en el mismo suelo de distintas maneras: disueltos o fijados, retenidos por adsorción, Complejación y precipitación

2.1.6. Efecto de los Metales Pesados en el Suelo

Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanza niveles que rebasan los límites máximos permitidos, causan efectos inmediatos como: inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente; así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo. (Cunningham., 1995). En el suelo, los metales pesados están presentes como iones libres, compuestos metálicos solubles, compuestos insolubles como óxidos, carbonatos e hidróxidos. Su acción directa sobre los seres vivos ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos –SH (sulfhidrilos) de las proteínas, las cuales causan daños irreversibles en los diferentes organismos, Ángeles., 2005, citado por (Falcon, 2017)

2.1.7. Plomo Pb

El plomo es un contaminante mayor en el ambiente y que genera gran preocupación para la salud humana y los ecosistemas debido a que por peso molecular tiende acumularse en suelos, sedimentos y cuerpos de agua en forma rápida, y a permanecer en el ambiente como un contaminante atmosférico. (Chávez, 2014).

En las plantas, el síntoma principal en plantas no tolerantes al plomo es un retraso en su crecimiento, menor peso de las raíces y aparición de nuevos brotes en la planta, gracias a

la alteración de actividad enzimática, así como de la nutrición mineral y el balance hídrico, alterando en general el estado hormonal y celular. También, es marcada la reducción en los niveles de fotosíntesis, principalmente en la fase II de este proceso gracias a la inhibición del transporte de electrones, con la constante reducción en la acumulación de carbohidratos producto principal de la fotosíntesis. En muchos estudios se ha observado el proceso de bioacumulación y biomagnificación de plomo a través de la cadena alimenticia, encontrándose, que existe una transferencia de Pb desde aguas contaminadas hacia el ganado ovino, acumulándose en el hígado de estos animales. Si bien muchos otros estudios demuestran que el plomo tiende a decrecer en concentración a su paso por la cadena trófica; sus efectos no debieran ser pasados por alto (Chávez, 2014).

2.1.8. Biorremediación de Suelos Contaminados

Entendida esta como la aplicación de microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de ellos para la restauración del ambiente, basada esencialmente en la capacidad de los organismos vivos para degradar en forma natural ciertos compuestos contaminantes; los sistemas biológicos frecuentemente utilizados son microorganismos o vegetales. permite entonces reducir o remover los residuos potencialmente peligrosos presentes en el ambiente y, por lo tanto, se puede utilizar para limpiar terrenos, asimismo, el uso de las plantas superiores en fitorremediación es un área importante de desarrollo, puede ofrecer disminución significativa de costes y beneficios ambientales en comparación con tecnologías alternativas. (Garzón et al.2017, PP. 312-313)

2.1.9. Fitorremediación

Es una metodología dentro de la biorremediación que consiste en el uso de especies vegetales que debido a su capacidad de absorber, volatizar, tolerar y acumular altas concentraciones de contaminantes permiten la remoción de los mismos; esta práctica se diferencia de otras ya que tiene las características ser económica, no compleja y limpia ya

que no afecta la estructura del suelo, ni utiliza reactivos químicos. Actúan positivamente sobre el suelo, mejorando sus propiedades físicas y químicas, y son ambientalmente aceptables, contempla

varios procesos los cuales contribuyen a la descontaminación de suelos, aguas contaminadas y sedimentos por medio del uso de plantas, Carpena y Bernal, citado por (Cordero, 2015).

Es una variación de la biorremediación, que aún no se ha aplicado en muchos lugares, ni se han documentado los resultados de su uso plenamente, está clasificada como técnica innovadora y en términos generales consiste en cultivar plantas o árboles en lugares contaminados o degradados para "limpiar" agua, suelo o aire. (Bernal, 2014). La elección de una estrategia de remediación dependerá de la naturaleza de los contaminantes. Los suelos contaminados con metales pesados son extremadamente difíciles de remediar y normalmente son excavados y sustituidos con suelo nuevo. (Bayon, 2015). Además, puede utilizarse vigorosamente para combatir suelos contaminados tales como compuestos orgánicos: benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos; solventes clorados: hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), desechos de nitrotolueno, agroquímicos clorados y órgano fosforados; y, por último, compuestos inorgánicos como Cd, Cr, Co, Cu, Pb, Ni, Se y Zn. También la fitorremediación remueve metales radioactivos y tóxicos de suelos y aguas. Betancur et al. (2005, citado por (Batista, 2019)

2.1.10. Mecanismos de Fitorremediación

La desintoxicación de contaminantes por fitorremediación se realiza empleando al menos uno de los siguientes mecanismos: Fito extracción, rizofiltración, fitoestimulación, fitoestabilización, Fitovolatilización y Fitodegradación” (Lopez, Gallegos, Pérez, & Gutiérrez, 2005).

2.1.10.1. Fitoextracción de Metales Pesados. Es la capacidad de algunas plantas

para acumular contaminantes en sus raíces, tallos follaje. Este mecanismo ha sido ampliamente estudiado en plantas que acumulan metales” (Jian et al. 1997), citado por (López et al. 2005). P.93. Es la mejor aproximación para extraer un contaminante inorgánico del suelo y aislarlo sin dañar la estructura de este, ni su actividad para uso agrícola, mediante la absorción del contaminante a través de las raíces para su posterior translocación a diferentes partes de la planta donde estos son acumulados

Se utilizan plantas con capacidad de almacenar contenidos de metales pesados en las diferentes partes de la planta, como raíces, tallos y hojas. Aquí la planta absorbe, concentra y precipita los metales tóxicos del suelo en la biomasa. Rosas,2008. Citado por (EPA), afirma que ha reportado diversos estudios sobre Fitoextracción en lodos, sedimentos, pero principalmente sobre suelos, con resultados de extracción de metales como plata, Cadmio, Cobalto, Cromo, Cobre, Mercurio, Manganeseo, Molibdeno, Níquel, Pomo y, Zinc y metaloides como el Selenio y el Arsénico.PP,32-33.

Fitoextracción potencial de Plomo: El Pb es un metal que se dificulta eliminar por Fitoextracción, pues es fuertemente retenido por la materia orgánica del suelo y los minerales del suelo, La mayoría del Pb acumulado en plantas se retiene en las raíces. El método promisorio para lograr una mayor asimilación del Pb por las plantas se logra por una mayor movilización desde las partículas del suelo empleando quelantes. Un problema nutricional encontrado en plantas que crecen en suelos contaminados con Pb es la carencia del ion fosfato debido a la formación de fosfato de plomo insoluble (piromorfita). (Falcon,2017, P.17)

Fitoextracción mediante el uso de plantas “hiperacumuladoras”: Es la capacidad que tienen algunas plantas para concentrar metales en sus tejidos a niveles muy por encima de los normales sin presentar síntomas de toxicidad. Estas plantas hiperacumuladoras han

desarrollado mecanismos internos de tolerancia a la toxicidad por metales. (Llugan, Tolrà, Poschnrieder, & Barceló, 2007)

Todas las plantas absorben metales del suelo donde se encuentran, pero en distinto grado, dependiendo de la especie vegetal, y de las características y contenido en metales del suelo. las plantas hiperacumuladoras pueden superar en 100 ó más veces los valores normales de metales acumulados. La hiperacumulación ha evolucionado en más de 400 especies de plantas repartidas en 45 familias botánicas. La hiperacumulacion implica la existencia de mecanismos internos de detoxificación de los iones metálicos libres para evitar que puedan causar daño oxidativo a las células. La planta puede protegerse formando complejos metálicos estables menos tóxicos con quelantes (como fitoquelatinas, ácidos orgánicos, aminoácidos o fenoles de tipo flavonoides) y/o secuestrando los metales desde zonas con un metabolismo activo (citoplasma), en general, las hiperacumuladoras presentan una tasa de crecimiento baja, poca producción de biomasa y un sistema radicular pobre. (Llugan et al.,2007).

2.1.10.2. Fitoestabilización del Metal Pesado. Es un mecanismo que utiliza a la planta para desarrollar un sistema denso de raíces que le permite reducir la biodisponibilidad y la movilidad de los contaminantes evitando el transporte a capas subterráneas o a la atmósfera”. Dec y Bollang (1994), citado por (López et al. 2005, P.93).

La Fitoestabilización es definida como la inmovilización de un contaminante en el suelo, mediante la absorción y acumulación por las raíces, adsorción sobre las raíces o precipitación en la zona radicular, donde el pH del suelo puede cambiar debido entre otros factores a compuestos exudados por la planta o a través de la producción de CO₂ donde la solubilidad del metal se afectará y por consiguiente la movilidad del mismo disminuirá impidiendo la percolación del contaminante hacía otros estratos del suelo y/o aguas subterráneas, EPA,2000.citado por (Rosas, 2008). La fitoestabilización puede ocurrir a

través de la sorción, precipitación, Complejación o reducción de valencia del metal. El objetivo principal de la planta es disminuir la cantidad de agua que puede percolar a través de la matriz del suelo, la cual puede resultar en formación de lixiviados peligrosos. P.27

La fitoestabilización es muy efectiva, cuando es necesaria una rápida inmovilización de contaminantes para preservar aguas subterráneas. Sin embargo, la gran desventaja es que los metales permanecen en la matriz del substrato requiriendo un monitoreo permanente. (Roas,2008, PP,27-28). Tiene unas series de ventajas que hace considerar esta tecnología una de las más utilizadas para dar remedio a los suelos contaminados por metales pesados:

- Puede evitar el desplazamiento de metales pesados a las partes aéreas, reduciendo los riesgos para los diferentes elementos de la cadena trófica
- Se reduce la biodisponibilidad de los contaminantes, aumenta el contenido de materia orgánica en el suelo y mejora su estructura superficial.
- Medioambientalmente resulta más sostenible, más económica y más efectiva, favoreciendo a los suelos que sus procesos naturales progresen (Sánchez Villaluenga, 2015).
- Radica de forma eficaz aquellos residuos que se consideren peligrosos y materiales que no son necesarios, concretamente cuando se necesita una rápida inmovilización y que las aguas superficiales y subterráneas se preserven (Paredes Páliz, 2017).
- Reduce el impacto medioambiental
- Es una buena opción económica para la erradicación de los contaminantes del suelo (Durán Cuevas, 2011)
- Puede usarse y aplicarse para tratar muchos tipos de metales pesados.
- Es una técnica que hace que el medio ambiente sea agradable estéticamente (Paredes Páliz, 2017).

- Evita que los contaminantes sean dispersados por el agua y el aire al mismo tiempo que va mejorando la calidad del suelo, ya que la erosión disminuye (González Gómez, 2010).
- No genera gases de efecto invernadero y ayuda a la conservación de los recursos naturales (Lasat, 2000, Barceló y Poschenrieder, 2003).
- Se ve una mejoría en las condiciones de la zona a descontaminar, sin demandar una gran inversión ya que se realiza de forma natural generando un nivel de contaminación menor a uno donde exista intervención de forma constante (Pilon-Smits, 2005).
- Presenta una gran ventaja a los procesos de descontaminación que emplean requerimientos energéticos, ya que los costos de estos procesos son elevados, y con esta técnica, que está sustentada en la luz solar, hace que los costos operativos sean un 80% menos que los procesos convencionales (Moriwaka y Erkin, 2003).
- Se generan menos residuos provenientes de toda actividad industrial, la construcción y la generación de energía (Mentaberry, 2011). (Batista, J,2019, PP.8-9) Sin embargo, también tiene ciertas desventajas como:
 - Al ser un proceso lento a la hora de aplicarse en un suelo contaminado por presencia de metales pesados, donde la población no puede observar los efectos visibles en poco tiempo, puede causar opiniones negativas y puede afectar los beneficios de la inversión en la fitoestabilización (Domínguez, 2016)
 - Una limitación es que la profundidad de la raíz de las plantas, deben tener la capacidad de alcanzar el contaminante del suelo. Ya que se pueden llevar años para limpiar un lugar, se puede producir un inconveniente porque el proceso es largo y sólo es aplicable a los suelos superficiales. (Batista, J,2019, P.10).

2.1.10.3. Fitodegradación. Consiste en la transformación de los contaminantes

orgánicos en moléculas más simples. En determinadas ocasiones, los productos de la degradación le sirven a la planta para acelerar su crecimiento, en otros casos los contaminantes son biotransformados (López et.al, 2005). Es el proceso de transformación al interior de las plantas, de compuestos orgánicos, en compuestos de menor toxicidad. Estas moléculas más sencillas son llevadas a diferentes partes de las membranas de la planta. Las enzimas presentes, pueden degradar solventes clorados como el tricloroetileno y otros herbicidas. Black,1995, citado por (Rosas,2008, P.31). Existen más de 70 químicos orgánicos que fueron absorbidos y acumulados por cerca de 88 especies de plantas y árboles, también existen diversas plantas que producen enzimas que han sido identificadas por su potencial uso en degradación de contaminantes orgánicos, tales como explosivos, herbicidas, solventes clorados, plantas sembradas en sedimentos que producen la enzima dehalogenasa, la cual puede declarar compuestos clorados. P.31

2.1.10.4. Rizofiltración. Es el uso de plantas tanto acuáticas como terrestres, con capacidad para absorber y concentrar en las raíces, contaminantes presentes en medio acuosos. La rizofiltración puede aplicarse sobre efluentes industriales, drenajes ácidos de minería, y contaminación con metales pesados, Klan et al,2005, citado por (Rosas,2008, P.29). La mayor desventaja que se presenta es la acumulación de grandes cantidades de compuestos tóxicos en las raíces de las plantas, las cuales deben ser removidas e incineradas, disponiendo las cenizas en un relleno sanitario de seguridad.

Plantas como flores de jardín, tabaco y maíz han demostrado su habilidad para remover plomo, según: Reeves et al., 2000, citado por (Rosas,2008, P.29). Las plantas usadas para rizofiltración podrían ser capaces de acumular y tolerar cantidades significantes, en conjunto con un fácil manejo, bajos costos de mantenimiento, además de pocos residuos secundarios para disposición, P.29.

El uso de diferentes técnicas de fitorremediación de acuerdo a los diferentes contaminantes ha sido también evaluado, teniéndose ya algunas relaciones óptimas establecidas, como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla1

Uso de técnicas de fitorremediación para diferentes contaminantes

Tipo de Contaminantes	Técnicas de fitorremediación
Contaminantes orgánicos	Pesticidas y Herbicidas Fitodegradacion
	Dioxinas Fitodegradacion
	Bifenilos policlorados (PBC) Fitodegradacion
	Hidrocarburos Aromáticos policlorados (PAH) Rizodegradacion
	Alcanos y Alquenos Clorados Fitovolatilizacion
	Trinitro Tolueno (TNT) Fitovolatilizacion
	Bencenos, surfactantes, flalatos Fitovolatilizacion
Contaminantes Inorgánicos	Contaminantes Gaseosos: CO, CO2. Fitoextraccion
	SO2,Nox,O3. Rizofiltracion
	metales pesados. Fitoestabilizacion

Nota: (Leon, 2017)

2.1.11. Especies Acumuladoras de Metales Pesados

El éxito de todo programa de fitorremediación va de la mano con una adecuada selección de especies acumuladores de metal, en el mundo, ya se han identificado por lo menos 400 especies de plantas con el potencial para la remediación de suelos y aguas. Estas plantas tienen la particularidad de tener un rápido crecimiento, elevado desarrollo de

biomasa, así como gran tolerancia y capacidad de acumular metales en las partes cosechables de la planta, condiciones que definen a una planta como eficiente para la extracción de contaminantes Meyer y Verbruggen, citado por (Chávez, 2014)

Tabla2

Plantas para remediación de metales pesados

Gen	Fuente	Planta	Efecto	Referencia
		Modificada		
<i>CUP1</i>	Levadura de metaloteína	<i>Nicotiana Tabacum</i>	Elevada eficiencia de extracción de Cu	Thomas <i>et al.</i> , 2003
<i>gshI, gshII</i> y	<i>Escherichia coli</i> y	<i>Brassica juncea</i>	Mayor capacidad de remoción de Zn y Cd del suelo	Bennett <i>et al.</i> 2003
<i>APS1</i>	<i>Arabidopsis thaliana</i>			
<i>SAT</i>	<i>Thlaspi goesingense</i>	<i>Arabidopsis thaliana</i>	Incremento de la tolerancia al Ni	Freeman <i>et al.</i> , 2004
<i>TaPCS1</i>	<i>Triticum aestivum</i>	<i>Nicotiana Tabacum</i>	Mayor tolerancia a Pb y Cd	Gisbert <i>et al.</i> , 2003
<i>ASTL</i>	<i>Arabidopsis thaliana</i>	<i>Arabidopsis Thaliana</i>	Incremento de la tolerancia al Cd	Dominguez-Solis <i>et al.</i> , 2001
<i>APS</i>	<i>Arabidopsis thaliana</i>	<i>Brassica juncea</i>	Mayor acumulación de Se	Pilon-Smits <i>et al.</i> , 1999
<i>NtCBP4</i>	<i>Nicotiana tabacum</i>	<i>Nicotiana tabacum</i>	Mayor tolerancia al Pb	Sunkar <i>et al.</i> , 2000

Nota: Delgadillo et al (2011, P.603)

2.1.12. Tabaco (*Nicotiana Tabacum*)

Es una planta anual, con una raíz fibrosa; tallo erecto, redondo, pubescente,

semileñoso, de color blanco o verde mate dependiendo de la variedad y tipo de tabaco y con una altura de 1.4 a 2. 7 m. Sus hojas largas, numerosas, alternas, sésil es, un poco decumbentes, ovalado, lanceolado, punteado, entero, penniervias, pubescente, de color verde, quebradizo, amargo al masticarlo. Inflorescencia terminal. Su: fruto es una cápsula, bilobulada con Cádiz persistente. Semillas son reciformes, con superficie rugosa, higroscópica y de alta viabilidad si se almacena a buenas condiciones. (Gonzales & Gurdian, 1998)

Blasica de la Barca (2001), indica que las nicotianas son plantas anuales, de tallo herbáceo (algunas son vivaces de tallo sub leñoso) del que nacen hojas aisladas. Las flores crecen en inflorescencias y son hermafroditas. La corola es tubular y termina en 5 lóbulos (de color púrpura, rosa, amarillo o blanco). Tiene 5 estambres insertos dentro del tubo de la corola. La flor una vez fecundada y madura se convierte en una cápsula que contiene numerosas semillas muy pequeñas.

Tabla3

Taxonomía de Nicotiana tabacum

Taxonomía	
Reino	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Subfamilia:	Nicotianoideae
Tribu:	Nicotianeae
Género:	Nicotiana
Especie:	Nicotiana tabacum

Nota: Rivas (2009, citado por Mancheno, 2016)

Tabla4*Componente máximo, mínimo, ideal de Nicotiana tabacum*

Componente	Maximo	Ideal	Minimo
Nitrógeno %	2,70		1,35 menos es mejor
Nicotina %	3,50		1,40 menos es mejor
Azucares %	26,00	25,00	7,50 menos es peor
Cenizas totales %	15,00		9,00 menos es mejor
PH	5,50	5,00	4,60 menos es peor
Cloro %	1,73		0,81 menos es mejor
Calcio %	4,35		1,80 menos es mejor
Potasio %	3,33		1,93 es deficiente
Ácidos Solubles %	6,44	5,00	3,75 menos es peor

*Nota: (Vlásica de la Barra, 2001)***2.1.13. Humedales Naturales**

Los humedales son medios semiterrestres con un gran porcentaje de humedad y una profusa vegetación, que poseen ciertas características biológicas, físicas y químicas, que les proporcionan un elevado potencial auto depurador. Los humedales naturales pueden alcanzar gran complejidad, con un mosaico de lámina de agua, vegetación sumergida, vegetación flotante, vegetación emergente y zonas con nivel freático más o menos cercano a la superficie.

Los humedales ocupan el espacio que existe entre los medios húmedos y los medios secos, presentan características de ambos, por lo que no pueden ser clasificados categóricamente como acuáticos ni terrestres. (Licapa, 2015)

2.1.14. Compostaje

sistema de tratamiento/estabilización de los residuos orgánicos basado en una

actividad microbiológica compleja, realizada en condiciones controladas (presencia asegurada de oxígeno aerobiosis y con alguna fase de alta temperatura, en las que se obtiene un producto utilizable como abono. Se requiere la utilización de materia prima adecuada para poder tener un producto final con buenas características para incorporar al suelo. (Baltodano y Sotomayor, 2002), citado por (De la cruz Castañeda, PP, 10, 2017), además trae beneficio importante es que revaloriza los desechos de la producción, convirtiéndolos en enmiendas dentro de la misma en producción (Hecheverria, PP,5-6,2012)

2.1.15. *Propiedades del Compost*

2.1.15.1. Propiedad Física

- Mejora la porosidad del suelo, aumentando su capacidad de retención hídrica.
- Disminuye la erosión del suelo, aumentando su estabilidad.
- Incrementa la permeabilidad del suelo, en especial los de tipo arcilloso, mientras que transforma los arenosos en suelos más absorbentes. (Castro M, 2019)

2.1.15.2. Propiedad Química

- Otorga una gran cantidad de macro y micronutrientes a la planta, dentro de los cuales se encuentra el Nitrógeno, Fósforo, Potasio (N, P, K) además de hierro y azufre.
- Estabiliza la reacción del suelo, regulando el pH y aumentando su nivel tampón
- Debido a su alta capacidad de absorción, inactiva los residuos de plaguicidas. (Castro M,2019, PP-9)

2.1.15.3. Propiedad Biológica

- Fomenta la vida en el suelo, promoviendo la actividad microbiológica
- Se conserva más tiempo en el suelo porque la materia orgánica se descompone paulatinamente (Castro M, 2019, PP-9).

2.1.16. Criterios de Calidad del Compost

Si se encuentran más del 75% de las muestras analizadas del producto de una planta de compostaje dentro de los márgenes indicados, se considera como compost de buena calidad como un fertilizante, en el caso inverso, puede ocurrir una sobre fertilización que puede lixiviar el suelo a largo plazo y que puede causar graves daños a las aguas subterráneas. Roben, 2002, citado por (De la cruz Castañeda, 2017)

Tabla5

Criterios de calidad del compost según FAO

Parámetro	Rango ideal al comienzo	Rango ideal para compost en fase termofílica II	Rango ideal de compost maduro
	(2-5 días)	(2-5 semanas)	(3-6 meses)
C:N	25:1 – 35:1	15/20	10:1 – 15:1
Humedad	50% - 60%	45%-55%	30% - 40%
Concentración de oxígeno	~10%	~10%	~10%
Tamaño de partícula	<25 cm	~15 cm	<1,6 cm
pH	6,5 – 8,0	6,0-8,5	6,5 – 8,5
Temperatura	45 – 60°C	45°C-Temperatura ambiente	Temperatura ambiente
Densidad	250-400 kg/m ³	<700 kg/m ³	<700 kg/m ³
Materia orgánica (Base seca)	50%-70%	>20%	>20%
Nitrógeno Total (Base seca)	2,5-3%	1-2%	~1%

Nota: FAO,2013

2.1.17. Condiciones para el Compostaje

2.1.17.1. Humedad. Es un parámetro estrechamente vinculado los microorganismos, ya que, como todos los seres vivos, usan el agua como medio de transporte de los nutrientes y elementos energéticos a través de la membrana celular, El rango óptimo de humedad para

compostaje es del 45% al 60% de agua en peso de material base. Una manera sencilla de monitorear la humedad del compost, es aplicar la “técnica del puño, que consiste en introducir la mano en el compost, sacar un puñado de material y abrir la mano. El material debe quedar apelmazado, pero sin escurrir agua. Si corre agua, se debe voltear y/o añadir material secante (aserrín o paja). Si el material queda suelto en la mano, entonces se debe añadir agua y/o añadir material fresco (FAO,2013, PP.25-29,56).

Tabla6

Parámetros de humedad óptimos

Porcentaje de humedad	de problema	
<45%	Humedad Insuficiente	Puede detener el proceso de compostaje por falta de agua para los microorganismos
>60%	Oxígeno insuficiente	Material muy húmedo, el oxígeno queda desplazado. Puede dar lugar a zonas de anaerobiosis.
*45% - 60%	Rango ideal	

Nota: FAO, 2013, actualizado en el año 2017

2.1.17.2. Temperatura. El compostaje inicia a temperatura ambiente y puede subir hasta los 65°C sin necesidad de ninguna actividad antrópica (calentamiento externo), para llegar nuevamente durante la fase de maduración a una temperatura ambiente. (FAO,2013)

Tabla7*Parámetros de temperatura óptimos*

Temperatura (°C)	Causas asociadas	
Bajas temperaturas (T°. ambiente < 35°C)	Humedad insuficiente.	Las bajas temperaturas pueden darse por varios factores, como la falta de humedad, por lo que los microorganismos disminuyen la actividad metabólica y por tanto, la temperatura baja.
	Material Insuficiente.	Insuficiente material o forma de la pila inadecuada para que alcance una temperatura adecuada.
	Déficit de nitrógeno o baja C:N.	El material tiene una alta relación C:N y por lo tanto, los microorganismos no tienen el N suficiente para generar enzimas y proteínas y disminuyen o ralentizan su actividad. La pila demora en incrementar la temperatura más de una semana.
Altas temperaturas (T ambiente >70°C)	Ventilación y humedad insuficiente	La temperatura es demasiado alta y se inhibe el proceso de descomposición. Se mantiene actividad microbiana pero no la suficiente para activar a los microorganismos mesofilicos y facilitar la terminación del proceso

Nota: FAO,2013, Actualizado el 201

2.1.17.3. Potencial de Hidrógenos.En los primeros estadios del proceso, el pH se acidifica por la formación de ácidos orgánicos. En la fase termófila, debido a la conversión del amonio en amoniaco, el pH sube y se alcaliniza el medio, para finalmente estabilizarse en valores cercanos al neutro.

El pH define la supervivencia de los microorganismos y cada grupo tiene pH óptimos de crecimiento y multiplicación. La mayor actividad bacteriana se produce a pH 6,0- 7,5, mientras que la mayor actividad fúngica se produce a pH 5,5-8,0. El rango ideal es de 5,8 a 7,2. (FAO,2013).

Tabla8*Parámetros de pH óptimos*

pH	Causas asociadas		
<4,5	Exceso de ácidos orgánicos	de	Los materiales vegetales como restos de cocina, frutas, liberan muchos ácidos orgánicos y tienden a acidificar el medio.
>8,5	Exceso de nitrógeno	de	Cuando hay un exceso de nitrógeno en el material de origen, con una deficiente relación C: N, asociado a humedad y altas temperaturas, se produce amoníaco alcalinizando el medio.
4.5-8.5	Rango ideal		

Nota: FAO, 2013, Actualizado el 2017

2.1.17.4. Tamaño de Partícula. La actividad microbiana está relacionada con el tamaño de la partícula, esto es, con la facilidad de acceso al sustrato. Si las partículas son pequeñas, hay una mayor superficie específica, lo cual facilita el acceso al sustrato. El tamaño ideal de los materiales para comenzar el compostaje es de 5 a 20 cm.

conforme avanza el proceso de compostaje, el tamaño disminuye y, por tanto, la densidad aumenta, 600-700 kg/m³.

Tabla9*Control del tamaño de partícula*

Tamaño de las partículas (cm)	Problema		
>30 cm	Exceso de aireación	de	Los materiales de gran tamaño crean canales de aireación que hacen bajar la temperatura y desaceleran el proceso.

<5 cm	Compactación	Las partículas demasiado finas crean poros pequeños que se llenan de agua, facilitando la compactación del material y un flujo restringido del aire, produciéndose anaerobiosis.
5-30 cm	Rango ideal	

Nota: FAO,2013, Actualizado el año 2017

2.1.18. Cacao

Esta especie es oriunda del bosque húmedo tropical de América del sur. La mayor cantidad de cultivos cacaoteros se encuentran ubicados de manera geográfica entre los 10° de latitud Norte y Sur del Ecuador. Se puede encontrar cacao en el Oeste Africano, América latina y Sur Este de Asia. El cacao es originario de la cuenca del río Orinoco o el río Amazonas y que desde ahí se extendió hasta el sureste de México (Taype, 2021).

El cacao en grano se obtiene a partir de las semillas del cacao. De este cacao se puede producir cuatro subproductos (licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao y cacao en polvo) y productos finales como el chocolate y sus derivados a través de diferentes procesos industriales. Para llegar a obtener estos productos intermedios, así como también el producto final, el grano de cacao es secado, fermentado y sometido al proceso del tostado, obteniendo como residuo de este proceso la cascarilla de cacao. (Taype, 2021) La clasificación taxonómica:

Tabla10

Taxonomía de Nicotiana tabacum

Taxonomía	
Reino	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Malvaes

Familia:	Sterculiaceae
Género:	Theobroma
Especie:	T. Cacao

Nota: (Taype, 2021)

2.1.19. Química de la Mazorca de Cacao

Tabla11

Composición química de la mazorca de cacao

Composición química de la mazorca de cacao.	
COMPONENTE	% P/P
Humedad	85
Proteínas	1.07
Minerales	1.41
Grasa	0.02
Fibra	5.45
Carbohidratos	7.05
N	0.171
P	0.026
K	0.545
Pectinas	0.89

Nota: (Echevarría, 2018)

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Definición de Términos

Abono Orgánico son todos aquellos residuos de origen animal y vegetal, del cual las plantas pueden obtener importantes cantidades de nutrientes. Con la descomposición de estos abonos, el suelo se va enriqueciendo con carbono orgánico y mejora sus

características físicas, químicas y biológicas. (Gonzales V, PP.55,2018). constituye una práctica importante para el reciclaje de algunos de los desechos generados por la agricultura, agroindustria, así como la conversión de estos subproductos en materiales que puedan utilizarse para la mejora del suelo (Neftali & Celedon, 2007)

Compost Es un abono orgánico que se produce a partir de restos y desperdicios de plantas y animales mediante un proceso natural de descomposición de la materia orgánica en presencia de aire. (Hechavarria, 2012)

Concentración se denomina concentración de una sustancia, elemento o compuesto en un líquido, la relación existente entre su peso y el volumen del líquido que lo contiene (Licapa, 2015)

Metales: Son los elementos puros que se caracterizan por ser buenos conductores del calor y la electricidad, poseen alta densidad y son sólidos a temperatura ambiente y sus sales forman iones electropositivos (cationes) en disolución (Licapa, 2015).

Metales Pesados son un grupo de elementos químicos que reciben esta designación debido a diversos criterios. De los 118 elementos conocidos por el hombre, 84 son metales; de estos últimos solamente 40 elementos son metales pesados. Uno de los criterios de clasificación es la densidad, aquellos metales de densidad mayor o igual a 4 g/cm³ son considerados pesados, sin embargo, este valor mínimo varía desde 4,5 hasta 5 g/cm³. Así, la acción tóxica de los contaminantes está determinada tanto por su accesibilidad al organismo como por la serie 36 de reacciones bioquímicas y fisiológicas que provocan y que en última instancia se manifiestan como signos y síntomas de intoxicación. (Licapa, 2015).

Remoción Es el término que describe que las concentraciones totales de metales son disminuidas del agua mediante procesos biológicos, químicos y físicos (Licapa, 2015).

2.3. Marco Legal Ambiental

La Constitución Política del Perú – Título III, Capítulo II: Del Ambiente y los Recursos Naturales. La Constitución Política del Perú de 1993, en su artículo 2º, inciso 22, establece que “Toda persona tiene derecho a la paz, la tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de su vida”. Asimismo, los artículos 66º, 67º, 68º y 69º establecen que el Estado es soberano en el aprovechamiento de los recursos naturales, renovables y no renovables (patrimonio de la Nación), y de promover el uso sostenible de éstos.

Ley General de Salud N° 26842, del año 1997. Se reconoce la responsabilidad del Estado frente al cuidado de la salud del ambiente. Así tenemos en el Artículo N° 96 del capítulo IV, se alude que para la disposición de sustancias y productos peligrosos deben tomarse todas las medidas y precauciones necesarias para evitar daños a la salud y el ambiente. De igual modo, los artículos 99, 104 y 107 del Capítulo VIII, indican sobre los desechos y responsabilidades de las personas naturales o jurídicas, a no realizar descargas de compuestos o sustancias contaminantes al aire, agua o suelo.

La Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, Conforme al Artículo 1. Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y tiene el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente. Así como a sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y desarrollo sostenible del país.

En el Artículo 9, indica que la Política Nacional del Ambiente tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas y garantizar la permanencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales a largo plazo; y el desarrollo sustentable del país, mediante

la preservación, cuidado y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento racional y sostenible de los recursos naturales, de una forma responsable y congruente con el respeto a los derechos elementales de la persona.

En su Artículo 31, con respecto al Estándar de Calidad Ambiental, lo define como: La medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente.

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo: Aprueban estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo, mediante el Decreto Supremo : N° 011-2017-MINAM, en la que considera en el numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA) como la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni al ambiente. La ECA es obligatorio en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. (MINAM, 2017)

De conformidad con el literal d) del artículo 7 del Decreto Legislativo N° 1013, que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, esta entidad tiene como función específica elaborar los ECA. Mediante Resolución Ministerial N° 182-2017-MINAM, el Ministerio del Ambiente dispuso la prepublicación del proyecto de Decreto Supremo que aprueba los ECA para Suelo, decreta lo siguiente:

Artículo 1.- Aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo. Apruébese los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

Artículo 2.- Los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo como referente obligatorio: Los ECA para Suelo constituyen un referente obligatorio para el diseño y

aplicación de los instrumentos de gestión ambiental y son aplicables en actividades productivas. P,13

Artículo 3.- De la superación de los ECA para Suelo

De superarse los ECA para Suelo, las personas naturales y jurídicas a cargo de estas deben realizar acciones de evaluación y, de ser el caso, ejecutar acciones de remediación de sitios contaminados, con la finalidad de proteger la salud de las personas y el ambiente. P,13

Artículo 4.- Refrendo

El presente decreto supremo es refrendado por la ministra del ambiente, la Ministra de Energía y Minas, el Ministro de Salud, el Ministro de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Ministro de la Producción, el Ministro de Transportes y Comunicaciones, y el Ministro de Agricultura y Riego.P,13

Tabla12

Estándares de Calidad Ambiental para Plomo en Suelo Agrícola

Parámetros	en	Usos del Suelo (1)				Métodos	de
mg/kg PS(2)		Suelo	Suelo Residencial/ Agrícola (3)	Parques (4)	Suelo Comercial (5)/ Industrial/ Extractivo(6)	ensayo	
INORGÁNICOS							
Plomo	70	140		800		EPA 3050	
						EPA 3051	

Nota: MINAM,2017

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación que desarrollaremos es de tipo aplicada, la misma busca generar nuevos conocimientos, a partir de una información básica ya conocida, el cual nos permita al final resolver un problema. El diseño metodológico desde un enfoque cuantitativo es experimental, y dentro de la subclasificación se encuentra en el grupo de los experimentales puros, debido a su grado de manipulación de la variable independiente, puesto que se manipulará intencionalmente una de las variables, es decir la variable independiente (VI), para alcanzar una finalidad sobre la variable dependiente (VD).

3.2. Ámbito temporal y espacial

3.2.1. *Ámbito temporal*

El desarrollo del presente plan de tesis se iniciará con la búsqueda de referencias bibliográficas en mayo del 2020, para lo cual se considerará investigaciones comprendidas entre los años 2000 y 2020. El desarrollo experimental se ha llevado a cabo entre mayo del 2020 y mayo del 2021; con una redacción final del trabajo de investigación para diciembre del 2022.

3.2.2. *Ámbito espacial*

El ámbito espacial corresponde a una parcela de cultivo de coca del señor Manuel Herreras Aguilar, un agricultor del caserío de Caña Brava (SAMUGARI-VRAEM) ubicada a 8589778.62 N y 644438.58 E, corresponde a la identificación del lugar donde será tomada la muestra de campo y selección de la unidad experimental, El terreno en la que se realizó la parte experimental tiene un área de 100 m²(largo: 10m; ancho: 10m), el cual está situada en la provincia de la Mar, Distrito de Samugari (altitud: 810msnm). Con promedios de temperatura 20 °C a 28°C, y una precipitación 1200 y 1400 mm/año. pertenece a la selva alta. Anexo de caña Brava se ubica en las siguientes coordenadas:

3.3. Variables

3.3.1. *Variable Independiente*

Tabaco y compost de residuos de cacao

3.3.2. *Variable Dependiente*

Suelo contaminado por plomo

Tabla13

Operacionalización de Variables de Investigación

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
V.I Tabaco y compost de residuos de cacao	El tabaco es una planta anual, con una raíz fibrosa; tallo erecto, redondo, pubescente, semileñoso, de color blanco o verde mate dependiendo de la variedad y tipo de tabaco (Gonzales & Gurdian, 1998). El compost es un tratamiento de los residuos orgánicos basado en una actividad microbiológica compleja, realizada en condiciones controladas (presencia de oxígeno aerobiosis y con alguna fase de alta temperatura, en las que se obtiene un producto utilizable como abono. Se requiere utilizar materia prima adecuada para poder tener un producto final con buenas características para incorporar al suelo. (Baltodano y Sotomayor, 2002),	Los compuestos orgánicos a partir de tabaco y residuos de cacao serán utilizados como enmiendas en determinadas cantidades (volúmenes y pesos) en un área determinada de terreno agrícola contaminada por plomo, a fin de conocer posteriormente su capacidad de remediación.	TABACO	Volumen	Kg
				Peso	
V.D Suelo contaminado por Plomo	En el suelo, los metales pesados, pueden estar presentes como iones libres o disponibles, compuestos de sales metálicas solubles o bien, compuestos insolubles o parcialmente solubilizables como óxidos, carbonatos e hidróxidos, Pineda (2004), Cuando los contenidos de metales pesados en el suelo alcanzan niveles que rebasan los límites máximos permitidos causan efectos inmediatos como inhibición del	La remediación del suelo agrícola por contaminación con Plomo será evaluada con relación a sus parámetros fisicoquímicos como la Conductividad Eléctrica, pH, Materia Orgánica, P, N, K, CIC y la concentración de Plomo cuyo indicador será medido a través del porcentaje de eficiencia.	RESIDUOS DE CACAO	Volumen	m3
				Peso	Kg
			PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL SUELO	Textura	%
				Materia Orgánica	%
				Conductividad Eléctrica	uS/cm
				Nitrógeno	ppm
				Fosforo	ppm

crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente, así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo. (Prieto, et al., 2009)		Potasio	ppm
		CIC	Meq/100
		Potencial de hidrógenos	Unidad de pH
	PARAMETRO INORGANICO	Metal Pesado (Pb)	mg/l
		Eficiencia	%

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

La población de nuestro trabajo de investigación corresponde al volumen total de cultivos de coca del caserío de caña Brava.

3.4.2. Muestra

La muestra considerada para el trabajo de investigación corresponde a la zona de cultivo de coca que se encuentra dentro del Caserío de caña Brava de área 100m², que es propiedad del señor, Manuel Herrera.

3.5. Instrumentos

3.5.1. Técnicas

- Protocolo de monitoreo para suelos agrícolas.
- Protocolo de seguridad para laboratorios de ensayo UNFV.
- Manual sobre métodos estandarizados para análisis de suelos.

3.5.2. Instrumentos

- Cadena de Custodia para la toma de muestras
- Fichas de recolección de datos.
- Manual “Esto es agricultura, 2019”

3.5.3. Equipos y materiales

- Balanza Romana
- GPS de modelo GARMIN (OREGON-750),
- Medidor de humedad y temperatura.
- Bidón metálico
- Empaque para muestras ziploc.
- Cinta métrica, malla rashel, pico, pala, wincha, estacas, rastrillo.

- Leña, ceniza cernida.
- Baldes plásticos, tina, costales
- Guantes, pizeta, libreta de campo, plumón indeleble y cooler.

3.6. Procedimiento

En este apartado se realizó trabajo netamente en campo, que se dividió en dos etapas, como es *pre-ejecución y ejecución*.

3.6.1. Pre-ejecución

Antes de realizar el trabajo de investigación, para remediar el suelo contaminado de plomo en los cultivos de coca, que se empleó *Nicotiana Tabacum* y compost de residuos de Cacao, previo a ello se realizó algunos preparativos experimentales que contribuyó a una adecuada forma de rehabilitar el suelo contaminado, consiste lo siguiente:

3.6.1.1. Metodología para la elaboración del compost de residuos de cacao.

A. Ubicación del Área de Compostaje. Ubicado en la región de Ayacucho, Provincia La Mar, Distrito de Samugari, a una latitud de 12°46'00"S y Longitud: 73°39'53"O, altitud 810 msnm

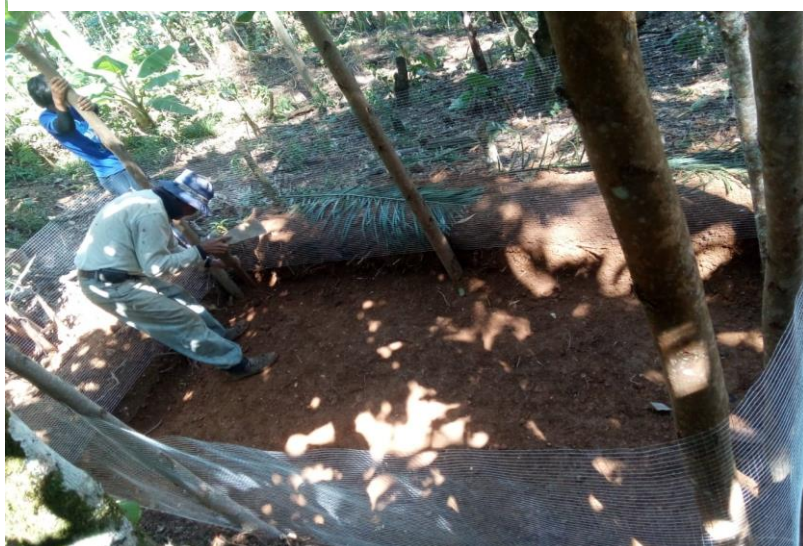
B. Preparación del terreno para el compostaje. El lugar de realización de la compostera fue un terreno de cultivos de Cacao, Previo a la instalación del lugar de elaboración del compost se procedió al deshierbe del terreno y a nivelar la superficie.

Se cubrió un espacio de 1,5 metros de ancho por 3 metros de largo y 1,01 m de altura, para lo cual utilizamos siete postes para delimitar el área, los postes fueron colocados en las esquinas del rectángulo, y un poste en medio del lado más largo. (Lopez P. , 2013)

Esta área rectangular fue cubierta por malla alámbrica en todo el perímetro, teniendo un techo cubierto por un plástico, en la base de igual forma se puso material impermeable plástico de hule, (Alcolea & Gonzales, 2000) .

Figura 1

Preparación del terreno para el compostaje



C. Preparación de las materias primas. Se realizó la recolección de residuos de cacao (cascarón, ramas y hojas) todas trituradas y debidamente pesadas cada componente, Además de ello se le añade materiales extras como es el aserrín a la base, para que pueda proporcionar buena aireación, también se agregó tierra de coca (70kg), para que las bacterias puedan desarrollarse específicamente para este tipo de contaminantes, y 125g de lombriz de tierra, para que pueda acelerar el proceso de compostaje.

Figura2

Cobertura de la cama del compost con aserrín, tierra de coca y lombriz de tierra



D. Elaboración del Compost. La cama del compost se elaboró de forma rectangular, el techo fue cubierto con plástico hule de color negro, de igual forma la base se cubrió con plástico hule de color azul. (Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres, 2018)

Se recolecto un total de 1244kg de residuos de cacao (hojas, tallos, cascara y otros materiales extras como aserrín y tierra de cultivo de coca), en la parcela, se trasladó cargando en un costal hasta el módulo de compostaje, luego se procedió a la trituración de la cascara, ramas y tallos, reduciendo su tamaño para acelerar su descomposición. Los residuos colectados se pesaron utilizando balanza convencional tipo romana.

Se instaló una compostera, colocando en la base plástica, luego del cual se añade una capa de 10cm de aserrín(46kg), encima a ello se puso 3cm de tierra (73kg) que fue extraída del terreno de cultivo de coca, posteriormente se adicionó 125 g de lombriz de tierra, que se combinó con restos de comida(3kg). luego se agregó hojas secas de cacao de 12cm de espesor(5kg), hojas verdes de caco de 5cm de espesor(10kg), tallos de cacao en descomposición de 2cm de espesor (26kg), finalmente se añadió cascara de cacao de 26.9cm

de espesor (1081kg) debidamente triturado.

Pasado los 15 días de haber colocado restos de cacao se hizo un primer volteo de forma manual Y tras este primer volteo, se realizo para una adecuada aireación y descomposición de los residuos del cacao

Para realizar el compostaje se adicionó agua a la cama del compost, tres veces por semana, y dos a tres veces por semana el volteo manual, por otro lado, es importante que la temperatura oscile entre 20 y 28C° para una adecuada formación del compost. Para que el sistema funcione adecuadamente se pone en mayor énfasis referente a la temperatura y la humedad. Para ello se midió la temperatura con un medidor Digital 4 en 1, de marca DEKA (Utilizan una sonda de 200mm de longitud) en el sistema para verificar periódicamente que se mantuvieran las condiciones de temperatura necesarias. Para medir la humedad de igual forma se midió con el mismo instrumento de marca DEKA. Aparte de ello la humedad también se comprobó manualmente apretando con la palma de la mano, que se formó como una especie de arcilla, este proceso de medición de temperatura y humedad se realizó durante cuatro meses, tiempo en el cual se produjo el compost de los residuos de cacao.

Figura3

Riego del material con restos de Cacao con registro de temperatura y humedad en el compost que está en proceso de formación.



E. Análisis de muestra de compost en el laboratorio para su análisis luego de transcurrido cuatro meses (04) se tomó una muestra de 1kg debidamente etiquetado, la cual se empaco en una bolsa hermética, que fue llevado al laboratorio de UNALM, para su análisis de materias orgánicas sólida como: pH, conductividad eléctrica, humedad (%), materia orgánica (%), nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, sodio.

Figura4

Empaquetado y rotulado de residuos de Cacao para su respectivo análisis de laboratorio



Como se aprecia en la imagen 4, la muestra de compost de residuos de cacao fue debidamente empaquetado y codificado, las cuales fueron llevadas al laboratorio de la UNALM, para su análisis correspondiente análisis.

3.6.1.2. Instrumentos y herramientas para el proceso de cultivo del tabaco y muestreo de suelo

A. Instrumentos. Se utilizó el **GPS, modelo Garmin (Oregon-750)**: sirvió para poder obtener coordenadas del área de estudio, de esa forma delimitar la zona de interés.

B. Herramientas. Las siguientes herramientas se utilizaron

Preparativo del almacigo de *Nicotiana tabacum*: fueron útiles las siguientes herramientas: pico, pala, huincha, Cuatro postes (1,5m de largo y diámetro de 1,9 cm), malla rashel (1x6.5m), veinte clavos (3cm)

Delimitación de la zona de interés: Se utilizaron 12 estacas: las cuales fueron útil para poder delimitar la zona de interés de estudio, así como para la ubicación exacto del lugar del muestreo del suelo tanto en el área de estudio y en el punto blanco.

Para el deshierbe se utilizaron: una lampa, rastrillo, sable. costal.

En el muestreo de suelo: se utilizaron un Pico, pala Recta, espátula, tina. Guantes (dos pares), agua destilada (un litro), Libreta de campo, plumón indeleble, bolsas herméticas (ocho unidades de capacidad de un Kg), Cooler (capacidad de 16L).

3.6.1.3. Metodología para el proceso de Almacigo de *Nicotiana tabacum*

A. Preparación de las camas. El terreno se limpió, previamente a ello se retiraron los palos, rastrojos, etc., luego debe ser roturado y desterronado hasta una profundidad de 20 cm., 1,5 metros de largo y un metro de ancho, con un total de 1,5 m² de área, este terreno fue adecuado en función de la cantidad de plantas que se requirió para el cultivo del tabaco en suelos degradados por cultivo de coca que es un área de 100 m².

Figura5

*Preparación de la cama para el almacigo de *Nicotiana tabacum**



B. Desinfección de las camas. Se desinfecto las camas de forma cuidadosa con caldos de cenizas que fueron preparados de los residuos de leña, con la finalidad de proteger contra el virus, hongos y bacterias, luego de este proceso de desinfección transcurrido 12 días se sembró las semillas.

Figura6

Desinfección de la cama del Almacigo de Nicotiana tabacum con caldo de cenizas.



C. Fertilización de almácigos. Concluida la labor de desinfección se abonó con el compost de residuos de cacao (2kg), para poder nutrir de nitrógeno y fosforo principalmente, y reducir el pH, el método empleado fue por voleo que consiste en echar el compost de forma manual en toda el área del almacigo, por último, para que el compost actué como abono se adiciono dos galones de agua como forma de riego.

Sombra: las camas de almácigo se les ubico en un lugar de sombra, con finalidad de proteger las semillas de los rayos solares, sobre todo cuando empiezan a germinar.

Para proporcionar de sombras altas a la cama se le cubrió con mallas rashel a una altura de 1.5metros respecto al almacigo, transcurrido 20 días esta sombra se quita al 50% y a los 30 días en un 100%, para que los lechuguinos se vayan endureciendo, antes de ser llevados al campo definitivo.

Figura7

Fertilización de la cama del almácigo con compost de residuos de cacao



Adicionalmente de abonar con compost de residuos de cacao se añade dos litros de agua del manantial

D. Siembra de los Almacigos. Se utilizó el método de voleo, labor que consistió en distribuir la semilla uniformemente en toda la superficie de la cama.

Como se sabe la semilla de tabaco es tan pequeña, en un gramo hay aproximadamente 12 000 semillas, Según ROPETA (1986), recomienda que la cantidad de semilla que se debe sembrar por 10 m² es de 0.5 gramos. Por lo tanto, en esta presente investigación el campo experimental es de 100 m², entonces se requirió de 5 gramos, pero se utilizó 100 g de semilla, en caso si atacara alguna plaga habría déficit de almacigo por lo tanto se utilizaría a modo de replante lo restante, por ello se utilizó mayor cantidad de semillas como una forma de

prevenir ante un evento dañino que podría perjudicar el almacigo.

Figura8

Siembra de Almacigos en el terreno



Una vez transcurrido aproximadamente 45 días las plántulas serán llevadas para ser trasplantadas en la zona de interés, las camas de los almacigos están compuesta por una mezcla de tierra y 2.400 kg de compost de residuos de cacao, etc., la cual debe ser previamente desinfectada.

3.6.1.4. Metodología para la elaboración de plaguicidas orgánicos. Es evidente que las plagas estuvieron presentes durante el proceso del almacigo, así como en la siembra del tabaco y durante todo el proceso de desarrollo que serán fumigadas.

Figura9

Siembra del almácigo con semillas de Tabaco por el método de volteo.



Mensualmente por los tres meses que duro dicho proceso, en la zona experimental de 100 m², para ello se elaboró un plaguicida orgánico como: caldo de cenizas y plaguicidas a base de Hoja de Nicotiana tabacum. A continuación, se detalla la forma correcta y dosis que se empleó para la elaboración de plaguicida orgánica

A. Metodología para la elaboración de caldos de ceniza. El caldo de ceniza es un biocontrolador que ayudó en el control de plagas como insecticida ecológico o pesticida orgánico. Caracterizado por ser antifúngico y bactericida, las cenizas aparte de ello son utilizados como abono que proporciona ciertos minerales solubles para las plantas como; fósforo (P), potasio (K), magnesio (MG), calcio (Ca), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn) y Zinc (Zn). En suelos ácidos mejora la acidez considerablemente, mejorando el pH del mismo. (Esto es Agricultura, 2019)

Para la elaboración de caldo de cenizas se usó, cenizas de madera debido a que está compuesta por carbonatos de sodio y carbonato de potasio. A continuación, se menciona como se preparó caldo de ceniza

Preparación de Caldo de ceniza: Ingredientes y materiales. Según la revista “**Esto es Agricultura, 2019**” fueron las siguientes

- Ceniza cernida :10 Kg
- Jabón en barra (no detergente) :1 Kg
- Bidón metálico
- Fogón de leña
- Agua: 40 litros

Pero en el tema de la presente investigación solo se usó 20L de agua, debido a que se utilizó bombas espalderas de esa capacidad, indica según la revista mencionada, que en un litro de caldo se disuelve en 20L de agua. Por lo tanto, para disolver en una cantidad de 20L en un litro de ceniza, simplemente se realiza la operación aritmética de regla de tres simples de la receta anterior, a continuación, se muestra la cantidad exacta de los insumos que se utilizó:

- Ceniza de restos de leña: 0.5kg
- Jabón: 50g
- Agua: 2L

Todo este componente se preparó en una olla metálica de 15cm de diámetro de base y una altura de 20cm

Procedimiento para la elaboración del caldo de ceniza.

- En una olla metálica calentar el agua hasta el punto de ebullición.
- Incorporar la ceniza y el jabón.
- Mover el caldo con un palo hasta homogeneizar la mezcla.
- Una vez homogeneizada dejar al fuego durante 30 minutos.
- Pasado los 30 minutos, sacar del fuego y dejar enfriar.

- Colar el caldo de ceniza para su posterior aplicación.
- Ya lo tenemos listo para su uso.

Una vez preparado el caldo de ceniza, su modo de aplicación es importante, continuación se explicará detalladamente

Cómo aplicar el caldo de ceniza: Se disolvió un litro de caldo de ceniza en 20 litros de agua previamente cernidas (formando un total de 21L de caldo de ceniza), su aplicación fue inmediatamente después de prepararse. para el caso del tema de investigación, al cual será vertido este líquido corresponde a un terreno de 1,5m de largo y un metro de ancho Lugar del almacigo la cual se removió la tierra a una profundidad de 20cm, en este terreno se vertió este líquido con el fin de eliminar hongos y bacterias que podrían ocasionar daño al almacigo. Transcurrido 10 días de verter el líquido al terreno removido, se cultiva las semillas del tabaco (Esto es Agricultura, 2019).

Figura10

Preparación de caldo de ceniza en el fogón con leña



B. Plaguicida a basa de *Nicotiana Tabacum*. El plaguicida elaborado es de interés para eliminar principalmente los gusanos, que con frecuencia dañaron el normal desarrollo de la *Nicotiana tabacum*. A continuación, se detalla la forma de elaborar con sus respectivos ingredientes.

De forma general se puede preparar de la siguiente forma

- Hervir 300 gramos de hojas de tabaco en cinco litros de agua durante 30 minutos; luego dejar enfriar sin tapar, filtrar con un trapo y agregarle 30 litros de agua. Se asperja sobre las plantas afectadas. Guardar en envase oscuro por no más de 60 días.
- Las concentraciones o variaciones en modos de preparar variaran en función que se quiera eliminar si son, insectos, hongos, a continuación, se detallan más métodos de preparación para un adecuado desarrollo en la zona de cultivo.
- Tabaco + carbonato de soda + jabón (contra pulgones), Mezclar 250 gramos de tabaco, 100 gramos de carbonato de soda, 100 gramos de jabón y 10 litros de agua; disolver, filtrar y asperjar. Con esta planta se puede controlar una gran diversidad de plagas (6) como son: pulgones, arañas, barrenador del tallo, gorgojos, minadores de hojas, mosca blanca, orugas, trips, hongos (Alejandro & Hernandez, 2017)
- Según los dos párrafos anteriores sobre la elaboración de plaguicida a base de hoja de tabaco contra pulgones, a continuación, se detalla los materiales exactos que se utilizó según lo requerido en el área correspondiente. Cabe recalcar las hojas de tabaco se hicieron secar por un promedio de 25 días, esas hojas se utilizaron en la elaboración de la plaguicida orgánica.
- Se sabe por cada 5L de agua corresponde 300g de hoja de tabaco, por lo tanto, para 250g se requirió 4,16L de agua, pero cuando se hizo hervir por evaporación se perdió cantidad considerable del agua, obteniendo finalmente 2,200L de agua de tabaco.
- Se sabe por cada 5L de agua de tabaco se añaden 30L de agua cruda, por lo tanto, para 2,200L de agua de tabaco se requirió agregar 13,2L de agua cruda, pero el objetivo es solo obtener 10 L de agua de tabaco ya que esta cantidad es suficiente para fumigar en el área de 100m², entonces los otros 3,2L que sobro se guardó para usos posteriores

- Finalmente, con 10L de agua que se obtuvo al hervir junto con las hojas de tabaco, a esta cantidad una vez enfriado completamente, se añadió jabón contra pulgones(100g) y 100g de carbonado de soda, luego del cual se obtuvo el producto deseado que es plaguicida orgánico a base de hoja de tabaco. La fumigación se realizó el 14/05/21 a 7:00am, en el área correspondiente, en horas de la tarde 5:pm se pasó a la inspección para constatar si las plagas fueron extintos, dándonos cuenta que aún estaban en proceso de agonía, finalmente en horas de la madrugada del día siguiente de la fumigación se pudo constatar que las plagas finieron en su totalidad, de esa manera siendo eficiente la plaguicida a base de hoja de tabaco.

Figura 11

Preparación del Plaguicida a base de hojas de Nicotiana tabacum



Como se observa en la imagen, la hoja de tabaco está en proceso de coccion de forma natural utilizando leña, finalmente en el recipiente de color naranja se observa en el fondo un líquido negruzco como producto final, la cual se combinará con agua para su aplicación correspondiente, según la dosificación mencionadas en los párrafos anteriores

Figura12

Presencia de plagas en plantas de Nicotiana tabacum



Se aprecia en la imagen, gusanos que se están alimentando de las hojas del tabaco, esto perjudica el normal desarrollo de las plantas, incluso llegando a fenecer la planta de tabaco, es por ello que se debe fumigar contra estas plagas, según la dosificación correspondiente

3.6.2. Ejecución de la parte Experimental

3.6.2.1. Limpieza, Poda y demarcación de la parcela. Se eligió la zona exacta donde se realizó la parte experimental en este caso fue un terreno de cultivo de coca por un promedio de 20 años, para delimitar el área de estudio se trabajó con un GPS de modelo GARMIN (OREGON-750), obteniéndose las coordenadas correspondientes las cuales serán útiles en la elaboración de mapa de ubicación. como se sabe los terrenos de cultivos de coca son fumigados constantemente por productos agroquímicos (pesticidas, herbicidas, fungicidas) las cuales contienen metales pesados es por ello se trabajó la parte experimental en esta parte, que corresponde a 100m²(largo: 10; ancho: 10m) una vez demarcado el área de estudio, se procedió a limpiar las malezas, rastrojos, deshiero de forma manual, para ello primero se cortó la coca desde la base, luego de ello se prosiguió a cortar las malezas con un sable, finalmente este material de desmonte se limpió con rastrillo, las cuales fueron

colocados en el borde del terreno del cultivo, alguno de esos materiales se quemó.

Figura13

Limpieza y poda de los rastrojos de cultivos de coca



3.6.2.2. Preparación del terreno. Teniendo el terreno limpio, antes de proceder con la ejecución experimental se analizó la concentración inicial de plomo, para tener referencia una vez de haber tratado el suelo cuanto vario después de 3 meses de rehabilitar el suelo de igual forma se realizó muestreo de suelo para determinar concentración de plomo aledañas al área de trabajo, denominado como punto blanco, la cual se dejara libre ,para el desarrollo de cultivo de coca, Una vez que se extrajo la muestra tanto del área de estudio como punto blanco para su respectivo análisis de plomo. Se procedió a la labranza de la tierra forma manual a una profundidad de 20cm, con pala y pico(sapa-pico). Ya que las condiciones óptimas para el cultivo de tabaco se deben realizar en tierras removidas, este proceso de labranza se tardó tres días. Luego del cual se procedió a descontaminar el suelo con caldo de cenizas, para evitar la propagación de hongos, bacterias y virus, plagas, de esa manera a la hora de cultivar el tabaco se podrá desarrollar adecuadamente. a continuación, se detalla la forma de desinfección y la dosis necesaria a aplicar.

según el manual de caldo de cenizas, elaborados en la revista **AGRO SISTEMAS** ,Indica que por un litro de caldo de ceniza se mezcla con 20L de agua, en nuestro caso

necesitamos 50 L de caldo de ceniza, este cálculo se estimó por una guía del **AGROSISTEMAS** en la que indica que por cada m² se hecha hasta un 1kg de ceniza, como se sabe la densidad del agua y la del caldo de ceniza son lo mismo, por lo que por cada m², se vertió 0,5 L de caldo de ceniza, en total como el terreno es de 100m², la cantidad necesaria será 50L, este caldo de ceniza se hecho posterior a la labranza de tierra como una forma de desinfección a la tierra para proteger de plagas, hongos, virus, bacterias malignas, se obtuvo 2,5L de caldo de ceniza la cual se mezcló con agua, como se sabe 1L de caldo de ceniza se mezcla con 20l, para este caso fue necesario, 2,5L de caldo de ceniza, la cual se combinó con 50L de agua, que fue útil para el abastecimiento de todo el área a desinfectar, todo este proceso en un inicio se requirió de los siguientes materiales e insumos: ceniza(0,90kg), jabón lagarto(90g), agua cruda(3,60).

Transcurrido cinco días después de la desinfección de la tierra con caldo de ceniza, se prosiguió a abonar la tierra, con compost de residuos de cacao, la cual se elaboró meses anteriores, este abonado será útil en la remediación a la vez permitirá un crecimiento fértil del tabaco, la cantidad que se empleo fue de 150kg, esta cantidad se estimó de acuerdo al manual de **AGROSYSTEMAS**, en la cual se emplea por m² de 1kg a 2kg de compost, en este caso se trabajó con la media (1, 5kg por m²), por lo tanto en 100m² se empleó 150kg de Compost de residuos de Cacao.

Figura14

Labranza de la tierra desinfección con caldo de cenizas, abonado con compost de residuos de cacao respectivamente



En la Figura 14, se ve el proceso de remoción de la tierra (arado) con un pico, posteriormente se humedece la tierra, finalmente se esparce el Compost de residuos de cacao en todo el terreno removido por el método de voleo como una forma de fertilizar el suelo para el normal crecimiento del tabaco

3.6.2.3. Cultivo de Tabaco. El cultivo de tabaco se realizó en suelo previamente removido y abonado con compost de residuos de cacao, en un área de 100m², (largo 10m, ancho, 10 m). previo al cultivo de las plántulas de tabaco se hizo surcos en el terreno labrado, en la parte de la lomada se cultivó el tabaco retirado del lugar del almacigo transcurrido 45 días, para lo cual se hizo un hoyo de 10cm de profundidad con una estaca de madera de 20 cm de longitud y tres centímetros diámetro, cada 45 cm en fila, y la distancia de separación de columna a columna fue de 1m. en total se empleó 210 plantas de tabaco.

Figura15*Cultivo de Tabaco*

En la Figura 15 se muestra, el cultivo de tabaco se realizó en tierra arada, en la que se formó sucos y lomadas, el tabaco se plantó en las lomadas, manteniendo una distancia de planta a planta 45 cm y una distancia de un metro de separación de columna en columna, en total se empleó para dicha investigación un total de 10 columnas.

3.6.2.4. Proceso de abonado con el compost de la especie *Nicotina Tabacum*. La aplicación del compost de residuos de cacao se hizo al boleó en forma circular respecto a la copa del árbol durante 3 meses, el primer abonado se realizó después de 15 días de haber sido cultivo el tabaco, luego a ello se abonó cada mes, el abono correspondiente por cada planta que se añadió fue de 200g. Realizándose en total tres abonados durante el ciclo del desarrollo del tabaco, para lo cual se requiere de un total de 150kg. Esta metodología fue aplicado por (Huaynates, 2013).

En la elaboración del compost se obtuvo un total de 341kg lo que significa que se dejaría de utilizar 191kg, por la que se optó utilizar este compost por recomendación de un ingeniero agrónomo, este material se esparció por toda el área de estudio por el método de voleo.

Tabla14*Dosis composta para el abonado*

Cultivo	Dosis	Aplicación
para rehabilitar suelos agrícolas agotados	3000a 5000Kg/Ha	al Voleo incorporado con rasta

Nota: Noriega, Altamirano, Cruz, 2002, citado por (Hernandez & Arturo, 2003)

Figura16*Abonado del tabaco en la zona experimental mediante el método de boleó.*

3.6.2.5. Muestreo Final del suelo. Transcurrido tres meses se realizó el muestreo final del suelo (muestreo superficial) en la zona donde se cultivó el tabaco , de igual forma se extrajo muestras del punto blanco , para poder determinar concentración del plomo, con respecto en la zona de cultivo para el muestreo se utilizó el método indicado por la MINAM,2014, que consiste en tomar las muestras si es de forma cuadrangular se realiza un muestreo en cada lado y un muestreo en la parte central, de esta manera se realizó cinco muestreos a una profundidad de 20 cm de igual forma se tomó muestras del punto blanco que se utilizó el método al azar (tres muestras para su posterior análisis en el laboratorio de la UNALM.

Figura17

Muestreo final del suelo en el punto blanco y la zona experimental



En la zona experimental es donde se cultivó el tabaco, y el muestreo en el punto blanco se realizó en el cultivo de coca, que se tomaron tres puntos de muestreo de manera aleatoria para su respectivo análisis.

3.6.2.6. Obtención y codificación de muestras. Después de realizar el muestreo de suelos por unidad experimental y obtener 1 kg de suelo por tratamiento, se coloca en una bolsa de capacidad para 1 kg, etiquetándolo con su clave, tanto para la muestra de zona de cultivo y punto blanco. Se realizaron dos veces los muestreos, uno antes de realizar parte experimental (Muestreo de identificación), y el otro muestreo se realizó después de la fase experimental (muestreo de comprobación), a continuación, en los siguientes cuadros se detallan las características correspondientes:

7	B2-202: punto	Ayacucho-Caserío de	643.656.742	8.589.551.393	M.I	3/10/2020	plomo	E.H. V	Ing. Braulio La
	Blanco	Caña Brava							Torre
8	B3-203: punto	Ayacucho-Caserío de	643.	8.58	M.I	3/10/2020	plomo	E.H. V	Ing. Braulio La
	Blanco	Caña Brava	651.302	570.446					Torre

Tabla16

Muestreo de comprobación después de la fase experimental

Numero de muestras	Clave de Identificación	Lugar de procedencia	Coordenadas (UTM)		Tipo de muestra	Fecha de muestreo	Parámetro	Nombre del muestreador	Jefe del laboratorio UNALM
1	P1-196: Área de interés	Ayacucho-Caserío de Caña Brava	643.672.490	8.589.552.197	M.I	27/06/2021	plomo	E.H. V	Ing. Braulio La Torre
2	P2-197: Área de interés	Ayacucho-Caserío de Caña Brava	643.675.546	8.589.555.279	M.I	27/06/2021	plomo	E.H. V	Ing. Braulio La Torre
3	P3-198: Área de interés	Ayacucho-Caserío de Caña Brava	643.681.375	8.589.548.723	M.I	27/06/2021	plomo	E.H. V	Ing. Braulio La Torre
4	P4-199: Área de interés	Ayacucho-Caserío de Caña Brava	643.675.176	8.589.546.764	M.I	27/06/2021	plomo	E.H. V	Ing. Braulio La Torre

5	P5-200: Área de interés	Ayacucho-Caserío de Caña Brava	643.677.477	8.589.550.734	M.I	27/06/2021	plomo	E.H. V	Ing. Braulio La Torre
6	B1-201: punto Blanco	Ayacucho-Caserío de Caña Brava	643.683.751	8.589.567.405	M.I	27/06/2021	plomo	E.H. V	Ing. Braulio La Torre
7	B2-202: punto Blanco	Ayacucho-Caserío de Caña Brava	643.656.742	8.589.551.393	M.I	27/06/2021	plomo	E.H. V	Ing. Braulio La Torre
8	B3-203: punto Blanco	Ayacucho-Caserío de Caña Brava	643.651.302	8.589.570.446	M.I	27/06/2021	plomo	E.H. V	Ing. Braulio La Torre

*MC: Muestreo de comprobación

3.6.2.7. Análisis químico del suelo. Una vez codificadas; se llevó las muestras al laboratorio de suelos de la facultad de Ing. Agrícola UNALM, volviéndolas a codificar para sus análisis de plomo en el suelo, el análisis de los metales pesados fue realizada mediante el método de la espectrometría de adsorción atómica tanto para suelo contaminado y el punto blanco, este análisis se realizó dos veces, uno de ellos se realizó antes de realizar la parte experimental(muestreo de identificación),y el otro se realizó después de realizar la parte experimental(muestreo de comprobación).

Figura18

Muestreo de suelo en el punto blanco



El muestreo para el análisis en el punto blanco se tomó tres puntos o tres zonas de muestreo de forma aleatoria y se realizó dos veces, uno de ellos antes de realizar la parte experimental y el otro al culminar. Cabe resaltar el punto blanco viene a ser aquella zona donde no se intervino para el cultivo de tabaco y esta aledaña a la zona donde se cultivó el tabaco con fines de remediación.

Figura19*Muestreo de suelo en la zona experimental*

Muestreo de suelo en la zona netamente experimental, se realizó dos veces, uno de ellos antes de iniciar de remediar el suelo y el otro se realizó una vez culminada la remediación realizada con tabaco y compost, cabe resaltar los muestreos realizados fueron cinco debidamente etiquetados, este criterio se tomó en función de forma del terreno, tomada de referencia la metodología utilizada por MINAM, 2014.

3.7. Análisis de datos

El desarrollo estadístico se llevó a cabo aplicando la estadística inferencial en base al análisis de datos y descripción de las variables de estudio (independiente y dependiente) a partir de los parámetros fisicoquímicos y el Plomo como metal pesado, tomando en cuenta las 8 estaciones o puntos de muestreo relacionándolos con las muestras de suelos antes y después de ser sometidos a la remediación mediante enmiendas con Tabaco y residuos de cacao como variable independiente y la concentración de Plomo como variable dependiente. El software por utilizado fue el Excel 2010, donde inicialmente se presentará una base estadística ordenada en función a tablas y gráficas, con una distribución de datos y desarrollo de la prueba de normalidad.

IV. RESULTADOS

De acuerdo a los tres objetivos planteados en la presente investigación se muestran los resultados iniciales y finales obtenidos con relación a la caracterización fisicoquímica del suelo, concentración final de Plomo y eficiencia de la remediación.

4.1. Caracterización del Suelo y Compost antes de la etapa Experimental

A continuación, se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica, concentración de Plomo en el suelo y análisis de compost en la zona de estudio.

4.1.1. *Caracterización Fisicoquímica del Suelo al inicio de la Etapa Experimental*

A continuación, en las **Tablas 17 y 18**, se muestran los resultados obtenidos en la determinación fisicoquímica de dos muestras de suelo antes de realizar la fase experimental, a fin de conocer las concentraciones iniciales de los parámetros en estudio en el terreno.

Tabla17

Resultados de la primera caracterización Fisicoquímica del suelo.

Parámetros	C.E.					Análisis Mecánico					Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma	Suma	%
	pH	(1:1)	CaCO ₃	Nt	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Textural		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	de	de	Sat. De
(M1)	(1:1)	dS/m	%	%	%	ppm	ppm	%	%	%			meq/100g					Cationes	Bases	Bases
Valores	4.04	0.04	0.00	0.12	2.55	1.6	44	30	22	48	Ar.	9.0	1.84	0.33	0.13	0.31	5.46	-	-	29

De acuerdo con los resultados mostrados podemos indicar que el tipo de suelo es Arcilloso, y presenta un pH fuertemente ácido de 4.04, una salinidad relativamente baja (0.04 dS/m), una concentración de materia orgánica media, una concentración de Fosforo y Potasio bajo. Los demás resultados se encuentran dentro de sus niveles normales considerados para suelos agrícolas.

Tabla18

Resultados de la segunda caracterización Fisicoquímica del suelo.

Parámetros	C.E.					Análisis Mecánico					Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma	Suma	%
	pH	(1:1)	CaCO ₃	Nt	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Textural		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	de	de	Sat. De
(M2)	(1:1)	dS/m	%	%	%	ppm	ppm	%	%	%			meq/100g					Cationes	Bases	Bases
Valores	4.31	0.05	0.00	0.15	3.02	1.42	60	32	20	48	Ar.	11.30	2.74	0.56	0.17	0.30	4.95	-	-	33

De acuerdo con los resultados mostrados podemos indicar que el tipo de suelo es Arcilloso, y presenta un pH fuertemente ácido de 4.31, una salinidad relativamente baja (0.05 dS/m), una concentración de materia orgánica media, una concentración de Fosforo y Potasio bajo. Los demás resultados se encuentran dentro de sus niveles normales considerados para suelos agrícolas.

4.1.2. Resultados iniciales de Plomo en suelo antes del tratamiento

A continuación, en la **Tabla 19**, se muestran los resultados obtenidos en la determinación de Plomo antes de realizar la fase experimental, a fin de conocer las concentraciones iniciales en cada uno de los puntos monitoreados.

Tabla19

Resultados iniciales de Plomo en muestras de suelo

Código	Muestra	Pb	ECA
Lab	Estaciones	mg/Kg	mg/Kg
2443	P1-196	29,10	70
2444	P2-197	26,04	70
2445	P3-198	27,83	70
2446	P4-199	24,91	70
2447	P5-200	24,79	70
2448	B1-201	28,92	70
2449	B2-202	24,49	70
2450	B3-203	26,13	70

Nota. Resultados reportados por el laboratorio UNALM

De acuerdo con los resultados mostrados podemos indicar que ninguna de las estaciones monitoreadas excede el ECA, sin embargo, las concentraciones de Plomo se encuentran en niveles importantes.

4.1.3. Caracterización de Macro y Micronutrientes del compost de residuos de cacao

A continuación, en la **Tabla 20**, se muestran los resultados obtenidos en el análisis de nutrientes realizado al residuo de cacao antes de la fase experimental.

Tabla20*Análisis de materia orgánica en compost de residuos de cacao*

N°	PARÁMETROS									
LAB	pH	C.E.	M.O.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Hd	Na
		dS/m	%	%	%	%	%	%	%	%
415	9,27	9,09	40,03	1,39	0,22	6,47	1,30	1,09	62,78	0,04

Nota: análisis en el laboratorio de UNALM

De acuerdo con los resultados mostrados podemos indicar que el pH es alcalino (9.27), presenta una conductividad eléctrica elevada (9.09 dS/m) asociado a una alta salinidad y un porcentaje de materia orgánica alto. Los demás resultados se encuentran dentro de sus niveles normales considerados para compost.

4.2. Caracterización del Suelo después de la Fase Experimental

A continuación, se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica y concentración de Plomo terminada la fase experimental en la zona de estudio.

4.2.1. Caracterización Fisicoquímica del suelo terminada la fase experimental

A continuación, en la **Tabla 21**, se muestran los resultados obtenidos en la determinación fisicoquímica del suelo finalizada la fase experimental.

Tabla21

Resultados de la caracterización Fisicoquímica final del suelo

Número de Muestra		C.E.		Análisis Mecánico							Clase	CIC	Cationes Cambiables					Suma	Suma	%
Lab	Claves	pH	(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Arena	Limo	Arcilla	Textural		Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Al ⁺³ + H ⁺	de	de	Sat. De
		(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	%	%	%			meq/100g					Cationes	Bases	Bases
5068		3.83	0.09	0.00	2.65	2.5	125	41	22	37	Fr.Ar.	14.40	1.38	0.48	0.43	0.10	4.55	6.95	2.40	17

Nota: análisis en el laboratorio de UNALM

De acuerdo con los resultados mostrados podemos indicar que el tipo de suelo es Franco Arcilloso, y presenta un pH fuertemente ácido de 3.83, una salinidad relativamente baja, una concentración de materia orgánica media, una concentración de Fosforo bajo, una concentración de Potasio medio. Los demás resultados se encuentran dentro de sus niveles normales considerados para suelos agrícola

4.2.2. Resultado del análisis de Plomo al culminar la fase experimental

A continuación, en la Tabla 22, se muestran los resultados obtenidos en la determinación de Plomo al culminar la fase experimental, a fin de conocer las concentraciones finales en cada uno de los puntos monitoreados.

Tabla22

Resultados finales de Plomo en muestras de suelo

Código	Muestra	Pb
Lab	Estaciones	mg/Kg
2443	P1-196	16.92
2444	P2-197	19.23
2445	P3-198	20.09
2446	P4-199	16.91
2447	P5-200	20.35
2448	B1-201	22.57
2449	B2-202	20.40
2450	B3-203	20.05

Nota. Resultados de Plomo reportados de la UNAALM.

De acuerdo con los resultados finales obtenidos se puede observar que en todas las estaciones monitoreadas el Plomo ha reducido sus concentraciones, así por ejemplo para la estación P4-199 se obtuvo la concentración residual más baja con 16.91 mg/Kg.

4.3. Resultado de las eficiencias al finalizar la fase experimental

A continuación, en la Tabla 23, se muestran las eficiencias obtenidas en la remediación de Plomo al culminar la fase experimental en cada uno de los puntos monitoreados.

Tabla23*Resultados finales de las eficiencias de Plomo en muestras de suelo*

Código	Muestra	Pb(i)	Pb(f)	Eficiencia	Acumulación
Lab	Estaciones	mg/Kg	mg/Kg	(%)	Mg/Kg
2443	P1-196	29.10	16.92	41.85	12.18
2444	P2-197	26.04	19.23	26.15	6.81
2445	P3-198	27.83	20.09	27.81	7.74
2446	P4-199	24.91	16.91	32.11	8.00
2447	P5-200	24.79	20.35	17.91	4.44
2448	B1-201	28.92	22.57	21.95	6.35
2449	B2-202	24.49	20.40	16.70	4.09
2450	B3-203	26.13	20.05	23.26	6.08
PROMEDIO		26.53	19.57	26.00	7.00

Nota. Resultados de Plomo reportados de la UNALM.

De acuerdo con los resultados finales obtenidos se puede observar que en todas las estaciones monitoreadas el Plomo ha reducido sus concentraciones, donde las enmiendas alcanzaron en la estación P1-196 una máxima eficiencia de 41.85% y 12.18 mg/Kg de acumulación, mientras que en la estación B2-202 se obtuvo una eficiencia mínima de 16.7% y 4.09 mg/Kg de acumulación. En términos generales podemos indicar que el promedio final obtenido para las 8 estaciones consideradas en el estudio fue del 26% de eficiencia con 7.0 mg/Kg de acumulación de Plomo

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Según Cárdenas (2010), en su estudio “Efecto de la aplicación de ácidos orgánicos debajo peso molecular en la biodisponibilidad de Pb y Zn en un sistema usando *Brassica juncea*”, planteo como objetivo, evaluar las especies vegetales que tengan la capacidad de tolerar y extraer metales de un suelo contaminado, el cual fue cuantificado mediante el método de absorción atómica. Para esta prueba se seleccionaron 3 especies vegetales, dos variedades de *Zea mays* (regional y Asgrow), una variedad de la familia *Brassica juncea* (mostaza regional) y una variedad de *Nicotiana tabacum* (tabaco), obteniendo como resultado, la acumulación de Pb en el tabaco con de 1.3 mg/kg, mientras que la cantidad de Zn acumulada por el tabaco y la mostaza, fue de 12.6 mg/kg y 11.5 mg/kg respectivamente, llegando a la conclusión en las pruebas piloto de fitoextracción, en campo y bajo condiciones controladas que, aplicando tratamientos de 50 y 100 mmoles/kg de ácido cítrico y málico, la mostaza tiene la capacidad de acumular Zn, sin embargo, este mismo comportamiento no se observó en la acumulación de Pb debido probablemente a la baja capacidad de translocación de este metal por la planta. De acuerdo a nuestro trabajo de investigación desarrollado en suelos agrícolas contaminados por Plomo, en el cual se aplicaron enmiendas a base de tabaco (*Nicotina tabacum*) y compost de residuos de cacao para reducir los niveles del metal en el suelo, los resultados finales mostraron en las ocho estaciones monitoreadas una reducción importante, así tenemos que la acumulación de Plomo para la estación P1-196 fue 12.18 mg/Kg, para P2-197 fue 6.81 mg/Kg, para P3-198 fue 7.74 mg/Kg, para P4-199 fue 8.00 mg/Kg, para P5-200 fue 4.44 mg/Kg, para B1-201 fue 6.35 mg/Kg, para B2-202 fue 4.90 mg/Kg y B3-203 fue 6.80 mg/Kg.

Según Orozco (2012), en su trabajo de investigación “Fitoextracción de Plomo de un Suelo Contaminado, Utilizando Especies Vegetales con Diferente Densidad Estomática”, tuvo como objetivo, cuantificar la extracción de plomo de un suelo contaminado utilizando

plantas con diferente densidad estomática como girasol y frijol, estas especies posteriormente se sembraron en el suelo contaminado con plomo, donde los análisis por absorción atómica indicaron que la planta de frijol tratada con quelato y sin quelato fue la especie que acumulo mayor cantidad de plomo en las tres estructuras evaluadas, siendo la acumulación en el tratamiento con quelato de 727.1 mg Pb/kg y sin quelato 373.9 mg Pb/kg, asimismo, la planta de girasol mostró un total de acumulación de Pb con quelato de 613.6 mg Pb/kg y sin quelato 312.0 mg Pb/kg, ambas especies cuando fueron tratadas con quelatos incrementaron significativamente la acumulación total de plomo, donde el girasol aumentó hasta en un 96.6% y el frijol 94.4% en comparación con el plomo. Con relación a nuestro trabajo de investigación desarrollado en suelos agrícolas contaminados por Plomo, donde se aplicaron enmiendas a base de tabaco (*Nicotina tabacum*) y compost de residuos de cacao, sin el uso de quelatos, los resultados finales mostraron en las ocho estaciones monitoreadas una disminución importante, así tenemos que la reducción porcentual de Plomo para la estación P1-196 fue 41.8%, para P2-197 fue 26.15, para P3-198 fue 27.81%, para P4-199 fue 32.11%, para P5-200 fue 17.91%, para B1-201 fue 21.9%, para B2-202 fue 16.7% y B3-203 fue 23.26%. El promedio de la acumulación porcentual para toda el área de terreno remediada fue de aproximadamente de 26%, es preciso indicar que en las enmiendas no se utilizó ningún tipo de compuesto orgánico como quelatos para mejorar la acumulación.

Según Pérez et al. (2007), en su estudio “Asimilación de cadmio y plomo por *Nicotiana tabacum* variedad “Criollo 98” cultivada en un suelo contaminado artificialmente, parte II: Acumulación de metales pesados”, planteó como objetivo estudiar el comportamiento de la planta de tabaco *Nicotiana tabacum* L, variedad “Criollo 98”, en un suelo contaminado con cadmio y plomo, para evaluar sus posibilidades de empleo en técnicas de fitorremediación. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con 4 tratamientos y 3 réplicas. Tratamientos: T1, Testigo; T2, dos aplicaciones de Cd al suelo

(0,50 kg/ha); T3, dos aplicaciones de Pb al suelo (0,50 kg/ha); T4 dos aplicaciones de Cd+Pb al suelo (0,50 kg/ha) de cada elemento, utilizando el método analítico de ICP. Del resultado obteniendo lo más importante a destacar es el hecho de que tanto el cadmio como el plomo, aplicados solos, o en el tratamiento combinado, han sido extraídos del suelo por la planta de tabaco, de manera que no existen diferencias significativas entre el suelo testigo y el suelo del resto de los tratamientos. Solo en el caso del tratamiento con cadmio quedan en el suelo 1,75 mg/kg de este elemento, significativamente diferente con el testigo y con los restantes tratamientos. La conclusión muestra que los metales pesados como cadmio y plomo son rápidamente absorbidos por la planta de tabaco, la cual los acumula fundamentalmente en la raíz y en las hojas basales por lo tanto la planta de tabaco *Nicotiana tabacum*, Variedad “Criollo 98” tiene buenas cualidades y características que permiten su uso en técnicas de Fitorremediación. A diferencia de nuestra investigación trabajada en suelos agrícolas contaminados por Plomo, se aplicaron enmiendas a base de tabaco (*Nicotina tabacum*) y compost de residuos de cacao para reducir los niveles del metal, los resultados finales mostraron en las ocho estaciones monitoreadas una concentración residual de plomo en el suelo de: P1-196: 16.92 mg/Kg, P2-197: 19.23 mg/Kg, P3-198: 20.09 mg/Kg, P4-199: 16.91 mg/Kg, P5-200: 20.35 mg/Kg, B1-201: 22.57 mg/Kg, B2-202: 20.40 mg/Kg y B3-203: 20.05 mg/Kg.

VI. CONCLUSIONES

6.1. Con relación al primer objetivo planteado se concluye que la caracterización fisicoquímica realizado en dos muestras de suelo antes del tratamiento aplicado presentaron una textura arcillosa, un pH fuertemente ácido, una baja salinidad, una concentración de materia orgánica media; y una concentración de Fosforo y Potasio bajo, asimismo cabe indicar que con relación al Plomo no se excedió el ECA (70 mg/Kg), para ninguna de las 8 estaciones en estudio, presentando un promedio de 26.53 mg/Kg en toda el area del terreno.

6.2. Con relación al segundo objetivo planteado se concluye que la caracterización fisicoquímica realizado en el suelo después del tratamiento aplicado presentaron una textura arcillosa, un pH fuertemente ácido, una baja salinidad, una concentración de materia orgánica media, una concentración de Fosforo bajo, y una concentración de Potasio medio, y con relación a los niveles de Plomo el promedio final alcanzado por las enmiendas en todo el terreno de estudio fue de 19.57 mg/Kg.

6.3. De acuerdo con el tercer objetivo planteado se concluye que, al término del tratamiento aplicado para las ocho estaciones, la fijación de Plomo aplicando enmiendas con *Nicotina tabacum* y compost de residuos de cacao, mostraron una eficiencia promedio del 26% con una correspondiente acumulación de 7.0 mg/Kg.

6.4. Se concluye finalmente que el tratamiento por enmiendas con tabaco y residuos de cacao aplicado a suelos agrícolas contaminados por Plomo no alcanzaron elevados niveles de eficiencia, posiblemente asociado a las características fisicoquímicas del suelo y/o a las cantidades de los compuestos orgánicos utilizados en la remediación.

VII. RECOMENDACIONES

- a. Con la finalidad de mejorar las eficiencias en la remediación de suelos agrícolas contaminados con Plomo se recomienda trabajar con diferentes cantidades de tabaco y residuos de cacao como enmiendas.
- b. Se recomienda utilizar la metodología de la presente investigación para la remediación de suelos agrícolas contaminados por Plomo u otro tipo de metal pesado a fin de conocer las eficiencias alcanzadas para cada caso en particular.
- c. Se recomienda trabajar con diferentes concentraciones de Plomo en muestras de suelos agrícolas contaminados con agroquímicos con la finalidad de evaluar las eficiencias obtenidas y su acumulación en los compuestos orgánicos utilizados.
- d. Se recomienda probar con otros compuestos orgánicos en la remediación de suelos agrícolas contaminados con Plomo u otro metal, a fin de conocer sus eficiencias y acumulación y ser utilizados como enmiendas en el tratamiento.

VIII. REFERENCIAS

- Agencia Agraria de Noticias. (2020). Semana Forestal en el Vraem. *CULTIVO DE COCA GENERA DEFORESTACIÓN Y DEGRADACIÓN DE SUELOS*, pág. 1. Obtenido de <https://agraria.pe/noticias/cultivo-de-coca-genera-deforestacion-y-degradacion-9652>
- Alcolea, M., & Gonzales, C. (2000). <http://www.resol.com.br/>. Obtenido de <http://www.resol.com.br/cartilhas/manual-compostaje-en-casa-barcelona.pdf>
- Alejandro, F., & Hernandez, S. (2017). Manual de Plaguicidas Naturales. *Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas*, 27-28-29. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/plaguicidas_naturales.pdf
- Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. (Octubre de 2018). *Ingenieria sin Fronteras*. Obtenido de <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2018/12/Manual-produccion-de-compost-ESF.pdf>
- Avelino, C. (2013). Eficiencia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en Villa de Pasco. (*Grado académico de Maestro en investigación de Docencia Universitaria*). Universidad Nacional del Callao, Lima. Obtenido de <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/459/T.M.378.A91.pdf?sequ>
- Avelino, C. G. (2013). Eficacia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en Villa de Pasco. (*Tesis para optar el grado Académico de Investigación y Docencia en Investigación Científica y Tecnológica*). Universidad Nacional del Callao, Callao.
- Barrio Vega, N. (s.f.). Metales pesados en suelos y sus efectos sobre la salud. Obtenido de <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/NOELIA%20BARRIO%20VE>

GA.pdf

- Batista, J. .. (2019). Efecto de la aplicacion de la Zeolita sobre la fitoestabilizacion asistida en un deposito minero. (*Máster Universitario en Ciencias y Tecnología del Agua y del Terreno*). Universidad Politecnica de Cartagena, Cartagena.
- Bayon, S. (2015). Aplicacion de fitorremediacion a suelos contmainados por metalaes pesados. *Grado academico en Edafologia*. Universidad Complvtensis Matritensis. Obtenido de <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/BAY%C3%93N%20SANZ,%20SARA.pdf>
- Bernal, A. A. (2014). Fitorremediacion en la recuperacion del suelo. 64-169, 248-252.
- CALIXTO IGLESIAS, M. (2018). *Repositorio UDH*. Obtenido de <file:///E:/OTROS/TESIS%20NICOTIANA%20TABACUM%202020/LINK%20DE%20TESIS%20NICOTIANA/tesis%20matriz/YA%20LEIDOS/INTERESANTE/CALIXTO%20IGLESIAS,%20Magaly.pdf>
- Campos, S. P. (Noviembre de 2006). (1726-2216), 151. Recuperado el 2020, de <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v5n1-2/a20v5n1-2.pdf>
- Carlos Garcia, M. (2002). Metales pesados y su implicancia en la calidad del suelo. (CCMA-CSIC, Ed.) *Ciencia y media ambiente*, 4. Recuperado el 2020, de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Metales%20pesados%20y376.pdf>
- Castro M, C. (2019). Propuesta de aprovechamiento de los residuos organicos desechados en laempresa M.B.N Exportaciones para la elaboracion y comercializacion de Compost en la region de Lambayeque. (*Tesis para optar titulo profesional de Ingeniero Industrial*). Universidad de Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo.
- Cerron, R., Loli, Azabache, & Sanchez. (2018). Fitorremediación con Maíz (*Zea mays* L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales

pesados. *scielo*, 9(2077-9917). Recuperado el Mayo de 2020, de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2077-99172018000400011&lng=pt&nrm=iso

Chavez R, I. (2014). Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo. (*Titulo de Ingeniero Ambiental*). Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima.

Chavez Rodriguez, L. (2014). *repositorio.lamolina*. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2435/T01-C517-T.pdf?sequence=1>

Chavez, L. (2014). Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo. *Titulo de Ingeniero Ambiental*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2435/T01-C517-T.pdf?sequence=1>

COAAM-VRAE. (Noviembre de 2010). Obtenido de [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2010/com2010pueandamaaframbeco.nsf/0/436050164d4dbf46052577eb007a8bac/\\$FILE/PONENCIA_VRAE.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/Comisiones/2010/com2010pueandamaaframbeco.nsf/0/436050164d4dbf46052577eb007a8bac/$FILE/PONENCIA_VRAE.pdf)

COLIL, M. E. (2017). *repositorio uchile*. Obtenido de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/152823/Evaluacion-de-fitorremediacion-de-suelos-contaminados-con-plomo-mediante-el-cultivo-de-Atriplex-halimus-L.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cordero, J. k. (2015). <https://repository.unilibre.edu>. Obtenido de [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7958/Fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de Atriplex halimus L.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7958/Fitorremediacion-de-suelos-contaminados-con-plomo-mediante-el-cultivo-de-Atriplex-halimus-L.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

etales%20pesados%20(plomo%20y%20cadmio)%20y%20evaluaci%C3%B2n%20de%20sel.pdf?sequence=1

Cossio Herrera, L. A. (2015). *Repositorio UNSCH*. Obtenido de http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1130/TM%20CI05_Cos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cristian, O., & Robles. (2009). *cybertesis.unmsm*. Obtenido de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/1636/oriundo_gc.pdf;jsessionid=12C26DA7D6C071188E7AB1A76555C9A0?sequence=1

De la cruz Castañeda, A. (2017). Determinación de Dosificación de los Microorganismos Eficaces para compost apartir de la cascara de Teobroma Cacao L. “cacao” Naranjos. *tesis para optar titulo profesional en Ingenieria Ambiental*. Universidad Nacional de San Martin-Tarapoto, Tarapoto.

Delgadillo, A., Gonzales, C., Prieto, F., & Villagómez, J. (2011). Fitorremediacion una alternativa para eliminar contaminacion. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 598. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

Duran, P. A. (2010). Transferencia de metales de suelo a planta en areas mineras: Ejemplo de los Andes Peruanos y la Cordillera Catalana. (*Tesis Doctoral*). Universidad de Barcelona, Barcelona.

Esto es Agricultura. (4 de Noviembre de 2019). Caldo de. *Ceniza*. Obtenido de <https://estoesagricultura.com/caldo-de-ceniza/>

Falcon, J. V. (2017). Fitoextraccion de metales pesados en el suelo contaminado por Zea Mays en la estacion experimental El Mantaro-Junin. (*Magister en Ingenieria Ambiental*). Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo

FAO. (2015). Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>

- FAO. (2019). *fao.org*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- GESTION. (2017). *Cultivos de coca crecen 14% en Perú hasta llegar a casi 50,000 hectáreas*. Recuperado el Mayo de 2020, de <https://gestion.pe/peru/cultivos-coca-crecen-14-peru-llegar-50-000-hectareas-261375-noticia/?ref=gesr>
- Gonzales V, S. (2017). Evaluación de la distribución del cadmio en el suelo y en la raíz de la planta de cacao en Pucayaco Huanuco 2017. (*titulo profesional en Ingenieria Ambiental*. Universidad Cesar Vallejo, Lima.
- Gonzales, J., & G. w. (Julio de 1998). *bdigital.zamorano.edu*. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2495/1/cultivo%20de%20tabaco.pdf>
- González, C., Thompson, Martínez, & Sánchez. (Junio de 2010). Concentración de cadmio en partículas de diferentes tamaños de un suelo de la Cuenca del Lago de Valencia. *Fac. Ing. UCV* (0798-4065). Recuperado el Mayo de 2020, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652010000200008
- Hechavarria, B. S. (2012). *Taller sobre la elaboracion y uso del compost*
- Hernandez, H., & Arturo. (2003). La composta, su elaboracion y su beneficio. (*titulo profesional de Ingenierio Agronomo en Produccion*". Universidad Autonoma Agraria " Antonio Narro", Mexico.
- HUAYNATES NATIVIDAD, J. L. (2013). *repositorio.unas*. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/451/T.CSA-84.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Huaynates, J. L. (2013). EFECTO DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA ABSORCIÓN DE CADMIO POR EL SUELO ,EN LA LOCALIDAD DE SUPTE. *Titulo en Ingenieria de Recursos Renovables*. Universidad Agraria de la Selva, Tingo

- Maria. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/451/T.CSA-84.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INECC-SEMARNAT. (2007). Tecnologías de remediación. Ciudad de Mexico. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/372/tecnolog.html>
- LARA, I. I. (Junio de 2010). Obtenido de <https://cd.dgb.uanl.mx/bitstream/handle/201504211/5064/20179.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lazaro, J. (2008). Fitorremedicacion de suelos contaminados con metales pesados. (*Tesis Doctoral*. Universidad de Santiago de Compostela. Obtenido de https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2540/9788498872026_content.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Leon Simon, J. S. (2010). *repositorio.unas*. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/444/T.CSA-63.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Leon, V. A. (2017). Capacidad de Fitorremediadora de especies Altoandinas para suelos contaminados por metales pesados procedentes de la compañía minera Licuna SAC. (*Tesis para optar titulo profesional de Ingenieria Ambiental*). Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Ancash.
- Licapa, G. (2015). influencia del tiempo de retención y composición del sustrato en la remoción de hierro y cobre del drenaje ácido de mina en humedales artificiales. (Tesis par optar el titulo de Ingeniera Ambiental. Universidad Nacional de Cajamarca). Repositorio de la Universidad Nacional de Cajamarca. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1553/Tesis%20Gladys%20Licapa%20pdf.pdf?sequence=1>

- Lugan, Tolrà, Poschnrieder, & Barceló. (Mayo de 2007). Hiperacumulacion de metales. *Ecosistemas-AEET*, 5-7. Obtenido de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=484>
- Lugany, R., Tolrà, C., Poschnrieder, J., & Barceló. (2007). Hiperacumulación de metales. *Ecosistemas*, 4. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/124-242-1-SM.pdf
- Lopez, P. (2013). ELABORACIÓN DE COMPOST A PARTIR DE CASCARILLA DE. *OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE BIOQUIMICO FARMACEUTICO*. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, RIOBAMBA. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2562/1/56T00329.pdf>
- Lopez, S., Gallegos, M., Perez, L., & Gutierrez, M. (2005). MECANISMOS DE FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON MOLECULAS ORGANICAS XENOBIOTICAS. *cont.Ambient*, 93. Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Mecanismos_de_fitorremediacion_de_suelos_contamina.pdf
- Marcelino, & Inga, B. (2011). Sistemas agroforestales con tecnología limpia en los suelos del VRAEM, Perú. *SCIELO*(1683-0789). Recuperado el Mayo de 2020, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892011000200007
- Martinez, L. A. (2018). Evaluacion del estado de conservacion de suelos contaminados-Fitorremediacion. (*Grado Académico de Doctor en Ciencia y Tecnologia Medioambientales*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa. Obtenido de <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7789/CNDmamala2.pdf>

f?sequence=1&isAllowed=y

MINAM. (2 de Diciembre de 2017). Obtenido de <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>

Molano, M., & Medina, C. (s.f.). Muestreo de suelos. *Sena*, 3. Obtenido de <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/muestreodesuelos-170911232905.pdf>

Munive C, R. V. (2018). Recuperacion de suelos degradados por contaminacion con metales pesados en el Valle de Mantaro mediante Compost de Stevia y Fitorremediacion. (*tesis Doctotal en Ingneria y ciencias Ambientales*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3770/munive-cerron-ruben-victor.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Neftali, & Celedon. (2007).

Ofelia, O. P. (Junio de 2012). *repositorio uaaan*. Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6447/62234%20OROSCO%20PEREZ,%20OFELIA%20%20TESIS.pdf?sequence=1>

Peláez, Bustamante, & Gomez. (Junio de 2016). PRESENCIA DE CADMIO Y PLOMO EN SUELOS Y SU BIOACUMULACIÓN EN TEJIDOS VEGETALES. *Luna Azul*(1909-2474). doi:10.17151/luaz.2016.43.5

Pérez Meléndez, I. P. (2007). Asimilación de cadmio y plomo por *Nicotiana tabacum*. *SOLWAYSCUBA*(0253-5785), 8. Recuperado el Mayo de 2020, de http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V34-Numero_3/cag093071559.pdf

Prieto Méndez, J., González Ramírez, C. A., Román Gutiérrez, A. D., & Prieto García. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10,

30. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
- Reyes, Vergara, Torres, Diaz, & Gonzales. (2016). Contaminacion por metales pesados. *Sogamoso-Boyacá*, 16(2). Recuperado el 2020, de [file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110%20(3).pdf)
- Rosas, I. A. (2008). Fitoextraccion de metales pesados presentes en sedimentos contaminados utilizando Eucaliptus globulus. (*Maestria en Ingenieria Civil y Ambiental*. Universidad de los Andes, Bogota.
- SERVINDI. (6 de Junio de 2018). Comunicación intercultural para un mundo más humano y diverso. *Narcotráfico deforestó más de 2 millones de hectáreas de bosques*. Recuperado el Mayo de 2020, de <https://www.servindi.org/actualidad-noticias/06/06/2018/narcotrafico-deforesto-mas-de-2-millones-de-hectareas-de-bosques>
- Sistema de las Naciones Unidas del Peru. (Diciembre de 2018). <http://onu.org.pe/>. Obtenido de <http://onu.org.pe/noticias/el-peru-reporta-49900-hectareas-de-cultivos-de-coca-en-2017/>
- Taype, G. (2021). Eficacia de dos especies vegetales aisladas y en Asociación al cacao para la fitoextracción de Cadmio en suelos contaminados bajo condiciones de Vivero (Tesis para Optar el Titulo de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Agraria de la Selva). Repositorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/2262/TS_GRTC_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- UNODC-DEVIDA. (2017). Obtenido de file:///C:/Users/USUARIO/Desktop/Peru_Monitoreo_de_Cultivos_de_Coca_

2017_web.pdf

- V, G., & Ana. (2018). Estudio de la calidad física, Químico y Biológico del humus elaborado y utilizado como enmienda orgánica en el Valle del Santa. *tesis para obtener título de Ing. Agrónomo*. Universidad Nacional del Santa, Chimbote.
- VALENCIA, S. M. (Mayo de 2013). Recuperado el Mayo de 2020, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4400/6/UPS-ST000985.pdf>
- Vega Echeverría, M. C. (2018). “ELABORACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y COMPARACIÓN DE LOS ABONOS OBTENIDOS A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS Y CASCARA DE CACAO EN LA ZONA RURAL DE LA ESCUELA CUCHAROS. *maestría en Química*. UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER, BUCARAMANGA. Obtenido de <http://noesis.uis.edu.co/bitstream/123456789/39374/1/173094.pdf>
- Villagaray Yanqui, S. M. (2014). Recuperación de terrenos degradados por el cultivo de coca (*Erythroxylon coca*) En VRAEM, Perú, con aplicación de Tecnología Agroforestal. *SCIELO*(1683-0789). Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892014000100004
- Vlasica de la Barca, J. (2001). EXPERIENCIA PROFESIONAL EN EL CULTIVO Y PROCESO DEL TABACO (*Nicotiana tabacum* L.) EN SELVA. *pregrado*. Universidad Agraria de la Selva, Tingo Maria. Obtenido de <https://docplayer.es/92114090-Universidad-nacional-agraria-de-la-selva-tingomaria.html>
- Vlásica de la Barra, J. A. (2001). Cultivo y Proceso de Tabaco en la Selva. (*título profesional de Ing. Agrónomo*). Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo Maria. Obtenido de

<http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/496/AGR-440.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Waldo Mendoza, J. L. (2017). *pucp.edu.pe*. Obtenido de <http://files.pucp.edu.pe/departamento/economia/WM-JL-VRAEM-VFF-abril-20171.pdf>

Yarasca Bejarano, J. L. (2015). *repositorio.uncp*. Obtenido de http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1481/TESIS_YA.PDF?sequence=1&isAllowed=y

Zagal, E., & Sadzawka, A. (2007). PROTOCOLO DE MÉTODOS DE ANÁLISIS PARA. *Facultad de Agronomía*. Universidad de Concepción , Concepcion. Obtenido de http://www.sag.cl/sites/default/files/METODOS_LODOS_SUELOS.pdf

IX. ANEXOS

A) Matriz de consistencia

Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Indicador	Unidad	Metodología
Problema principal	Objetivo General	Hipótesis General				
De qué manera se remediará el suelo contaminado de plomo (pb) por productos agroquímicos vertidos al cultivo de coca (erythroxydon coca), con tabaco (nicotina tabacum) y compost de residuos de cacao, en caserío de Caña	Remediar el suelo contaminado de (pb,) por productos agroquímicos vertidos al cultivo de coca (erythroxydon coca), con tabaco (nicotina tabacum) y compost de	El Tabaco y compost de residuos de cacao, aportan a la fertilidad del suelo contaminado de (Pb) por productos agroquímicos vertidos en terrenos de cultivo de coca (Erythroxyllum coca), en el Caserío de caña Brava,	Independiente:	Niveles de plomo en el suelo	mg/m3	El método de investigación es empírico, netamente experimental. el proceso de investigación se realizó, en terrenos donde se cultivó coca por un promedio de veinte años, en este cultivo se vierten productos agroquímicos, por lo tanto, están contaminados por metales
			Suelo contaminado de plomo			
			Dependiente:	Uso actual de suelo	Km2	
			Productos Agroquímicos			

Brava-Vraem Ayacucho	residuos de cacao, en caserío de Caña Brava-Vraem.	Distrito de Samugari, Provincia La Mar Departamento Ayacucho				pesados como plomo, las cuales serán analizadas, mediante el método de espectrometría de absorción atómica.
Problema secundario	Objetivo especifico	Hipótesis específico	Variable	Indicador	Unidad	(EPA,3050;3051), en el laboratorio de Ing.
De que manera se cuantificará la concentración de plomo antes y después de realizar la parte experimental en terrenos cicales, en el caserío de Caña Brava	Determinar concentración de plomo antes y después de realizar la parte experimental, en la zona de cultivo de coca (erythroxyton coca), con la finalidad de comparar con los	Si se determina la concentración de plomo, permitirá conocer si excede o no el LMP	Concentración de plomo	Concentración deseable de plomo en el suelo	mg/m3	Agrícola UNALM, Antes de realizar la parte netamente experimental se elaboró compost para el proceso de abonado en el cultivo de tabaco. Según la guía del manual del compostaje de, Gonzales, Huaynates, FAO, así mismo se elaboró plaguicidas naturales a base de hoja de tabaco, y
					mg/m3	

	Brava				"C"		
			Abono orgánico	Parámetro meteorológico	Temperatura	°C	
					Humedad	%	
				Parámetro Edafológico	PH del suelo	Sin unidad	
					Textura	%	
Cuál es la relación de productos Agroquímicos vertidos en terrenos cicales y la concentración de plomo, en el caserío de Caña brava	Analizar la relación de productos agroquímicos vertidos en los terrenos cicales y la concentración de plomo, con la finalidad de saber si existe algún grado de asociación	Los productos agroquímicos vertidos en terrenos cicales tendrán influencia en la concentración de plomo	Independiente:	Concentración de plomo total		mg/m3	
			Concentración de plomo				
			Dependiente:	Uso actual del suelo		Km2	
			Productos Agroquímicos				

B) Análisis de Plomo en muestras de suelos



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : EMERSON HERRERAS VILCATOMA
 PROCEDENCIA : AYACUCHO/ CASERIO CAÑA BRAVA
 REFERENCIA : H.R. 72825
 BOLETA : 4258
 FECHA : 02/11/2020

Lab	Número Muestra		Pb ppm
	Claves		
2443	P1-196		29.10
2444	P2-197		26.04
2445	P3-198		27.83
2446	P4-199		24.91
2447	P5-200		24.79
2448	B1-201		28.92
2449	B2-202		24.49
2450	B3-203		26.13




Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622

C) Resultado del análisis de Materia Orgánica en Compost de Residuos de Cacao



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



INFORME DE ANALISIS DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : EMERSON HERRERAS VILCATOMA
 PROCEDENCIA : AYACUCHO/ VRAEM/ CASERIO CAÑA BRAVA
 MUESTRA DE : COMPOST DE RESIDUOS DE CACAO
 REFERENCIA : H.R. 72826
 BOLETA : 4258
 FECHA : 29/10/2020

Nº LAB	CLAVES	pH	C.E. dS/m	M.O. %	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
415	-	9.27	9.09	40.03	1.39	0.22	6.47

Nº LAB	CLAVES	CaO %	MgO %	Hd %	Na %
415	-	1.30	1.09	62.78	0.04




Ing. Braulio La Torre Martínez
 Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM
 Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622

D) Resultado de análisis de plomo-antes de Fito remediar con Nicotiana tabacum

 FDA FUNDACIÓN PARA EL DESARROLLO AGRARIO Jr. Camilo Carrillo N° 325 - Jesús María - Lima - Lima Punto de emisión : Av. La Molina s/n La Molina - Lima - Lima Página Web: www.fdaweb.com		RUC: 20101259014 BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA B041 - 00004258																
Fecha : 14/10/2020 Identificación: DOC. NACIONAL DE IDENTIDAD N° Identificación: 44973850 Nombre: EMERSON HERRERAS VILCATOMA Dirección: ---LIMA																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>DESCRIPCIÓN</th> <th>UND.</th> <th>CANTIDAD</th> <th>PRECIO UNIT.</th> <th>IMPORTE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ANALISIS ESPECIAL EN SUELO: PLOMO</td> <td>NIU</td> <td>8.00</td> <td>30.00</td> <td>240.00</td> </tr> <tr> <td>ANALISIS EN MATERIA ORGANICA SOLIDA: M.O. COMPLETA</td> <td>NIU</td> <td>1.00</td> <td>120.00</td> <td>120.00</td> </tr> </tbody> </table>		DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	IMPORTE	ANALISIS ESPECIAL EN SUELO: PLOMO	NIU	8.00	30.00	240.00	ANALISIS EN MATERIA ORGANICA SOLIDA: M.O. COMPLETA	NIU	1.00	120.00	120.00		
DESCRIPCIÓN	UND.	CANTIDAD	PRECIO UNIT.	IMPORTE														
ANALISIS ESPECIAL EN SUELO: PLOMO	NIU	8.00	30.00	240.00														
ANALISIS EN MATERIA ORGANICA SOLIDA: M.O. COMPLETA	NIU	1.00	120.00	120.00														
SON: TRESCIENTOS SESENTA Y 00/100 SOLES																		
TOTAL GRAVADA	TOTAL EXONERADA	TOTAL DSCTO.	VALOR VENTA	IMPUESTO	ISC	IMPORTE TOTAL												
S/ 305.08	S/ 0.00	S/ 0.00	S/ 305.08	S/ 54.92	S/ 0.00	S/ 360.00												
Autorizado mediante resolución N° 0320050000973 /SUNAT																		
4Lh6/Ea3ITwUQCRPnA/H64E6g=				Puede descargar su comprobante desde el sitio: http://consulta.fdaweb.com.pe														
																		

E) Ejemplo de métodos de remediación. Comparación de costos.

Caso	Tratamiento con	Costo	Tratamiento	Costo	Ahorro
	fitorremediación	(miles de pesos)	convencional	(miles,de pesos)	proyectado
Pb en suelo,	Extracción,	\$150-200	Excavación y	\$ 500	50-65%
	recolección,		disposición		
0.405 ha	Disposición				
Solventes en	Degradación y	\$200 de	Bombeo y	\$700 costo	50%de
agua	control hidráulico	instalación y	tratamiento	de	ahorro por tres
subterránea		mantenimie		funcionamien	años
,		nto		to anual	
1.012 ha		inicial			
Hidrocarbu	Degradación <i>in situ</i>	\$50-100	Excavación,	\$ 500	80%
ros					
en suelo,			incineración y		
0.405 ha			disposición		

Fuente: Movahed y Maeiyat, citado por (Delgadillo, Gonzales, Prieto, & Villagómez, 2011)

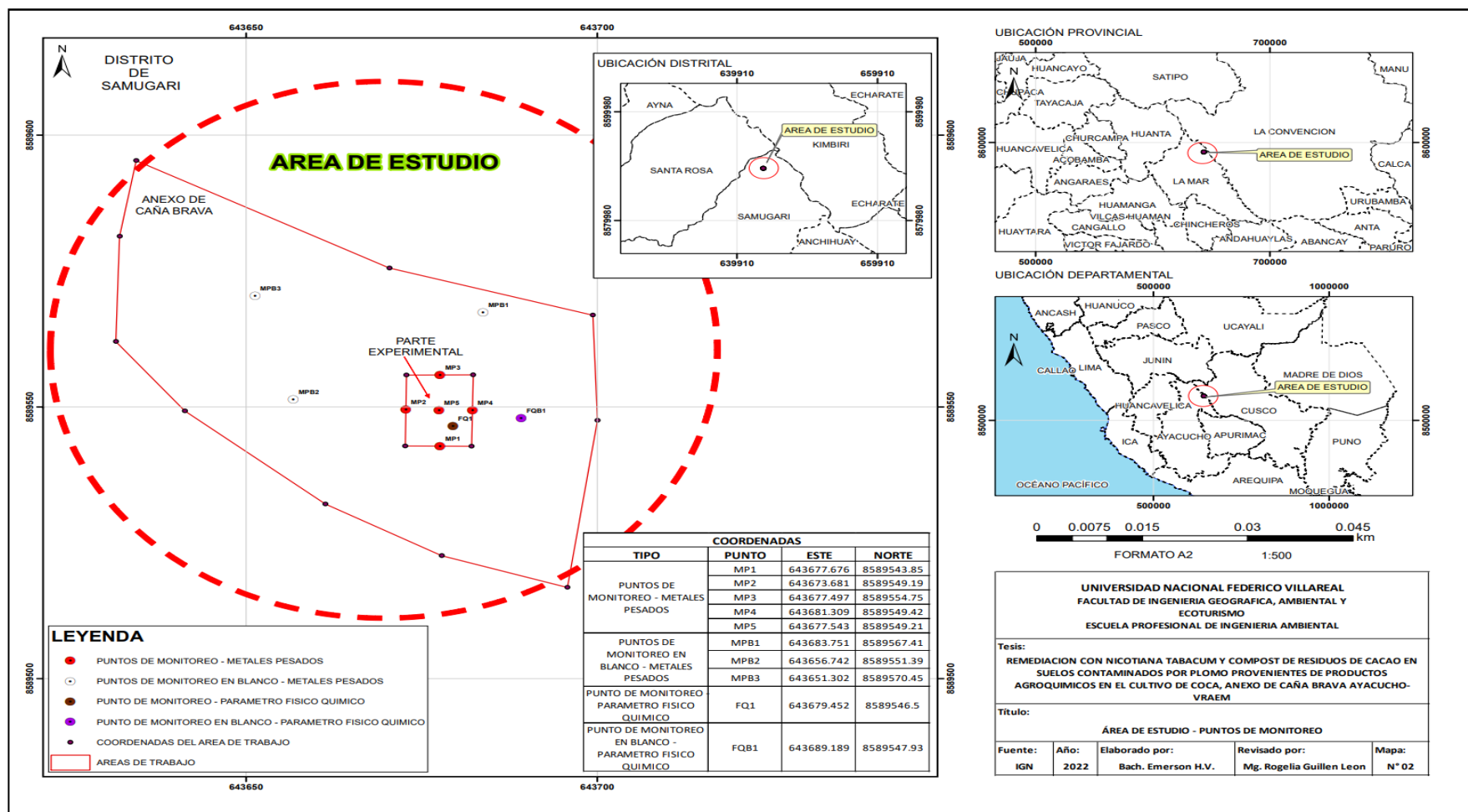
F) Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

Parámetros en mg/kg	Usos del Suelo (1)			Métodos de
PS(2)	Suelo	Suelo	Suelo	ensayo
	Agrícola	Residencial/	Comercial	
	(3)	Parques(4)	(5)/	
			Industrial/	
			Extractivo(6)	
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050

				EPA 3051
Bario total (15)	750	500	2 000	EPA 3050
				EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050
				EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050
				EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192(16)
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471
				EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050
				EPA 3051
				EPA 9013
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	SEMWW- AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

Fuente: MINAM,2

H. Ubicación del área de estudio y puntos de monitoreo en el anexo de Caña Brava-Ayacucho VRAEM.



I. Ubicación de la parte experimental, área de compostaje, almácigo de tabaco y puntos de monitoreo.

