



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **TÍTULO**

“EFICIENCIA DEL MAIZ (*ZEA MAYS*) CULTIVADO CON ABONOS ORGÁNICOS (COMPOST Y HUMUS HECHOS A PARTIR DE RESTOS DE FLORES) EN LA DISMINUCIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE PLOMO DE SUELOS CONTAMINADOS POR EL PASIVO AMBIENTAL MINERO CATAC–RECUAY, ANCASH 2017”

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL**

#### **AUTOR:**

KLINTONS BERINO VARGAS JULCA

#### **ASESOR:**

Ing. Mg. RITA JAQUELINE CABELLO TORRES

### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

CALIDAD Y GESTION DE LOS RECURSOS NATURALES

LIMA-PERÚ

2017-I

## **Página del jurado**

**Autor:**

VARGAS JULCA KLINTONS BERINO

---

**Presidente**

---

**Secretario**

---

**Vocal**

## **Dedicatoria**

La presente tesis se la dedico a mis padres Celedonio Vargas Guerra y Liliana Julca Villa por todo el esfuerzo que realizaron en darme el sustento económico y moral para concluir mi carrera, por su confianza, por su apoyo, por estar siempre a mi lado aconsejándome para ser cada da una mejor persona y profesional.

### **Agradecimiento**

En primer lugar agradezco a Dios por darme la salud y la vida para que todo esto sea posible, agradezco también a la universidad Cesar Vallejo y a los docentes quienes aportaron sus conocimientos y me guiaron adecuadamente para realizar la presente tesis, a mis padres, hermanos y familiares por estar conmigo apoyándome económica y moralmente para terminar mi carrera satisfactoriamente.

**DECLARACIÓN DE****AUTENTICIDAD**

Yo **Klintons Berino Vargas Julca** con DNI N° 70045441, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de **Ingeniería**, Escuela de **Ingeniería Ambiental**, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 19 de Julio del 2017

**Klintons Berino Vargas Julca**

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “**Eficiencia del maiz (*Zea Mays*) cultivado con abonos orgánicos (compost y humus hechos a partir de restos de flores) en la disminución de las concentraciones de plomo de suelos contaminados por el pasivo ambiental minero Catac- Recuay- Ancash, 2017**”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

**Klintons Berino Vargas Julca**

## ÍNDICE

vi

<b>Página del jurado</b> .....	ii
<b>Dedicatoria</b> .....	iii
<b>Agradecimiento</b> .....	iv
<b>DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD</b> .....	v
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	xvii
<b>ABSTRACT</b> .....	xviii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Realidad Problemática.....	2
1.2 Trabajos previos.....	2
1.3 Teorías relacionadas al tema.....	12
1.3.1 Contaminación de suelos.....	12
1.3.2 Metales pesados.....	13
1.3.2.1 Plomo.....	13
1.3.2.1 Reacciones del plomo en pH acido-base.....	13
1.3.3 Factores que afectan a la disponibilidad y movilidad del plomo.....	14
1.3.3.1	
pH.....	15
1.3.3.2	
Textura.....	15
1.3.3.3 Materia orgánica.....	15
1.3.3.4 Capacidad de intercambio catiónico.....	16
1.3.3.5 Carbonatos.....	16
1.3.3.6	
Conductividad	eléctrica
(salinidad).....	17
1.3.3.7	
Presencia	de
elementos.....	17

1.3.3.8	Propiedades del plomo.....	17
1.3.4	Formas de retención y disponibilidad del plomo en el suelo.....	18
1.3.5	Materia orgánica.....	18
1.3.5.1	Beneficios de la materia orgánica.....	19
1.3.6	La Capacidad de Intercambio Catiónico.....	19
vii		
1.3.7	El Efecto del pH sobre la CIC del suelo.....	22
1.3.8	Compost.....	22
1.3.9	Humus.....	23
1.3.10	Plantas hiperacumuladoras.....	23
1.3.11	Fitorremediación.....	24
1.3.11.1	Fitoextracción.....	24
1.3.12	Transporte de contaminantes inorgánicos.....	25
1.3.13	Marco legal.....	26
1.3.14	Maíz.....	27
1.3.15	Proceso de Hiperacumulacion del Pb en el maíz.....	28
1.3.15.1	Xilema y Floema.....	28
1.3.16	Complejos metálicos.....	29
1.3.17	Pasivos ambientales mineros.....	29
1.3.17.1	Depósito de desmonte.....	29
1.4	Formulación del problema.....	30
1.4.1.	Problema general.....	30
1.4.2.	Problemas específicos.....	30
1.5	Justificación del estudio.....	30
1.6	Hipótesis.....	31
1.6.1.	Hipótesis general.....	31
1.6.2.	Hipótesis Especificas.....	31

1.7 Objetivo.....	32
1.7.1. Objetivo General.....	32
1.7.2. Objetivo Especifico.....	32
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>33</b>
2.1 Diseño de Investigación.....	33
2.2 Variables, Operacionalización.....	34
2.3 Población y muestra.....	36
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad...36	
viii	
2.5 Métodos de análisis de datos.....	43
2.6 Aspectos éticos.....	43
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
3.1 Análisis e interpretación de resultados .....	44
<b>IV.DISCUCION.....</b>	<b>85</b>
<b>V. CONCLUSION.....</b>	<b>86</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>87</b>
<b>VII.REFERENCIASBIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>93</b>
Anexo 1: Fichas de recolección de datos durante el tratamiento.....	93
Anexo 2: Validación de Instrumentos.....	97
Anexo 3: Resultados de laboratorio.....	100
Anexo 4: Imágenes del crecimiento del maiz.....	113

**INDICE DE FIGURAS**

**Figura N° 1:** Biodisponibilidad de metales para plantas.....18

**Figura N° 2:** Formas de retención de metales.....18

**Figura N° 3:** Capacidades típicas de intercambio catiónico según componentes y tipos de suelo.....21

### **INDICE DE IMÁGENES**

<b>Imagen N°1:</b> Puntos de muestreo inicial y área de estudio.....	39
<b>Imagen N°2:</b> Toma de muestra de los puntos determinados.....	39
<b>Imagen N°3:</b> Distribución del suelo transportado para aplicación de los tratamientos respectivos.....	40
<b>Imagen N°4:</b> Muestras iniciales de suelos.....	41

**INDICE DE CUADROS**

<b>Cuadro N°1:</b> Límites porcentuales de cationes en el suelo.....	23
<b>Cuadro N°2:</b> Estándares de calidad ambiental del Perú para suelos: parámetros (inorgánicos).....	27
<b>Cuadro N°3:</b> Taxonomía del maíz.....	27
<b>Cuadro N°4:</b> Resumen de etapas de desarrollo.....	37

**INDICE DE TABLAS**

<b>Tabla N°1:</b> coordenadas UTM de los puntos de muestreo.....	38
<b>Tabla N°2:</b> resultados de análisis de laboratorio.....	45
<b>Tabla N°3:</b> Resultados de la Concentración de plomo en el suelo en cada tratamiento en los cuatro momentos diferentes.....	46
<b>Tabla N°4:</b> Cantidad de disminución de plomo en el suelo.....	46
<b>Tabla N°5:</b> Eficiencia de remediación.....	48
<b>Tabla N°6:</b> Estadística Descriptiva de concentración de plomo inicial y final en el suelo.....	49
<b>Tabla N°7:</b> Normalidad de las concentraciones de plomo inicial y final.....	50
<b>Tabla N°8:</b> Prueba T-Student para concentración de plomo inicial y final.....	50
<b>Tabla N° 9:</b> Resultados de la concentración de plomo en el tallo en los tres momentos diferentes.....	51
<b>Tabla N° 10:</b> Estadística descriptiva de concentración de plomo en tallo para los tratamientos 1 y 3.....	53
<b>Tabla N° 11:</b> Prueba de normalidad de datos de concentración de plomo en tallo para los tratamientos 1 y 3.....	54
<b>Tabla N° 12:</b> Prueba de LEVENE Igualdad de varianza.....	55
<b>Tabla N°13:</b> Resultados de la concentración de plomo en hojas en los tres momentos diferentes. ....	56

<b>Tabla N° 14:</b> Estadística descriptiva de concentración de plomo en hoja para los tratamientos 1 y 3.....	58
<b>Tabla N° 15:</b> Prueba de normalidad de datos de concentración de plomo en hoja para los tratamientos 1 y 3.....	59
<b>Tabla N° 16:</b> Prueba de LEVENE Igualdad de varianza.....	60
<b>Tabla N°17:</b> Crecimiento del maíz a lo largo del tratamiento.....	61
<b>Tabla N°18:</b> Tamaño final en cada tratamiento.....	63
<b>Tabla N°19:</b> Tamaño del maíz vs. Plomo disminuido del suelo.....	64
<b>Tabla N°20:</b> Correlación de PEARSON Tamaño del maíz vs. Plomo disminuido.....	65
<b>Tabla N°21:</b> comportamiento <sup>xiii</sup> de las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 1.....	67
<b>Tabla N°22:</b> Correlación de PEARSON para las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 1.....	67
<b>Tabla N°23:</b> comportamiento de las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 2.....	71
<b>Tabla N°24:</b> Correlación de PEARSON para las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 2.....	71
<b>Tabla N°25:</b> comportamiento de las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 3.....	76
<b>Tabla N°26:</b> Correlación de PEARSON para las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 3.....	76
<b>Tabla N°27:</b> comportamiento de las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 4.....	80

<b>Tabla N°28:</b> Correlación de PEARSON para las características físicoquímicas del suelo en el tratamiento 4.....	80
--	----

**INDICE DE GRAFICAS**

<b>Gráfica N°1:</b> Tablas comparativas de reducción de la concentración de plomo en el suelo.....	46
<b>Gráfica N°2:</b> Disminución de plomo en el suelo por tratamiento.....	47
<b>Gráfica N°3:</b> Eficiencia de remediación.....	48
<b>Grafica N°4:</b> Comparación de concentración de plomo en el tallo.....	52
<b>Grafica N°5:</b> concentración de plomo en el tallo por cada tratamiento.....	52
<b>Grafica N°6:</b> Comparación de concentración de plomo en la hoja.....	57
<b>Grafica N°7:</b> concentración de plomo en el tallo por cada tratamiento.....	57
<b>Grafica N°8:</b> Crecimiento del maiz en el tratamiento 1 en las doce semanas.....	61
<b>Grafica N°9:</b> Crecimiento del maiz en el tratamiento 2 en las doce semanas.....	62

<b>Grafica N°10:</b> Crecimiento del maiz en el tratamiento 3 en las doce semanas.....	62
<b>Grafica N°11:</b> Crecimiento del maiz en el tratamiento 4 en las doce semanas.....	62
<b>Grafica N°12:</b> Tamaño final en cada tratamiento.....	64
<b>Grafica N°13:</b> Correlación de PEARSON Tamaño del maiz vs. Plomo disminuido.....	65
<b>Grafico N°14:</b> Correlación PEARSON Ph VS plomo.....	68
<b>Grafico N°15:</b> Correlación PEARSON Conductividad eléctrica VS plomo.....	69
<b>Grafico N°16:</b> Correlación PEARSON capacidad de intercambio catiónico VS plomo.....	69
<b>Grafico N°17:</b> Correlación PEARSON materia orgánica VS plomo.....	70
<b>Grafico N°18:</b> Correlación PEARSON pH VS plomo.....	72
<b>Grafico N°19:</b> Correlación PEARSON Conductividad eléctrica VS plomo.....	73
<b>Grafico N°20:</b> Correlación PEARSON capacidad de intercambio catiónico VS plomo.....	74
<b>Grafico N°21:</b> Correlación PEARSON materia orgánica VS plomo en el tratamiento 3.....	75
<b>Grafico N°22:</b> Correlación PEARSON pH VS plomo.....	77
<b>Grafico N°23:</b> Correlación PEARSON capacidad de intercambio catiónico VS plomo.....	78
<b>Grafico N°24:</b> Correlación PEARSON conductividad eléctrica VS plomo.....	79
<b>Grafico N°25:</b> Correlación PEARSON materia orgánica VS plomo.....	79
<b>Grafico N°26:</b> Correlación PEARSON pH VS plomo.....	81
<b>Grafico N°27:</b> Correlación PEARSON conductividad eléctrica VS plomo.....	82

<b>Grafico N°28:</b> Correlación PEARSON capacidad de intercambio catiónico VS plomo.....	83
<b>Grafico N°29:</b> Correlación PEARSON materia orgánica VS plomo.....	84

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por objetivo general determinar la eficiencia fitoextractora del Maiz (*Zea Mays*) cultivado con abono orgánico (compost y humus a partir de restos de flores) para disminución de las concentraciones de plomo en suelos Contaminados por el pasivo ambiental minero Catac, Recuay, Ancash, para lo cual se empleara el uso de la planta del maiz cultivados con abonos orgánicos tales como el compost y el humus separados en cuatro tratamiento. El tratamiento se realizó en 12 macetas rectangulares de 15 kg, en cada una de ellas se sembró 3 plantas de *Zea Mays* con la adición de compost, humus para los tratamientos correspondientes.

El contenido de plomo inicial en el suelo para los tratamientos 1,2,3,4 fue de 689.27, 731.56, 727.20 y 792.57 ppm respectivamente y al final del tratamiento en 12 semanas estas se redujeron a 550.64, 600.37, 547.81 y 624.66 ppm, respectivamente. Asimismo, el crecimiento del maíz (*Zea Mays*) fue mayor en el tratamiento 3 por el contenido de materia orgánica presentes en el humus y el menor crecimiento registrado fue en el tratamiento 2 donde se añadió compost, porque en este tratamiento se presentó mayor salinidad, además se observó que la mayor concentración de plomo se dio en las hojas del maíz en todos los tratamientos.

Durante el tratamiento se midió algunos indicadores de control como CIC, M.O, C.E, pH, que tienen relación con la disminución de plomo del suelo.

Se llegó a la conclusión que el tratamiento 3 donde se añadió humus fue donde hubo mayor porcentaje de remoción de plomo de suelo y también mayor concentración de plomo en sus tejidos aéreos y con respecto a los indicadores de control se evidenció que el pH y la capacidad de intercambio catiónico guardan más relación con la disminución de plomo del suelo.

**Palabras clave:** compost, fitoextracción, humus, plomo, *Zea Mays*

## ABSTRACT

The objective of this research was to determine the phytoextractive efficiency of maize (*Zea Mays*) cultivated with organic fertilizer (compost and humus from flower residues) to reduce lead concentrations in soils contaminated by environmental liabilities Catac, Recuay, Ancash, for which use of the maize plant cultivated with organic fertilizers such as compost and humus separated in four treatments will be used. The treatment was carried out in 12 rectangular pots of 15 kg, in each of them 3 plants of *Zea Mays* were planted with the addition of compost, humus for the corresponding treatments.

The initial lead content in the soil for treatment 1,2,3,4 was 689.27, 731.56, 727.20 and 792.57 ppm respectively and at the end of treatment in 12 weeks these were reduced to 550.64, 600.37, 547.81 and 624.66 ppm, respectively. Also, maize (Zea Mays) growth was higher in treatment 3 due to the organic matter content present in the humus and the lowest growth recorded was in treatment 2 where compost was added, because this treatment presented higher salinity, In addition, it was observed that the highest concentration of lead occurred in corn leaves in all treatments

During the treatment some control indicators were measured, such as CIC, M.O, C.E, pH, which are related to the reduction of soil lead.

It was concluded that treatment 3 where humus was added was where there was a higher percentage of soil lead removal and also a higher concentration of lead in its aerial tissues and with respect to the control indicators it was evidenced that pH and capacity Of cation exchange are more related to the decrease of lead of the soil.

**Keywords:** compost, phytoextraction, humus, lead, Zea Mays

## I.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad la contaminación del suelo por los metales pesados tales como el plomo u otros metales se pueden evidenciar por distintas partes del Perú, con un total de 4353 pasivos mineros aproximadamente de los cuales 1251 pasivos mineros se encuentran en la región Áncash, convirtiéndose así la región Áncash en la primera región con más pasivos mineros que hasta el momento no han sido remediados por sus titulares, dejándolos expuestos al medio ambiente ya que estas son generadas por la minería formal e informal que son explotados a tajo abierto y en otros casos en socavones (Alkorta et al. , 2010).

Los niveles de contaminación y el impacto que causa el plomo al suelo son nocivos, por ello nos conlleva a utilizar diferentes métodos para así poder reducir los niveles de concentración.

Algunas investigaciones han demostrado que la Fitorremediación es una de las técnicas más prometedoras, donde años anteriores se hicieron los primeros experimentos en donde se utilizó plantas hiperacumuladora para poder extraer contaminantes como metales pesados de los suelos (Barcelo y Poschenriender, 2009).

En el presente estudio se utilizara el método de la fitoextracción con el uso del maíz (*Zea Mays*) cultivado con abonos orgánicos tales como el compost y humus hechos de restos de flores, para así alcanzar disminuir las concentraciones de plomo de los suelos agrícolas contaminados por el pasivo ambiental minero ubicado en Catac, Recuay, Ancash, ya que este método tiene muchas ventajas en lo económico, factibilidad y eficacia.

El presente estudio tiene por objetivo determinar que el uso de los abonos orgánicos aumenta la eficiencia de fitoextracción en suelos contaminados con Plomo por el pasivo ambiental minero Catac, Recuay, Ancash.

Por otro lado, el titular de cada empresa minera es responsable de garantizar un adecuado manejo de sus residuos peligrosos, y plan de descontaminación de suelos, tal como lo establece la actual normativa ambiental vigente, como la R.M. N° 085-2014-MINAM basado en los ECA para suelo D.S. N° 002-2013-MINAM y D.S. N° 002-2014-MINAM.

### **1.1.-Realidad problemática**

El pasivo ambiental minero de tipo desmonte que está ubicado en el distrito de Catac, provincia de Recuay y departamento de Ancash, ha contaminado los suelos agrícolas ubicadas al costado del pasivo, con lixiviados de metales de plomo, cadmio, zinc entre otros, con concentraciones que superan el estándar de calidad ambiental para ECA-SUELO, afectando así a la actividad de la población y al medio ambiente, ya que estos suelos eran usados anteriormente para cultivos como la papa, maíz, trigo, etc.; y como si fuera poco está ubicado a pocos metros de la riveras del Rio Santa, provocando así la contaminación del rio mismo producto de las lluvias que arrastran estos contaminantes hasta el rio.

La composición de este PAM es perjudicial para todo el ecosistema en general, siendo los más afectados las poblaciones aledañas y los que laboran diariamente por la localidad, afectando principalmente a la actividad agrícola y ganadera de esa localidad, es por ello que empleare la técnica de fitoextracción con la planta del maíz (*Zea Mays*) y adicionare abonos orgánicos tales como el compost y el humus para lograr un mayor crecimiento de la planta y una mayor absorción del plomo y de esa manera sea extraído en mayor cantidad el plomo por la planta.

### **1.2. Antecedentes**

Según JIMENEZ, José (2015), en su tesis que tiene por título “ fitoextracción de plomo de un suelo contaminado con el uso de tres agentes quelantes evaluado en maíz e higuierilla, el cual tenía por objetivo evaluar la capacidad del maíz e higuierilla en la fitoextracción de plomo, la metodología consistió en someter al maíz y la higuierilla a cuatro tratamiento con quelantes sintéticos como el EDTA, ácido fulvicos, ácido húmico y el testigo, el experimento se realizó en un invernadero, el trabajo consistió en tres fase, donde en la primera fase se procedió a realizar una análisis del suelo para determinar la concentración de plomo, donde se halló 1200mg/kg, posteriormente se preparó el suelo en macetas de 5kg(32 macetas), de las cuales 16 para el maíz, y 16 para la higuierilla, la segunda fase consistió en la preparación de los materiales cosechados a los 70 días, las plantas se

lavaron y se separaron en hojas y tallos y se pesó el peso fresco, posteriormente se colocó las hojas y tallos y se introdujeron en una estufa durante tres días a 70° c para hallar el peso seco de la biomasa y se tomó un gramo de la biomasa seca para hallar las concentraciones de plomo en las hojas y tallos, obteniendo resultados de acumulación de plomo en el maíz en el tratamiento testigo( 57.50mg/kg en hojas; 42.50 mg/kg en tallo), para el segundo tratamiento maíz + ácido húmico( 55 mg/kg en hojas; 32.50 mg/kg en tallo), para el tercer tratamiento maíz + ácido fulvicos (27.50 mg/kg en hojas; 32.50 mg/kg en tallo), para el cuarto tratamiento maíz + EDTA( 65 mg/kg en hojas; 35.50 mg/kg en tallo); y finalmente concluyeron que donde mayor plomo se acumuló fue en las hojas ya que es un órgano propicio para la acumulación de plomo y con respecto a los quelantes utilizados se podría decir que el mejor de ellos fue el EDTA ya que logro estimular en mayor proporción la acumulación de Pb en las hojas del maíz.

Según HUANG Y CUNNINGHAM(2004)en su trabajo de investigación que tiene por título “ comparación fitoextractora de *maiz(Zea Mays)* y *ambrosia(Ambrosia artemisiifolia)* vs *Thalspi aestivum*, *thalspi rotundifolium*, en donde su objetivo era comparar la capacidad fitoextractora entre ambas plantas, estas plantas fueron sembrados en suelos contaminados por plomo por 80 días a una concentración de 500mg/kg de suelo, y fueron regados cada tres días, a los ochenta días se pasó a cosechar ambas especies de plantas y encontraron que ambas especies tienen grandes diferencias en cuanto a la absorción y translocación del contaminante ya que el maíz fue la especie que mayor plomo acumulo en las hojas y en el tallo con un aproximado de (55mg/kg en hojas) y ( 42mg/kg en tallos), finalmente tales autores concluyen sugiriendo que se podría combinar con enmiendas orgánicas para la limpieza de suelos contaminados con el metal del plomo.

Según WANG (2007) en su trabajo de investigación “capacidad hiperacumuladora del *Bidens Maximowicziana* en suelos contaminados con plomo”, el cual tenía por objetivo demostrar la capacidad hiperacumuladora del *Bidens Maximowicziana*, el trabajo consistió en someter la planta en

suelo contaminado con plomo con una concentración de 3000mg/kg Pb, la plantas se desarrollaron en un total de 120 días, posteriormente se procedió a medir la concentración de Pb en las raíces encontrando una acumulación de ( 1509mg/kg) y en la parte aérea( 2164.7mg/kg), concluyendo así que esta planta es una nueva planta hiperacumuladora con una notable tolerancia en suelos donde haya concentraciones elevadas de plomo y resulta ser apropiado para la fitoextracción de este contaminante.

Según GUTIERREZ, PASTOR, HERNANDEZ(2012), en su investigación sobre “ respuesta del maiz (Zea Mays) en suelos contaminados por metales pesados después de crecer una comunidad de pasto, el cual tenía por objetivo conocer la respuesta del maiz a este tipo de medio contaminado para lo cual se realizó un bioensayo cubetas de plásticos con 5 plántulas de maiz germinados durante 3 meses en condiciones controladas, pasado los tres meses se procedió a cosechar las plantas y lavarlos con agua desionizada y se secaron en una estufa a 70°C por 48 horas y separarlos en parte aérea y radicular , los resultados obtenidos demostraron que la acumulación de metales tanto en la parte aérea como en la parte radicular del maiz en 30 suelos diferentes( 22 suelos ácido y 8 suelos básicos) con tres replicas mostraron la capacidad que tiene el maiz en la extracción de los metales en donde en la parte aérea fue donde mayor cantidad de metal se encontró con una total de (68mg/kg de Pb; 30mg/kg de Cd, 105 mg/kg de Ni; 163mg/kg de Cr), concluyendo así que las hojas del maiz suelen acumular grandes cantidades de metales y que las características tales como el pH, CIC y la textura del suelo determinan la capacidad de bioacumulación del maiz, de manera que la acumulación de metales será mayor si están crecen en lugares donde haya cantidades de metales que exceden en gran manera los estándares de calidad para suelos.

Según YLLANES, VELEZ, LOZANO(2011), en su trabajo de investigación” Efectos Fito tóxicos del plomo en el maiz en suelo arenoso y limoso), el cual tiene por objetivo principal evaluar los efectos Fito tóxicos resultantes, para este estudio el maiz fue expuesto a seis diferentes concentraciones de

acetato de plomo [0,10mM (T1: Control); 0,63mM (T2); 1,25mM (T3); 2,5mM (T4); 5,0mM(T5) y 10,0mM (T6)]. El experimento duro cuatro semanas, y estas fueron realizados en suelos arenosos y en suelos limosos, en donde los resultados encontrados fueron que la aplicación de plomo ocasiono el aumento en la concentración de clorofila foliar de 14.6% en los cinco primeros tratamientos, a diferencia que en el sexto tratamiento hubo una disminución de 2.81 % de clorofila foliar, también se encontró que en los seis tratamientos la concentración de proteína total de la hoja y el porcentaje de humedad foliar disminuyo en un 93.43% y 9.36% respectivamente; la concentración de glucosa aumento en 42.07% promedio en los dos primeros tratamientos, disminuyo en 32.79% en el tercero, cuarto y quinto tratamiento y un aumento en 46.21% en el último tratamiento, y finalmente en la última semana de seguimiento la necrosis radicular fue evidente, y concluyendo así que el tipo de suelo ya sea arenoso o limoso no fue un factor relevante para la determinación de cambios importantes en las plantas evaluadas.

Según CUEVAS, WALTER(2004), en su tesis “ Metales pesados en el maiz, cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost lodo residual”, el cual tenía por objetivo estudiar la absorción y la distribución de metales pesados tales como él ( Ni, Pb) en plantas de maiz, el experimento se realizó en macetas de 6 kilogramos durante 15 semanas a los cuales le aplicaron 4 tipos de tratamientos; el primero era el testigo; el segundo consistió en agregar 25mg/kg de compost; el tercero consistió en agregar 50mg/kg de compost; el cuarto consistió en agregar 75mg/kg de compost, los resultados obtenidos mostraron que en todos los tratamientos realizados el maiz logro acumular Pb y Ni en mayor cantidad en las hojas y seguido del tallo, ya que el maiz realiza el mecanismo de fitoextraccion donde posterior a absorber el contaminante por la raíz lo traslada a la parte aérea tanto en hojas como en tallo, donde se encontró una concentración de Ni en hojas de 25,35,42,55mg/kg de Ni por cada tratamiento respectivamente) y ( 15,22,28,32mg/kg de Pb por cada tratamiento respectivamente), también se procedió a analizar la parte de los tallos en donde las concentraciones encontradas fueron( 10,15,18,22mg/kg de Ni en tallos) y ( 8,12,16,21mg/kg

de Pb en tallos), concluyendo así que la parte aérea principalmente en las hojas es donde mayor metal almaceno el maiz, y que el metal que mayor absorbió fue el Ni, ya que el plomo es menos insoluble.

Según CONSTANZA( 2014) en su tesis “ Aplicación de compost de residuos de flores en suelos ácidos cultivados con maiz (*Zea Mays*), el cual tenía por objetivo estudiar la aplicación del compost en las propiedades químicas en un suelo Oxisol y en las variables agronómicas de maiz, el experimento consistió en aplicar siete tratamiento (Testigo (T1), Compost en dosis de 1 280 mg/100g de suelo (T2), Cal dolomita en dosis de 160 mg/100 g de suelo ( T3), Fertilización inorgánica (8,4 de urea; 19,0 Superfosfato triple y 5,1 de KCl) (T4), Compost más cal (1 280 + 160 mg/100 g de suelo respectivamente ( T5), compost más fertilización inorgánica (640 + 8,4 de urea; 19,0 SPT y 5,1 de KCl mg/100 g de suelo respectivamente) ( T6) y compost más fertilización inorgánica más cal (640 + 8,4 de urea; 19,0 SPT y 5,1 de KCl +70 mg/100 g de suelo) (T7)) se hizo tres repeticiones en un diseño de bloques completamente al azar; se evaluaron las propiedades químicas del suelo tales como acidez intercambiable, pH, fosforo disponible y materia orgánica a la quinta y decima semana después de la siembra, también se procedió a medir algunas propiedades agronómicas como el tamaño de la planta, peso seco; para el experimento se sembró cuatro semillas y se quedaron con las vigorosa y se descartaron los restos, ya en la semana quinta y decima se realizaron mediciones encontrando así que el valor del pH no se encontró diferencias entre el tratamiento testigo con los tratamientos T2, T5,T7 y tampoco con el fertilizante inorgánico T3,T4; a diferencia con el tratamiento T6 que si se encontró diferencias significativas disminuyendo en un 21% la acidez debido probablemente al pH neutro del compost mejorando así esta combinación las condiciones de porosidad y favorecer así la liberación de bases intercambiables, en cuanto a las características agronómicas del maiz el tratamiento que mayor longitud de raíz presento fue en el tratamiento T2 con un total de 40.7cm y el tratamiento que mayor masa seca presentó fue el tratamiento T6 con un total de 29.2 g, concluyendo así que el uso de compost de residuos de flores tiene gran

potencialidad en el manejo de suelos ácidos al mejorar sus condiciones químicas y que también que la combinación del compost con fertilizantes inorgánicos mejoro las propiedades del suelo tales como el pH, materia orgánica y fosforo.

Según BUENDÍA (2014) en su tesis “ fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo” el cual tenía por objetivo conocer la capacidad para crecer, absorber, y acumular metales pesados(plomo) en sus tejidos de una planta hiperacumuladora de metales(*Helianthus annuus*), el experimento se hizo en la universidad de la Agraria de la Molina por un periodo de 60 días, las muestras de suelos a utilizar en el experimento fueron tomados de los alrededores de una refinería en Pucallpa y se le aplicaron 6 tratamientos( T1: 1000g de suelo; T2: 900g de suelo contaminado con hidrocarburo + 100g de aserrín de bolaina; T3: 900g de suelo contaminado con hidrocarburo + 100g de humus de lombriz; T4: 900g de suelo contaminado con hidrocarburo + 50g de humus de lombriz + 50g de aserrín de bolaina; T5: 900g de suelo contaminado con hidrocarburo + 100g de perlita; T6: 900g de suelo contaminado con hidrocarburo + 50g de humus de lombriz + 50g de perlita), se hicieron tres repeticiones por cada tratamiento, inicialmente se procedió a realizar un análisis inicial del suelo para medir la concentración de plomo encontrando una concentración de 156.66 ppm, luego se procedió a plantar las semillas de girasol ya que esta es una planta hiperacumuladora, se regaron con agua de pozo cada dos días y se registró la altura de la planta, ya pasado los 60 días de duración del experimento se midió la altura de la planta, se procedió a pesar el peso seco de la planta llevado a una estufa a 60°C por tres días y los resultados obtenidos en el análisis de contenido de plomo en los tejidos de la planta arrojaron los siguientes resultados ( T1: 22.312 ppm; T2: 23ppm; T3: 21.03 ppm; T4: 26.85 ppm; T5: 22.85 ppm; T6: 26.90 ppm) y los resultados obtenidos en el análisis de Pb en el suelos fueron los siguientes (T1: 65.20 ppm; T2: 67 ppm; T3: 71.33 ppm; T4: 76.03 ppm; T5: 66.40 ppm; T6: 75.83 ppm) concluyendo así que los tratamiento T4 y T6 fueron donde mayor concentración de Pb se almaceno en los tejidos de la planta, a diferencia

donde solo se agregó humus de lombriz fue la más baja debió a que la materia orgánica tuvo influencias bloqueando así la disponibilidad de Pb en el suelo, y también donde mayor disminución de Pb en el suelo se dio fue en los tratamientos T4 y T6, y asimismo los que mayor altura y peso seco obtuvieron en comparación con los demás tratamientos, concluyendo así que el girasol es una planta hiperacumuladora con buen potencial fitorremediador.

Según BONILLA(2013) en su tesis para obtener el título de ingeniero “ Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación”, el cual tenía por objetivo evaluar la capacidad de absorción de plomo de tres especies vegetales tales como el alfalfa, amaranto y acelga; inicialmente se hicieron semilleros de cada una de las especies en donde la alfalfa germinó a los dos días, la acelga a los siete días y amaranto a los cinco días, posteriormente estos semilleros fueron trasplantados en maceteros de 1m de largo y se utilizaron concentraciones de plomo de 2.5, 5, 10% con una ceniza de plomo obtenido de una planta de reciclaje de baterías automotrices, posteriormente se homogenizó las cenizas de plomo con el suelo con un total de 6kg de sustrato y 9 maceteros( tres para cada planta), luego se tomaron 100 g de suelo de cada maceteros para realizar un análisis inicial de contenido de plomo inicial, una vez que los semilleros alcanzaron tamaños considerables a las cuatro semanas fueron trasplantados a los sustratos contaminados, colocando así 6 plantas por macetero de cada especie y con un riego cada dos días, luego se realizó el método de absorción atómica para medir las concentraciones de plomo en las plantas encontrando concentraciones de plomo en el amaranto ( dosis 2.5%: 8,2mg/kg a 30días y 253.9 mg/kg a 90 días ; dosis 5% 248.8 mg/kg a 30días y 82 mg/kg a 90días; dosis 10%:107,8 mg/kg a 30días y 50,1 a 90días ), y resultados de concentración de plomo en la alfalfa(dosis 2.5%: 52,4mg/kg a 30días y 115,4 mg/kg a 90 días ; dosis 5% 171,1 mg/kg a 30días y 278,9 mg/kg a 90días; dosis 10%:787,8 mg/kg a 30días y 426 a 90días), ), y resultados de concentración de plomo en la acelga(dosis 2.5%: 8,3mg/kg a 30días y 62,7 mg/kg a 90 días ; dosis 5%

46,9 mg/kg a 30días y 17,4 mg/kg a 90días; dosis 10%:46,9 mg/kg a 30días y 17,6 a 90días. Posterior a estas mediciones también se realizó otra prueba con semillas que fueron germinadas con abonos orgánicos los cuales presentaron mayor absorción del metal, mayor tamaño, rigidez y follaje y sistema radicular más desarrollado, demostrando así lo dicho por el autor Agudelo, Macías y Suarez, donde nos dicen que la absorción del contaminante dependerá mucho de la biomasa que contenga la planta, por lo tanto si hay mayor biomasa mayor será la absorción, demostrando que el amaranto que fue germinado con abono orgánicos presentó una mayor absorción que las demás plantas, siendo así que a los 20 días presentó una máxima absorción, luego decayó a los 45 días y se recuperó a los 60 días, concluyendo así que algunas plantas tales como el amaranto al ser añadido abonos orgánicos absorben cierta cantidad de plomo, luego presentan un proceso de desintoxicación por lo que el autor sugiere realizar un monitoreo constante de la concentración de plomo y los resultados de porcentaje de absorción fueron los siguientes( amaranto: 2.5%: 30,94%; 5%: 0,71%; 10%: 42,92%; alfalfa: : 2.5%: 23.97%; 5%: 50,76%; 10%: 31,17%; acelga: : 2.5%: 48,36%; 5%: 57,55%; 10%: 49,52%).

Según CASTRO ET.AL (2007) nos dice que Las plantas metalofitas han desarrollado mecanismos biológicos para poder adaptarse a suelos contaminados por metales pesados la mayoría de las plantas pueden existir o tolerar los metales pesados presentes en el suelo restringiendo la entrada de estos por sus raíces y hojas sin embargo existen diferentes tipos de plantas las cuales pueden absorber los metales presentes en el suelo llamándose plantas hiperacumuladoras ya que estas pueden absorber más del 2% de su masa en hojas secas las cuales pueden ser cosechadas y ser derivadas a un incinerador para que luego se puedan recuperar estos metales ya que las plantas hiperacumuladoras van de la mano con fitoextracción y hace que este sea un medio menos costoso para la remediación de suelos contaminados con presencia de metales pesados.

MINIÑO ET.AL (2014) sostiene que las plantas con alta producción de masa pueden ser utilizadas para remediar suelos contaminados con metales pesados ya que por sus propiedades son utilizadas para la extracción de plomo en suelos contaminados en una pruebas de ensayo las cuales dieron como resultado que las plantas con alto peso de biomasa puede absorber metales pesados por sus raíces y hojas siendo de gran ayuda, ya que la remediación de suelos por fitoextracción es un medio muy económico para recuperar los suelos contaminados sin embargo existen muchas plantas que por ser ígneas del lugar se pueden adecuar para diferentes tipos de suelos según sean sus propiedades.

En la revista GÁLVEZ (2004) sostiene que la fitoextracción consiste en la absorción de metales pesados presentes en el suelo ya que ciertas plantas pueden absorber los metales que están presentes en el suelo mediante las raíces y acumularlos en tallos y hojas. Existen hoy en día muchas especies de plantas que son importantes para la remediación de suelos ya que por sus propiedades pueden absorben gran cantidad de metales, en comparación con otras especies que no pueden soportar la presencia de metales pesados es por ello que se debe hacer un precio análisis antes de proceder a escoger el tipo de planta que se va a plantar en el lugar de estudio.

MARRERO, COTO, AMORES, (2012) nos dice que se han determinado alrededor de 415 especies de plantas que son hiperacumuladora capaces de acumular metales a niveles hasta de 100 veces más que otras especies comunes y estas están distribuidas en 45 familias botánicas. Una planta hiperacumuladora concentrará más de 10  $\mu\text{g/g-1}$  Hg; 100  $\mu\text{g/g-1}$  Cd; 1000  $\mu\text{g/g-1}$  Co, Cr, Cu, y Pb; 10 000  $\mu\text{g/g-1}$  Zn y Ni. Mayormente estas especies que son hiperacumuladora son especies conocidas tales como el *Rye grass* que tiene la capacidad de absorber grandes cantidades de uranio del suelo y el maíz (*Zea mays*) que tiene potencial para acumular en sus tejidos metales como el cadmio y plomo.

ALDRICH, (2011) realizo un estudio en donde demostró la capacidad del (*Prosopis spp* y *Zea Mays*) para acumular Pb en sus raíces, y como también translocar este metal en sus partes aéreas (tallos y hojas), posteriormente se adicionó el compost en su experimento y se pudo apreciar que hubo un incremento de acumulación de Pb en los tejidos de la planta utilizada, con un incremento de un 20% en la acumulación del metal en la parte aérea.

Según WANG, (2012) en su estudio de la capacidad de absorción de metales pesados por plantas hiperacumuladoras de metales encontró que el *Bidens maximowcziana* es una planta nueva hiperacumuladora de plomo, que tiene notable tolerancia y capacidad para acumular Pb, encontrando una máxima concentración de plomo de 1509 mg/kg en raíces y 2164.7 mg/kg en tallos y hojas, por lo que concluyen que esta planta es idónea para remediar suelos contaminados por plomo.

HERNÁNDEZ, (2011) realizo una investigación en donde estudio el nivel de tolerancia de la *Avena sativa*, *Lilliniun multiflorum*, *Phaseolus vulgari L* y *Medicago sativa L* en suelos contaminados con plomo, estas plantas fueron sometidos a concentraciones de 1000 y 5000 mg/kg de Pb. Se pudo evidenciar que la acumulación del metal ocurre de forma proporcional con el contenido metálico que hay en el sustrato y posteriormente se le adiciono el humus de lombriz y se pudo notar que la absorción del plomo fue mayor, determinando así que tanto las tres especies usadas para el experimento poseen capacidades similares para acumular plomo y que el plomo absorbido se acumuló mayormente en las partes aéreas de la planta que en su raíz.

TRINIDAD, (2012) menciona en su investigación, que la adición de abonos orgánicos incrementa la disponibilidad de metales y favorece la Fitoextracción, el *Beta Vulgaris*, posee capacidad de absorción de Pb relativamente bajo, cuyo valor fue de 62.36 mg Pb/kg de biomasa, pero sin embargo la adición de compost provoco incrementos altamente significativos en su capacidad de absorción de Pb, incremento también significativamente la capacidad de absorción de Pb de la planta de *Beta Vulgaris*, la aplicación

de compost de incremento su capacidad a 185.30 mg/kg Pb de biomasa, el humus incremento el potencial de la planta a 168.10 mg/kg de Pb de biomasa. Concluyendo así el autor que la adición de abonos orgánicos tales como el compost y el humus aumenta la capacidad de absorción de metal en la planta.

HUANG Y CHENG (2011) realizaron estudios sobre la disponibilidad de añadir humus de lombriz a suelos contaminados con plomo para aumentar la acumulación de Pb en las plantas. La adición de humus a un suelo contaminado con plomo (Pb total del suelo de 2500 mg/kg), aumento de las concentraciones de Pb en brotes de maíz y arveja de menos de 85mg/kg a más de 150mg/kg. El aumento de la acumulación de plomo en estas se asoció con el aumento del nivel de plomo en la solución. Estos resultados indican que el humus de lombriz mejora tanto la absorción del Pb del suelo, como también la facilitación del transporte del Pb en el Xilema y el aumento de la translocación de Pb de las raíces a los brotes. Los resultados de este estudio sugieren que con un manejo adecuado la Fitoextracción de Pb asistido por abonos orgánicos puede ser una estrategia costo-efectiva del suelo en descontaminación.

### **1.3.-Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1 Contaminación de suelos**

La contaminación del suelo es producido por sustancias químicas tales como pesticidas, lixiviados, fertilizantes, derrame de petróleos o relaves mineras entre otros generando así la degradación química tales como la reducción de la fertilidad, pérdida de materia orgánica, acidificación y acumulación de compuestos tóxicos, por efecto se da la pérdida parcial o total de la productividad del suelo producto de las elevadas concentraciones de compuestos tóxicos que en muchos casos superan el poder de amortiguación del suelo y modifican también negativamente sus propiedades (Gaiak, 2007).

El aumento anómalo de metales pesados en el ambiente se debe principalmente a dos tipos de factores tales como las causas naturales como la actividad volcánica, proceso de formación de suelos, erosión

de rocas y las causas *antropogénica* se da por vertimientos de industrias, la minería, combustión de carburantes fósiles, emisiones, fundición de metales, etc. (Prieto, Mendez, 2009).

Para que se produzca la contaminación del suelo por metales pesados esto dependerá mucho de la característica que presenta el suelo, ya que si este es un suelo arcilloso los metales quedarán atrapados con mayor facilidad, y si es un suelo arenoso estos carecen de capacidad de fijación pasando así al subsuelo y ocasionando la contaminación de los niveles freáticos. (Pineda, 2010).

### **1.3.2 Metales pesados**

Se llama metales pesados a aquellos elementos químicos que su densidad es mayor de  $4 \text{ g/cm}^3$  a  $7 \text{ g/cm}^3$ . El término de metales pesados suele estar vinculado por la toxicidad que presenta ya que dentro de los metales pesados se encuentran dos grupos tales como los micronutrientes que en pequeñas cantidades son necesarias para los organismos, pero son tóxicos en grandes cantidades.

Dentro del grupo de los micronutrientes está el B, As, Cu, Co, Cu, Mo, Ni, Mn, Se y Zn; y dentro del segundo grupo están los metales pesados que no tienen función biológica conocidas porque son tóxicos y se acumulan en los organismos vivos tales como el Pb el cual es objeto de estudio y entre otros metales pesados (Herrera, Flores, 2010)

#### **1.3.2.1 Plomo**

Su símbolo químico es Pb, su masa Atómica es  $207.2 \text{ g/mol}$  y su número atómico 82, el color gris azulado es característico del metal plomo y además es muy suave y maleable y con gran facilidad para ser fundido.

El plomo en la actualidad es un producto muy importante en la industria, esto se debe a sus propiedades como: alta densidad, bajo punto de fusión, estabilidad química en aire, baja dureza, resistencia

a ácidos, agua y tierra; este metal junto con el oro, plata y cobre son los primeros utilizados por la mano del hombre.

Los principales usos del plomo son para la fabricación de baterías, cerámica, pigmentos, aleaciones, municiones, plásticos, soldaduras, refinamiento de petróleo, etc.

El plomo es uno de los metales más comunes presentes en el suelo y que pueden ocasionar diversos daños en la planta ya que si este metal alcanza niveles tóxicos provoca una disminución de la fotosíntesis, disminución en el crecimiento, en la biomasa, y la transpiración (Kuzovkina, 2009).

Una vez el plomo incorporado al suelo puede seguir cuatro vías diferentes tales como quedarse inmovilizados en el suelo ya sea disuelto en la fase acuosa del suelo, asociarse con la materia orgánica del suelo, pueden ser absorbidos por la planta, o finalmente se pueden movilizar a las aguas subterráneas o superficiales (García, Dorronsoro, 2005).

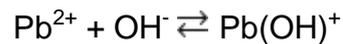
El plomo en el suelo tiene una gran afinidad con las sustancias húmicas y el pH y depende de ellos para fijarse, y debido a que es poco móvil mayormente permanece en los horizontes superiores y es poco asimilado por las plantas.(Acosta , Montilla, 2011).

El plomo se presenta en el suelo de distintas formas, ya sea como iones intercambiables de los coloides que integran el complejo de cambio, solubles en la solución del suelo formando complejos con la materia orgánica y como constituyentes de la arcilla.

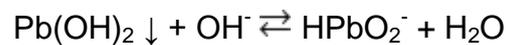
Por otro lado el plomo al entrar en contacto con el suelo genera consecuencias físicas tales como modificación de la estructura del suelo debido a la pérdida de fertilidad del mismo, consecuencias químicas tales como la reducción de la fertilidad del suelo producto de la disminución de la flora y fauna del mismo y biológicas tales como la disminución cuantitativa y cualitativa del crecimiento normal de las poblaciones microbianas o bien alteración de su diversidad, (Rábago, Aracial, 2011).

### 1.3.2.1 Reacciones del plomo en pH ácido-base

El catión  $Pb^{2+}$  se encuentra estable en soluciones ácidas o neutras, a medida que aumenta el pH se hidroliza parcialmente formando la especie monohidroxoplomo(II),  $PbOH^+$ .<sup>1</sup> A pH superiores a 7,8 precipita el hidróxido de plomo(II),  $Pb(OH)_2$ , de color blanco.



El hidróxido de plomo (II) es anfótero y se disuelve a pH superiores a 12,4 originando el anión plumbito,  $HPbO_2^-$ , también formulado como  $Pb(OH)_3^-$  ó  $PbO_2^{2-}$ .<sup>1</sup>



### 1.3.3 Factores que afectan a la disponibilidad y movilidad del plomo

En general, el plomo tiene una movilidad muy baja, quedando acumulados mayormente en los primeros centímetros del suelo.

Los factores que influyen a la disponibilidad del plomo en el suelo son las características que presenta el suelo tales como, pH, CIC, C.E, textura, materia orgánica, carbonatos y presencia de otros elementos.

#### 1.3.3.1 pH

Es el factor principal de control de la disponibilidad del plomo para las plantas. Mayormente los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido ya que son menos fuertemente adsorbidos a diferencia que cuando se alcaliniza se produce un descenso del mismo mejorando tanto la solubilidad de los metales como también su absorción por las raíces de las plantas puesto que el pH es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en pH moderadamente alcalino se produce la precipitación en forma de hidróxidos. Sin embargo, en medios muy alcalinos estos hidróxidos pueden pasar de nuevo a la solución como

hidroxicomplejos, donde los hidroxicomplejos son metales que permiten controlar el comportamiento de los metales en el suelo que tengan un pH alcalino o neutro. Cuando se forman  $\text{Al(OH)}_4^-$  y  $\text{Fe(OH)}_4^-$  en cantidades menores en suelos con pH neutros o alcalinos, incrementa la solubilidad de estos tipos de hidróxidos metálicos a comparación con valores de altos Ph. Los hidroxicomplejos aumenta la cantidad de metal en solución. (Dold, Fontboté, 2002)

### **1.3.3.2 Textura**

Los suelos de textura fina o arcillosa son producto de minerales secundarios, estos son capaces de retener más metales por el complejo de cambio de los minerales de la arcilla o por adsorción. Por el contrario, los suelos arenosos o de textura gruesa carecen de capacidad de fijación de metales y puede contaminarse el nivel freático.

Sin embargo cuando en un suelo existe abundante materia orgánica la importancia de los minerales de la arcilla como adsorbentes es secundaria ya que es un componente más competitivos.(Dold, Fontboté, 2002)

### **1.3.3.3 Materia orgánica.**

La materia orgánica presente en el suelo tiene una elevada afinidad por ciertos metales tales como él (Ni, Cu, Mo, Zn y Pb), reaccionando con ellos e influyendo en su disponibilidad. La disponibilidad de los metales está asociada con la formación de complejos de las sustancias húmicas con los metales y también con otros compuestos, ya que una vez los metales forman estos complejos, pueden mantenerse en la solución del suelo en forma de complejos orgánicos solubles.

Según la FAO también nos dice que la cantidad de materia orgánica presente en el suelo también es un factor determinante ya que los

suelos con alta cantidad de materia orgánica presentan un mejor CIC a comparación con otros suelos con bajo contenido de materia orgánica. (Dold, Fontboté, 2002)

#### **1.3.3.4 Capacidad de intercambio catiónico**

Según la FAO el poder de intercambio catiónico depende mucho del tipo de minerales presentes en la arcilla, en la materia orgánica, de la valencia y del radio iónico hidratado del metal ya que ha mayor tamaño y menor valencia, menos frecuentemente quedan retenidos. La CIC es una función del contenido en materia orgánica y arcilla del suelo y también controla la disponibilidad de los metales. En general, un incremento en la CIC produce también un aumento en el tiempo en que estos metales se encuentran disponibles para las plantas ya que aumenta la capacidad del suelo de fijar metales (Baize, Sterckeman, 2001)

#### **1.3.3.5 Carbonatos.**

Cuando hay presencia de carbonatos en el suelo, estos aseguran el mantenimiento de los altos pH, y en condiciones de pH altos los metales pesados tienden a precipitarse. (Baize, Sterckeman, 2001)

#### **1.3.3.6 Conductividad Eléctrica (salinidad)**

La conductividad eléctrica es la capacidad el suelo para transmitir corriente eléctrica en donde este se mide en Siemens, o también es la cantidad de sales disueltas en una solución. La capacidad del suelo para transmitir corriente eléctrica es a través del agua intersticial ya que este posee electrolitos disueltos por donde los cationes pueden ser intercambiables y asimismo estas se están en las superficies de las partículas del suelo. (Fostner, 1987)

Un aumento en la salinidad puede incrementar también la movilización de metales y su retención por medio de dos mecanismos. En donde en el primer mecanismo los cationes Na y K pueden reemplazar al plomo por medio de intercambio catiónico y en segundo mecanismo, los aniones sulfato y cloruro pueden formar

compuestos estables con metales tales como Pb, Zn, Cu, Cd y Hg y finalmente las sales normalmente dan pH alcalino.

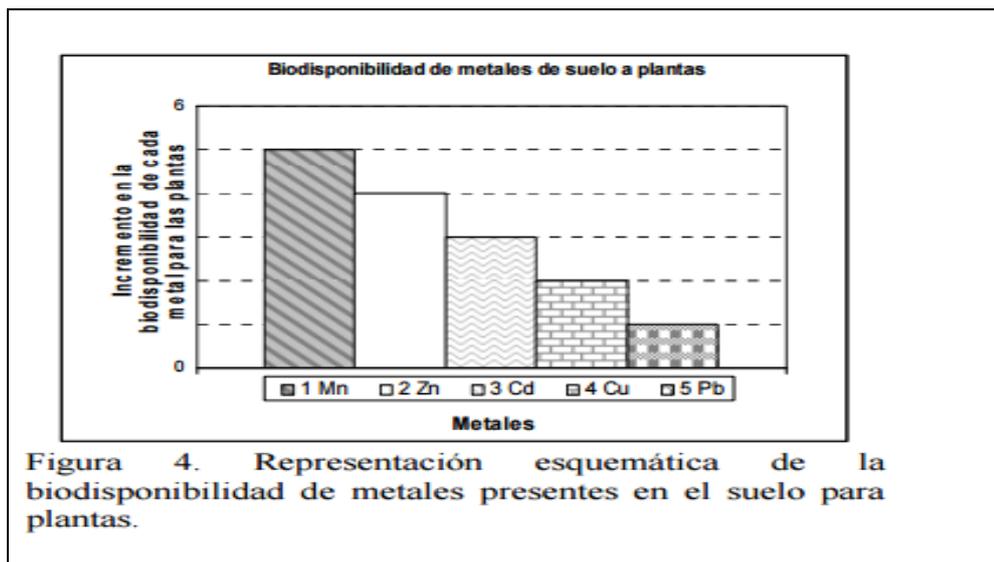
### 1.3.3.7 Presencia de otros elementos.

La disponibilidad y absorción del plomo es influenciado por la presencia de otros metales, debido a que ambos elementos pueden tener una estructura iónica similar. (Fostner, 1987)

### 1.3.3.8 Propiedades del Plomo

Las propiedades del plomo como el potencial iónico, las condiciones de hidratación, la electronegatividad y su valencia influyen en la biodisponibilidad del plomo, siendo el plomo el menos biodisponible a comparación con metales como el Mn, Zn, Cd y Cu.

**Figura N° 1:** Biodisponibilidad de metales para plantas



Fuente: (Fostner, 1987)

### 1.3.4 Formas de retención y disponibilidad del plomo en el suelo.

El plomo es retenido en el suelo de diferentes formas químicas, y dichas formas de retención representan distintos grados de disponibilidad relativa para las plantas.

**Figura N° 2:** Formas de retención de metales

Formas de retención en el suelo	Disponibilidad relativa
Ión en la disolución del suelo	Fácilmente disponible
Ión en complejo de intercambio orgánico o inorgánico	Disponible
Metales complejados o quelatados por compuestos orgánicos	Menos disponible

tner, 1987)

### 1.3.5 Materia orgánica

La materia orgánica está formada a partir de restos de vegetales y de animales en descomposición, también por tejidos y células de organismos que habitan en el suelo en donde el humus es la parte más estable en la materia orgánica y esta se obtiene de la descomposición de las sustancias vegetales y animales del suelo.

La calidad de la materia orgánica del suelo es uno de los factores importante con respecto a la liberación y acumulación de metales pesados por las siguientes razones: posee alta capacidad de acumulación de metales pesados, que estos al ser liberados de la materia orgánica entran directamente en contacto con las plantas, y son absorbidas por ellas. (Layton, Beamer. 2009)

La unión de los metales pesados a otros componentes del suelo depende básicamente del la presencia de acomplejantes orgánicos y del pH (Martín, Ortiz. 2010)

La materia orgánica tiene la habilidad para enlazar cationes y retener elementos contaminantes (Schindler. 2009).

Principalmente la materia orgánica está compuesta por sustancias húmicas y no húmicas, las sustancias húmicas se clasifican en tres tales como la humina, ácidos húmicos y ácidos fulvicos.

Los ácidos húmicos y fulvicos contenidos en la materia orgánica actúan como agentes quelatantes formando complejos para una mayor solubilización del metal.

#### **1.3.5.1 Beneficios de la materia orgánica**

Los beneficios que genera la materia orgánica compostada en la recuperación de suelos contaminados son las siguientes:

##### **Físicas**

- Mayor capacidad de retención de agua del suelo.
- Aumento de la permeabilidad y disminución del riesgo de encharcamiento y mejora el drenaje.
- Reduce la erosión.
- Aumenta la estabilidad estructural, de los horizontes superficiales y agregados.
- Aumenta la aireación.
- Los suelos tienden a ser más oscuros, de tal manera que absorben más radiación y por consiguiente son más cálidos. (Spalding. 2010)

##### **Químicas**

- Aporta nutrientes al suelo (primarios, secundarios, micronutrientes)
- Quelación de los metales (reduce la pérdida de micronutrientes y la toxicidad de los iones y las hace disponibles para la planta)
- Regula el pH del suelo, amortigua variaciones en el pH.
- Favorece la solubilidad de metales y mejora la asimilación por las planta.
- Alta capacidad de intercambio catiónico.
- Incrementa la retención de nutrientes.
- Inmoviliza metales pesados.

- Reduce el riesgo de contaminación de aguas subterráneas por lixiviación. (Gamiz. 2010)

### **Biológicas**

- Facilita la germinación de las semillas.
- Control de plagas y enfermedades
- Estimula la diversidad de los organismos beneficiosos del suelo y regula la actividad microbiana, e incrementa su desarrollo.
- Aporta reguladores para la mejora del crecimiento vegetal.
- Activa el desarrollo y creación de las raíces.
- Modera las temperaturas extremas del suelo. (Sakai. 2009)

### **1.3.6 La Capacidad de Intercambio Catiónico**

La Capacidad de Intercambio Catiónico, es la cantidad total de cargas negativas que están disponibles sobre la superficie de las partículas de arcilla y materia orgánica del suelo.

Es un indicador del potencial del suelo para retener e intercambiar nutrientes vegetales, por medio de su capacidad para retener cationes.

Las partículas de arcilla y materia orgánica del suelo tienen cargas negativas sobre su superficie y los cationes se atraen a estas partículas por medio de fuerzas electrostáticas y por lo tanto la carga neta del suelo es cero.

Los suelos con alta Capacidad de intercambio catiónico suelen tener contenidos altos de materia orgánica o arcilla y se les considera suelos más fértiles, ya que retienen más nutrientes.

**Figura 3:** Capacidades típicas de intercambio catiónico según componentes y tipos de suelo.

Material	CEC (meq/100g)
<b>Arcillas</b>	
Caolinita	3-15
Illita	15-40
Montmorillonita	80-100
<b>Materia orgánica</b>	200-400
<b>Textura del suelo</b>	
Arena	1-5
Arenoso franco a franco arenoso	5-10
Franco	5-15
Franco Arcilloso	15-30
Arcilloso	>30

Fuente: (Fostner, 1987)

Los cationes que más predominan en los suelos son el  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  y  $Na^+$ , que a su vez son considerados "cationes intercambiables", porque pueden ser reemplazados por otros cationes presentes en la solución del suelo.

En la solución del suelo sólo hay una pequeña porción de los nutrientes catiónicos y los cationes intercambiables que están adheridos a las superficies de la materia orgánica o arcilla, están en equilibrio con la solución del suelo por lo tanto la CIC proporciona una reserva de nutrientes para compensar los nutrientes que fueron asimilados por las plantas o lixiviados fuera de la zona de la raíz.

Hay otros nutrientes vegetales como el  $NH_4^+$ ,  $Fe^{2+}$ ,  $Mn^{2+}$  y  $Cu^{2+}$  pero están presentes en menores cantidades en el suelo.

### 1.3.7 El Efecto del pH sobre la CIC del suelo

La carga de algunos de los componentes del suelo que contribuyen a la capacidad de intercambio catiónico es afectada por el pH del suelo ya que estos componentes tienen grupos funcionales de OH en sus

superficies. El grupo OH puede liberar o absorber protones. En un alto pH, los protones se liberan de este grupo, la carga del grupo funcional se hace negativa y como resultado aumenta la CIC del suelo.

Los grupos de hidróxidos de Al y Fe están presentes en las superficies de la materia orgánica y la arcilla caolinita

Por otra parte según la FAO nos dice que el pH es un parámetro fundamental, ya que los suelos ácidos retienen una mayor cantidad de iones de hidrogeno, mientras que los suelos más alcalinos poseen una alta retención de iones de calcio y magnesio.

**Los cationes que integran la CIC** son los siguientes y estos están comprendidos entre límites porcentuales para un adecuado funcionamiento del suelo.

**Cuadro N°1:** Límites porcentuales de cationes en el suelo

<b>cationes</b>	<b>% CIC</b>
Mg	10 - 20
Na	0 - 3
K	2 - 6
Ca	60 - 80

**Fuente:** Elaboración propia

### **1.3.8 Compost**

El compost es un abono orgánico que se obtiene a partir de la degradación microbiana controlada de residuos orgánicos tales como hojas, rastrojos, cascaras, ramas, aserrín, estiércol, etc. que son sometidos a un proceso de descomposición en forma de pilas o montones (Román, Martínez, Pantoja, 2013)

### **1.3.9 Humus**

La materia orgánica descompuesta se le conoce como humus, es de color marrón oscuro. Por lo tanto cuando hablamos de humus se refiere a la materia orgánica que ha alcanzado la estabilidad y que es utilizado en la agricultura para enmendar el suelo.

Suele llamarse equivocadamente humus al producto de la lombriz cuando en realidad debe llamarse vermicompuesto.

Otros estudios sobre la influencia del humus en la retención de metales concluyen que es más influyente la calidad que la cantidad del humus, gracias a su carácter poli funcional y capacidad quelatante (Román, Martínez, Pantoja, 2013).

Por otra parte la FAO nos dice que el humus beneficia al suelo debido a sus grupos funcionales COOH y OH y también la alta capacidad de cambio que posee el humus ayuda a aumentar la adsorción e intercambio iónico del suelo y gracias a ellos posibilita la retención de macronutrientes como  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Na}^{+2}$  y K, donde estos componentes son de fertilidad de los suelos agrícolas

### **1.3.10 Plantas hiperacumuladoras**

La mayoría de las plantas tienen la capacidad de absorber metales pesados del suelo, pero solo absorben en pequeñas cantidades, pero existen un grupo pequeño de plantas que son aptos para tolerar y absorber niveles altos de contaminantes inorgánicos y se les conocen como plantas hiperacumuladoras.

Las plantas hiperacumuladoras son veloces en la captación de metales en las raíces, posteriormente lo transfieren rápidamente al tejido vascular del tallo, y finalmente lo almacenan en cantidades mayores en sus raíces y hojas (Chen et al. 2004).

Por otra parte si una planta contiene más de 0.1% de Co, Ni, Cr, Cu y Pb y 1% del Zn en sus hojas del peso seco, ésta es llamada una planta "hiperacumuladora", muy independiente de la concentración del metal que pueda haber en el suelo. (Robinson et al. 2003).

La desventaja que tienen las plantas hiperacumuladora es que posee poca biomasa debido a que utilizan más energía en los mecanismos para poder adaptar concentraciones altas del metal en sus tejidos.

Las plantas hiperacumuladoras tienen alta tolerancia a un determinado metal entre ellas están las muy conocidas como el girasol (*Heliantus annus*) que es capaz de traslocar uranio a sus tejidos y el maíz (*Zea Mays*) con una gran eficacia para absorber plomo y cadmio del suelo contaminado.

### **1.3.11 Fitorremediación**

La fitorremediación es el uso de plantas que son capaces de absorber, volatilizar, tolerar y acumular concentraciones de contaminantes en sus tejidos, a diferencia de muchos métodos existentes este método de remediación es sustentable, eficaz, económica y no compleja para el tratamiento de suelos contaminados.

La fitorremediación nos permite aplicar tanto a suelos y aguas contaminadas, ya que actúan de maneras positiva sobre el medio mejorando las propiedades físicas y químicas. (Agudelo, Macías, Suarez, 2009)

Las técnicas de fitorremediación son de diversos, pero para dicho estudio se empleara la fitoextracción ya que la planta a usar acumula metales en su tallo y hojas.

#### **1.3.11.1 Fitoextracción**

La fitoextracción es también conocida como Fitoacumulación ya que esta técnica emplea el uso de plantas para absorber contaminantes de los suelos por las raíces y acumularlos posteriormente en el tallo y hojas, contaminantes tales como metales y entre otros. (Dushenkov, 2003).

Dentro de las características que poseen las plantas fitoextractoras son: acumular metales pesados del suelo, tolerar los efectos tóxicos de los metales, presenta buena adaptación a las condiciones ambientales y climáticas de la zona y resistencia a patógenos y plagas, elevado índice de crecimiento, etc.

De forma general, los metales de mayor biodisponibilidad para la absorción por las plantas acumuladoras son el Cd, Ni, Zn, As, Se y

Cu, y con un comportamiento moderado están el Co, Mn y Fe, mientras que el Pb, Cr y U son poco biodisponibles

La composición, tipo del suelo, características de las sustancias orgánicas e inorgánicas, poder quelante, el pH, estado Redox, y la interacciones suelo/planta en la rizósfera actúan en las relaciones de disponibilidad, toxicidad y respuesta de las plantas a los metales pesados (Boyd, 2008)

### **1.3.12 Transporte de contaminantes inorgánicos a la planta**

Los mecanismos de tolerancia varían entre las distintas especies de plantas y están determinados por el tipo de metal, eficiencia de absorción, translocación y secuestro. Las fases del proceso por el cual las plantas incorporan y acumulan metales pesados son las siguientes (Cheriany, Oliveira, 2005).

La primera fase Implica el transporte de los metales pesados al interior de la planta y, después, al interior de la célula. La raíz constituye el tejido de entrada principal de los metales, los cuales llegan por difusión en el medio, mediante flujo masivo o por intercambio catiónico. La raíz posee cargas negativas en sus células, debido a la presencia de grupos carboxilo, que interaccionan con las positivas de los metales pesados, creando un equilibrio dinámico que facilita la entrada hacia el interior celular, ya sea por vía apoplástica o simplástica (Cheriany, Oliveira, 2005).

En la segunda fase, una vez dentro de la planta, las especies metálicas son secuestradas o acomplejadas mediante la unión a ligandos específicos. Entre los quelantes producidos por las plantas se encuentran los ácidos orgánicos (ácidos cítrico, oxálico y málico), algunos aminoácidos (histidina y cisteína) y dos clases de péptidos: fitoquelatinas y metaloteínas.

Las fitoquelatinas son ligandos de alta afinidad que tienen como sustrato al glutati6n. Están constituidas básicamente por 3

aminoácidos: ácido glutámico, cisteína y glicina, unidos por enlaces peptídicos.

Las metalotioneinas son polipéptidos de unos 70-75 aminoácidos con un alto contenido en cisteína, aminoácido capaz de formar complejos con cationes mediante el grupo sulfidrilo. Tienen una marcada afinidad por las formas iónicas de Zn, Cd, Hg y Cu.

La tercera fase involucra la compartimentalización y detoxificación, proceso por el cual, el complejo ligando-metal queda retenido en la vacuola o matriz de la pared celular donde la glutatona S-conjugasa es la encargada de este proceso (Cheriany, Oliveira, 2005).

### 1.3.13 Marco legal

D.S. N° 002-2014-MINAM, la cual está subdividida en 03 fases de aplicación: fase de identificación, fase de caracterización y fase de remediación de suelos contaminados.

**Cuadro N°2:** Estándares de calidad ambiental del Perú para suelos: parámetros (inorgánicos)

N°	PARAMETRO	USO DE SUELO			METODO DE ENSAYO
		SUELO AGRICOLA	SUELO RESIDENCIAL/PARQUES	SUELO COMERCIAL/INDUSTRIAL/EXTRACTIVAS	
II	INORGANICOS				
21	Plomo total (mg/kg MS)	70	140	1200	EPA 3050-B EPA 3051

Fuente: MINAN (2013)

### 1.3.14 Maíz:

El cultivo del maíz tiene un tiempo de aproximadamente de 3-5 meses para que alcance su madurez fisiológica, normalmente este tipo de

cultivo necesita de radiación solar, es susceptible a la falta de agua y necesita temperaturas altas entre 22° a 28° C (López, Espinoza, 2011)

**Cuadro N°3:** Taxonomía del maíz

<b>1.Origen</b>	Perú, México y América Central
<b>2.Taxonomía</b>	<b>Familia:</b> Gramínea <b>Género:</b> Zea <b>Especie:</b> mays
<b>1. Morfología</b>	
<b>Raíz</b>	No presenta una raíz principal por lo tanto son fasciculadas.
<b>Hojas</b>	Las hojas son de gran tamaño, largas, lanceoladas, paralelinervias y alternas, estas se encuentran abrazando al tallo.
<b>Inflorescencia</b>	Presenta inflorescencia masculina y femenina (monoica) y está separada dentro de la planta. La inflorescencia masculina tiene una panícula y la inflorescencia femenina tiene estructuras vegetativas (espádices).
<b>Tallo</b>	Presenta un tallo simple erecto, longitud media, sin ramificaciones, sin entrenudos pero tiene una médula esponjosa.
<b>Requerimientos edáficos</b>	Suelo franco arcilloso, franco arenoso y que tenga buen drenaje. pH 6 - 7,5
<b>Requerimientos de clima</b>	Temperatura: 12 – 28 °C

Fuente: Organización de agricultura de los Estados unidos

### 1.3.15 Proceso de transporte del Pb en el maíz

El maíz realiza los siguientes mecanismos para el proceso de acumulación del plomo:

Una vez que el maíz desarrolla sus raíces estas entran en contacto con el plomo, donde los iones del plomo llegan a la zona de absorción de la raíz por difusión a través de la solución salina del suelo, posteriormente son arrastradas por efecto del agua hacia la raíz o también entran en contacto con la raíz a medida que la raíz crece o se desarrolla o también estos iones son movilizados por la secreción de quelantes o por la acidificación que genera la rizófera.

Los iones del plomo se hidratan o forman complejos metal-quelante por medio de sistemas de transporte tales como bombas primarias, canales iónicos y transportadores y estas son capturadas por la raíz. Una vez capturado el ion dentro de la célula los metales son quelados por fitoquelatinas y el exceso de metales es transportado a la vacuola.

Los metales capturados por la raíz son transportados a la parte aérea vía el xilema, ya dentro de él los metales se presentan como iones hidratados o en otros casos como complejo metal-quelante que tiene principalmente al histidina y ácido cítrico como ligantes. (Baum, Dubrovsky et al. 2002).

Después de penetrar al apoplasto de las hojas, los metales tienden a distribuirse dentro de la célula, manteniendo en cada organelo las concentraciones dentro de rangos fisiológicos específicos. Un exceso de metales pesados y no esenciales como el plomo es almacenado en la vacuola.

#### **1.3.15.1 Xilema y Floema**

El xilema como el floema son tejidos conductores de nutrientes como agua, iones, carbohidratos, sales, etc. El Xilema es el encargado de transportar la savia bruta (agua y minerales) y el floema transporta la savia elaborada (glucosa) producto de la fotosíntesis, en el tallo el xilema está en la parte externa y el floema en la parte interna a diferencia que en la raíz el xilema está en la parte interna y el floema en la parte externa, esto es porque los nutrientes como el agua, sales, carbohidratos tienen que llegar hasta el centro de la raíz para ser transportados.

El xilema está conformada por varios tipos celulares entre ellas la más importante llama traqueidas o vasos quienes son células especializadas en tejido conductor y en el floema están las células cribosas (Baum, Dubrovsky et al. 2002).

### **1.3.16 Complejos metálicos**

Básicamente se trata de la unión entre un ion central (catión) y el ligando (anión), el catión está rodeado por cierto número de aniones o molécula de pares solitarias (ligando) y estos aniones tienen la capacidad de neutralizar cargas positivas que se ubica alrededor del catión, a este conjunto se le conoce como complejos o quelatos.

### **1.3.17 Pasivos ambientales mineros**

Según la ley N° 28271 ley que regula los pasivos ambientales de la actividad minera define los PAMs como: todas las instalaciones, emisiones, efluentes, restos o depósitos de residuos producidos por operaciones mineras que están en la actualidad abandonadas o inactivas y constituyen un riesgo permanente y potencial para la salud de la población, el ecosistema circundante y la propiedad, entre los cuales se tienen:

**1.3.17.1 Depósito de desmonte:** Es el área ocupada por los materiales extraídos del interior de la mina o del área de explotación a cielo abierto y que su extracción no es económica, por lo que se han depositado en un lugar donde no se realizan actividades de explotación.

## **1.4.-Formulación del problema**

**Problema General:**

1.- ¿Cuál es la Eficiencia fitoextractora del Maiz (*Zea Mays*) cultivado con abono orgánico (compost y humus a partir de restos de flores) en la disminución de las concentraciones de plomo en suelos Contaminados?

**Problemas Específicos:**

1.- ¿Cuánto es la concentración de plomo en el Maiz (tallo y hoja) en cada tratamiento con compost y humus en la disminución de plomo de suelos contaminados?

2.- ¿Cuánto es el crecimiento del maiz en cada tratamiento con compost y humus en la disminución de las concentraciones de plomo de suelos contaminados?

3.- ¿Cómo es el comportamiento de las características físicas y químicas del suelo en cada tratamiento con compost y humus que tienen relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo contaminado?

**1.5. Justificación del estudio**

La justificación del presente estudio se centra en que la contaminación de los suelos con plomo es un problema ambiental que debería ser manejado con el mayor de los cuidados, ya que este contaminante inorgánico podría incorporarse a la cadena trófica, a las aguas superficiales provocando así impactos negativos a la flora, fauna y la salud humana.

Es así el caso del pasivo ambiental minero Catac que es un desmonte de materiales extraídos de la mina y depositados en un área de suelos agrícolas y a una distancia cercana al río Santa. Es por ello que se realizara el tratamiento de estos suelos contaminados con plomo con el uso del maíz(*Zea Mays*) cultivados con abonos orgánicos tales como compost y humus elaborados a partir de restos de flores, ya que es una técnica sustentable y eficaz para tratar contaminantes inorgánicos, además es de bajo costo y actúa de manera positiva sobre el suelo mejorando sus propiedades fisicoquímicas, y así de esta manera evitar que este contaminante se incorpore a la cadena trófica y mitigar los impactos negativos a la flora, fauna y la salud humana de la localidad mencionada.

## 1.6. Hipótesis

### Hipótesis General:

**Ha:** La eficiencia fitoextractora del Maiz (*Zea Mays*) cultivado con abono orgánico (compost y humus a partir de restos de flores) logra una disminución las concentraciones de plomo en suelos contaminados.

**Ho:** La eficiencia fitoextractora del Maiz (*Zea Mays*) cultivado con abono orgánico (compost y humus a partir de restos de flores) no logra una disminución las concentraciones de plomo en suelos contaminados.

### Hipótesis Específicos:

#### Hipótesis Específica 1:

**Ha:** Existe una diferencia significativa entre las medias de concentración de plomo (tallo y hoja) del tratamiento 3(Humus) con el tratamiento 1(Testigo).

**Ho:** No existe una diferencia significativa entre las medias de concentración de plomo (tallo y hoja) del tratamiento 3(Humus) con el tratamiento 1(Testigo).

#### Hipótesis específica 2

**Ha:** En los tratamientos donde hubo mayor crecimiento del maiz presento mayor disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

**Ho:** En los tratamientos donde hubo mayor crecimiento del maiz presento menor disminución de las concentraciones plomo del suelo.

#### Hipótesis específica 3

**Ha:** El comportamiento de las características físicas y químicas del suelo en cada tratamiento con compost y humus tienen relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo contaminado.

**Ho:** El comportamiento de las características físicas y químicas del suelo en cada tratamiento con compost y humus no tienen relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo contaminado.

## **1.7. Objetivos**

### **Objetivo general:**

1.- Determinar la eficiencia fitoextractora del Maiz (*Zea Mays*) cultivado con abono orgánico (compost y humus a partir de restos de flores) en la disminución de las concentraciones de plomo en suelos Contaminados.

### **Objetivos específicos:**

- 1.- Conocer las concentraciones de plomo en el Maiz (tallo y hoja) en cada tratamiento con compost y humus en la disminución de plomo de suelos contaminados.
- 2.- Conocer el crecimiento del maiz en cada tratamiento con compost y humus en la disminución de las concentraciones de plomo del suelo contaminado.
- 3.- Evaluar el comportamiento de las características físicas y químicas del suelo en cada tratamiento con compost y humus que tienen relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo contaminado.

## **II. METODO**

### **2.1. Diseño de investigación**

### **Tipo de investigación**

Según (Fernández, Hernández y Baptista, 2003) el tipo de investigación para el presente es aplicada, ya que se estudiara las relaciones entre variables dependientes e independientes.

### **Diseño de investigación**

Según (Fernández, Hernández y Baptista, 2003), el diseño de investigación para el presente estudio es experimental, debido que se observara el tratamiento de suelos contaminados con plomo haciendo uso del maíz (*Zea Mays*) cultivado con abonos orgánicos.

### **TRATAMIENTOS: 04**

**Tratamiento N°1:** Maiz

**Tratamiento N°2:** Maiz + compost de restos de flores

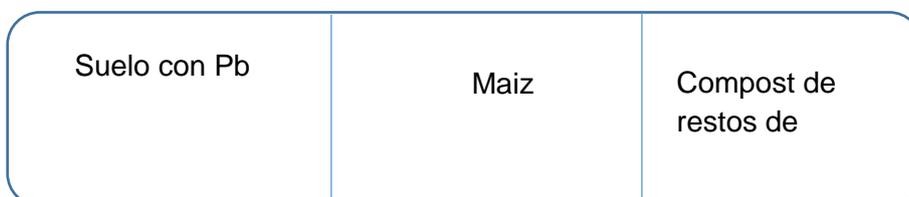
**Tratamiento N°3:** Maiz + humus de restos de flores

**Tratamiento N°4:** Maiz + humus + compost de restos de flores

1.- Suelo con Pb + maiz



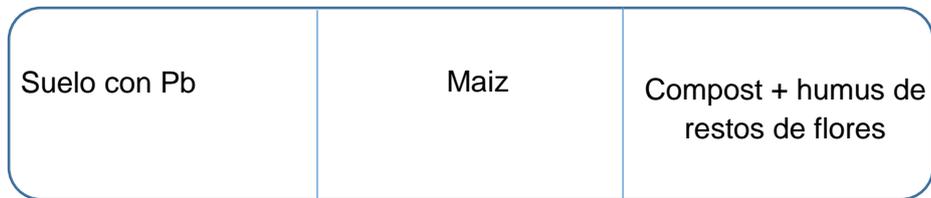
2.- suelo con Pb + maiz + Compost de restos de flores



3.- suelo con Pb + maiz + humus de restos de flores



4.- suelo con Pb + maiz + Compost + Humus de restos de flores



## 2.2. Variables y Operacionalización

### Variable Independiente:

- Eficiencia fitoextractora del Maiz (*Zea Mays*) cultivado con abonos orgánicos (compost y humus a partir de restos de flores)

### Variable Dependiente:

- Disminución de las concentraciones de plomo de suelos contaminados

VARIABLES		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
INDEPENDIENTE	Eficiencia fitoextractora del maiz(Zea Mays) cultivado con abonos orgánicos(compost y humus a partir de restos de flores)	El maiz( <i>Zea Mays</i> ) es capaz de crecer en suelos donde la concentración de los contaminantes son elevados ya que este es una planta hiperacumuladora de metales pesados y su capacidad de absorción mejora si es que se añade abonos orgánicos.(López, Espinoza, 2011)	Se realizaran 4 tratamientos al suelo contaminado con plomo, para así medir la eficiencia del maiz en la absorción de plomo por medio de la concentración de plomo en sus tejidos, crecimiento del maiz y las características fisicoquímicas del suelo.	Concentración de plomo en el maiz	concentración de Pb en tallo	Razón
					concentración de Pb en hoja	
				Características de la planta	crecimiento de la planta	Razón
				Características fisicoquímicas del suelo con compost y humus	Ph	Intervalo
					Conductividad eléctrica	
					capacidad de intercambio catiónico	
					materia orgánica	
					textura	
P						
K						
Caco3						
DEPENDIENTE	Disminución de las concentraciones de plomo de suelos contaminados	Suelos contaminados son aquellos que tienen concentraciones de contaminantes por encima de los estándares nacionales de calidad del suelo.(ECA-suelo 2014)	Se evaluara la efectividad de los tratamiento por medio de mediciones periódicas de la disminución de plomo del suelo contaminado	Análisis de parámetro inorgánico en el suelo	concentración de Pb en el suelo inicial	Razón
					concentración de Pb en el suelo después de 4 semanas	
					concentración de Pb en el suelo después de 8 semanas	
					concentración de Pb en el suelo después de 12 semanas	

Fuente:

Elaboración

propia,

2017

## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1 Población**

La población fue el suelo agrícola contaminado en un área de 2,000m<sup>2</sup> al costado del pasivo ambiental minero en el distrito de Catac, provincia de Recuay y departamento de Ancash.

### **2.3.2 Muestra**

Se tomó en total 185 kg de suelo agrícola contaminados con plomo por el pasivo ambiental minero de un área de 2000 m<sup>2</sup>, tomados en un total de 4 puntos establecidos de forma aleatoria simple según la guía de muestreo para suelos contaminados en el marco del D.S N° 002-2013 MINAM ECA-SUELO ya que es el más adecuado debido a las características homogéneas del terreno.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, Validez y confiabilidad**

Las técnicas para la recolección de datos fueron mediante la observación del tratamiento de suelos contaminados con plomo con el uso del Maiz cultivados con abonos orgánicos y observación del seguimiento de algunos parámetros físicos y químicos del suelo.

Los instrumentos para la recolección de datos fueron las fichas para el recojo de información tales como fichas de registros de concentración de plomo en suelo, en planta, características fisicoquímicas del suelo y crecimiento del maiz.

La validación del instrumento, fueron mediante el juicio de 03 expertos colegiados, el cual estará anexado.

La confiabilidad de mis resultados serán mediante pruebas estadísticas de T-student al 95% de confiabilidad.

**Cuadro N°4: Resumen de etapas de desarrollo**

Etapa	Fuente	Técnicas	Instrumentos	Resultados
Reconocimiento y diagnóstico actual del problema de investigación	tesista	Observación	Fichas de registro de tomas de datos	Conocimiento de la realidad problemática
Recolección de la muestra	Guía de muestreo para suelos contaminados ECA-SUELO 2013	Observación y recolección	Ficha de registro de datos de muestreo.	Muestra inicial
Siembra de la planta maiz( <i>Zea Mays</i> ) en los suelos con plomo	tesista	Observación	Ficha de datos de crecimiento de la planta.	crecimiento de la planta
Tratamiento de remediación con la planta maiz ( <i>Zea Mays</i> ) con abonos orgánicos en el suelo contaminado con plomo.	tesista	Observación	Ficha de resultados obtenidos	Conocimiento de las disminuciones de las concentraciones de plomo en el suelo
Recolección de muestra después de cada mes de tratamiento para el análisis inorgánico del plomo.	Estándares de Calidad Ambiental (ECA) - MINAM	Observación de resultados de laboratorio	Ficha de resultados analíticos en laboratorio	Resultados de remediación del suelo

Fuente: Elaboración propia, 2017

## 2.4.1 Etapas del desarrollo del proyecto

Del cuadro anterior se describe lo siguiente: Durante la etapa de recolección de la muestra inicial hasta la recolección de la muestra final después del tratamiento de remediación, se realizarán las siguientes actividades.

### 2.4.1.1 Recolección de la muestra inicial de suelo y aérea de estudio

La recolección de la muestra inicial de suelo agrícola se realizó en el distrito de Catac, provincia de Recuay y Departamento de Ancash, en el suelo agrícola ubicado al costado del pasivo ambiental minero.

Se determinó las coordenadas UTM de cada punto de muestreo mediante un GPS, obteniendo las siguientes coordenadas:

Las Coordenadas de ubicación de los 4 puntos establecidos para un área de 0.2 Ha, fueron según la Guía para muestreo de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013, ECA para Suelo (MINAM, 2013).

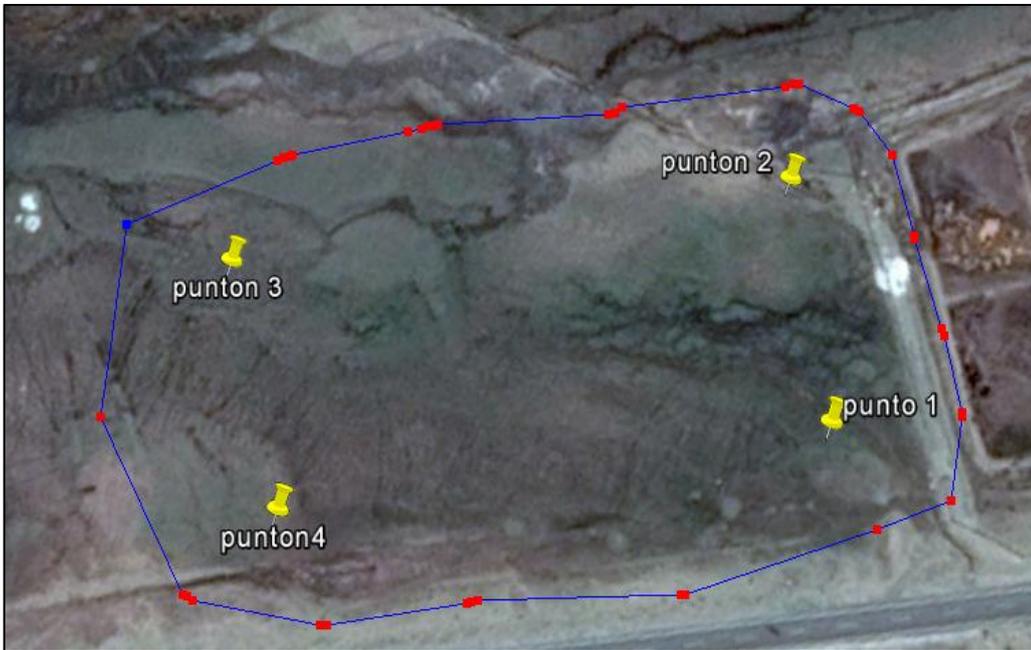
**Tabla N°1:** coordenadas UTM de los puntos de muestreo

Punto de muestreo	Coordenadas UTM (18 L)	
	ESTE	NORTE
1	233601.86	8917763.79
2	233603.83	8917819.72
3	233466.28	8917829.50
4	233469.82	8917771.61

Fuente: Elaboración propia, 2017

La muestra inicial se tomó en 4 puntos de manera aleatoria simple, establecidos en la Guía para muestreo de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013, ECA para Suelo (MINAM, 2013).

**Imagen N°1:** Puntos de muestreo inicial y área de estudio



Fuente: Google Earth, 2017

Se recolectó las muestras a profundidad de 30 cm según la Guía para muestreo de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013, ECA para Suelo (MINAM, 2013).

**Imagen N°2:** Toma de muestra de los puntos determinados.

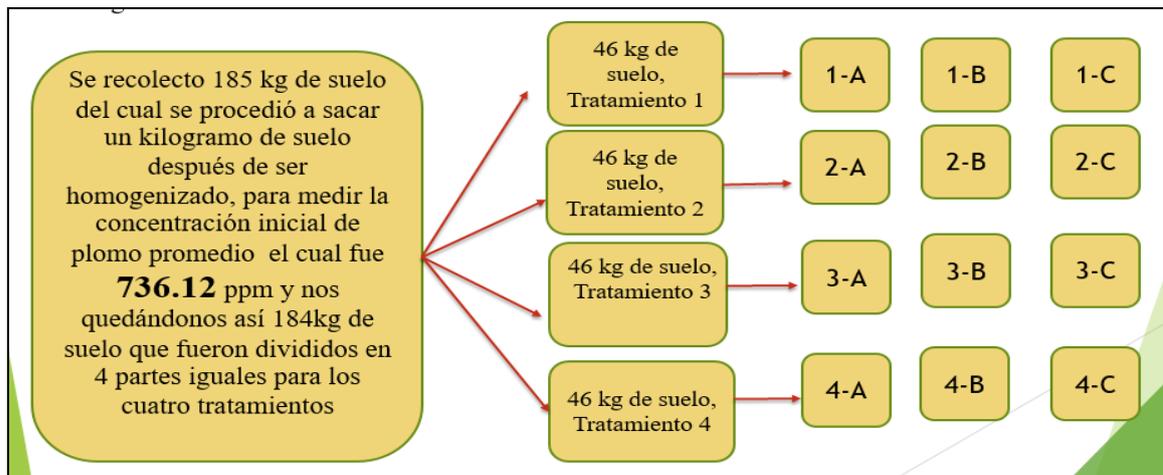


Fuente: Elaboración propia, 2017

### 2.4.1.2 Transporte de suelo contaminado para posteriormente ser tratado ex situ.

Se transportó 185 kilogramos de suelo contaminado los cuales fueron homogenizados y se sacó un kilogramo de suelo para analizar el contenido de plomo inicial el cual fue de **736.12 ppm** y luego de los 184 kg restantes se separó en cuatro partes iguales de 46 kilos cada uno y se aplicó los tratamientos respectivos.

**Imagen N°3:** Distribución del suelo transportado para aplicación de los tratamientos respectivos.



Fuente: Elaboración propia, 2017

Posteriormente se separó los 184kg de suelo en cuatro partes iguales obteniendo así 46 kg de suelo para cada tratamiento (A, B, C)

Los tratamientos realizados fueron con:

**TRATAMIENTO 1:** Testigo

**TRATAMIENTO 2:** Compost (70g/kg de suelo)

**TRATAMIENTO 3:** Humus (70g/kg de suelo)

**TRATAMIENTO 4:** Compost + Humus (35g+ 35g respectivamente)

Obteniendo así:

**TRATAMIENTO 1:** 46 kg de suelo

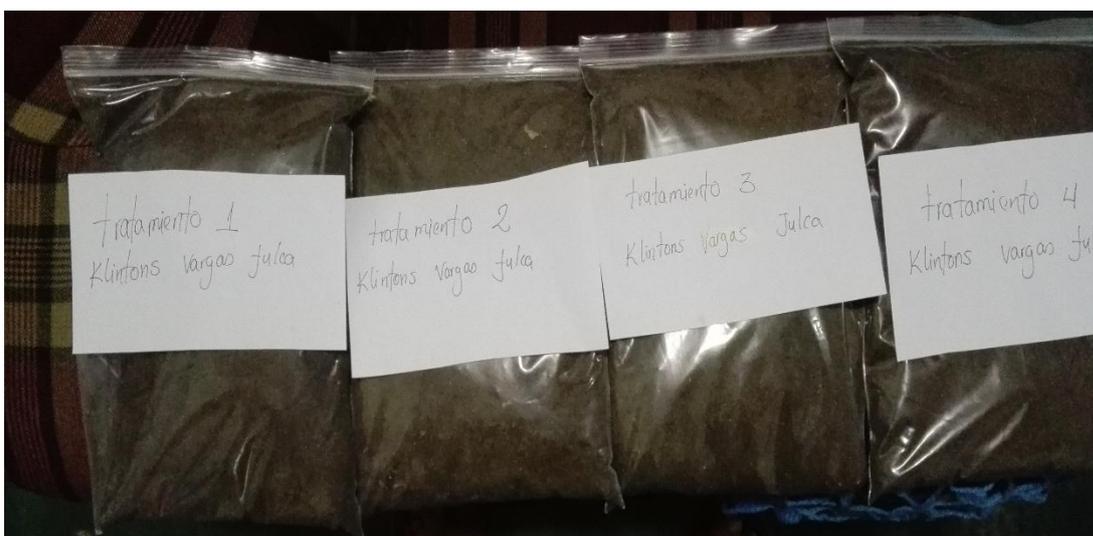
**TRATAMIENTO 2:** 42,780 kg de suelo y 3,220 kg de compost

**TRATAMIENTO 3:** 42,780 kg de suelo y 3,220 kg de Humus

**TRATAMIENTO 4:** 42,780 kg de suelo y 1,610kg de compost + 1,610kg de humus

Una vez agregado los respectivos abonos orgánicos se homogenizo lo más posible y se sacó 1kg de suelo de cada tratamiento para realizar el análisis inicial de plomo y caracterización del suelo, quedándonos así 45 kg de suelo para cada tratamiento los cuales se dividieron en 3 macetas de 15kg

#### **Imagen N°4: Muestras iniciales de suelos**



Fuente: Elaboración propia, 2017

#### **2.4.1.3 Análisis inicial de los tratamientos respectivos.**

Los resultados iniciales de plomo fueron:

**TRATAMIENTO 1:** 689.27 ppm

**TRATAMIENTO 2:** 731.56 ppm

**TRATAMIENTO 3:** 727.20 ppm

**TRATAMIENTO 4:** 792.57 ppm

#### **2.4.1.4 sembríos de las semillas del maiz (*Zea Mays*)**

Como se mencionó anteriormente de los 45kg de suelo por cada tratamiento, se dividieron en 3 maceteros de 15kg cada uno y se sembró 3 semillas de maiz para cada macetero de medidas 50x30x20 de largo, ancho y alto respectivamente.

**Imagen N°5:** sembrío del maiz



Fuente: Elaboración propia, 2017

#### 2.4.1.5 Seguimiento de los parámetros:

**Cuadro N°5:** Frecuencia de los parámetros de seguimiento en cada tratamiento

<b>Parámetros a seguir por cada tratamiento</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Cantidad</b>
Pb en el maiz(hojas y tallo)	Cada 4 semanas	3
pH	Cada 4 semanas	4
Pb en el suelo	cada 4 semanas	4
materia orgánica	cada 4 semanas	4
textura	cada 4 semanas	4
C.I.C	cada 4 semanas	4
Conductividad eléctrica	cada 4 semanas	4
Crecimiento del maiz	semanal	12
Caco3	cada 4 semanas	4
P y K	cada 4 semanas	4

Fuente: Elaboración propia, 2017

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

Todos los datos que se obtendrán en el campo serán analizados mediante los programas siguientes:

### **IBM SPSS Estadístico 23**

Se utilizara este programa para tener análisis más precisos y conclusiones más fiables, ya que este programa es recomendable para analizar las correlaciones entre ambas variables mediante el análisis de correlación de Pearson y pruebas T-student

### **Microsoft Excel 2017**

Se utilizara el Excel para la elaboración de las tablas comparativas.

## **2.6. Aspectos éticos**

Los aspectos éticos del presente proyecto de investigación consisten que el trabajo está elaborado en base a información obtenida en el mismo campo y como también la información recolectada están en base a fuentes bibliográficas relacionadas con el tema, que están citadas en la parte bibliográfica.

La veracidad para el análisis de las muestras y los resultados, estas serán en laboratorios acreditados y certificados.

Sobre todo el respeto por el medio ambiente ya que este es el soporte vital para la supervivencia de todos los seres vivos.

### **III. RESULTADOS**

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Análisis e interpretación de resultados

**Tabla N°2:** resultados de análisis de laboratorio

TRATAMIENTO	TIEMPO	Ph	CIC	C.E	M.O	Pb(ppm) suelo	Pb(tallo)	Pb(hoja)	caco3	TEXTURA				CATIONES CAMBIABLES				P	K
										arena %	limo %	arcilla %	clase textural	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K	Na		
TRAT. 1	INICIAL	7.25	11.84	4.61	6.07	689.27	0	0	3.30	81	13	6	A.Fr	6.80	3.23	1.41	0.40	265.5	1320
	4 SEMANAS	7.01	13.40	5.05	5.99	639.43	17.21	22.63	3.40	76	16	8	Fr.A	7.20	3.75	1.83	0.62	311.5	245
	8 SEMANAS	6.92	14.20	4.72	4.77	582.55	27.96	37.76	3.10	79	12	9	Fr.A	7.75	4.15	1.73	0.57	116	747
	12 SEMANAS(FINAL)	6.74	14.90	5.11	4.20	550.64	43.69	58.94	3.10	78	13	9	Fr.A	8.24	4.32	1.75	0.59	58	210
TRAT. 2	INICIAL	7.35	11.52	8.38	8.64	731.56	0	0	3.30	79	13	8	A.Fr	6.34	3.25	1.52	0.41	267.1	3500
	4 SEMANAS	7.23	12.92	8.15	7.50	683.98	17.08	22.50	3.10	78	12	10	Fr.A	6.97	4.32	1.32	0.31	292.4	227
	8 SEMANAS	7.11	13	7.13	6.39	631.29	25.99	35.28	3.10	81	10	9	A.Fr	6.44	4.66	1.47	0.43	138.4	3015
	12 SEMANAS(FINAL)	6.98	13.30	7.64	5.43	600.37	40.86	50.33	3.10	80	10	10	A.Fr	6.88	4.53	1.45	0.44	73.8	280
TRAT. 3	INICIAL	7.32	16.32	4.58	7.91	727.20	0	0	3.50	81	11	8	A.Fr	9.75	4.20	1.84	0.53	283.2	1230
	4 SEMANAS	7.05	17.60	4.97	6.83	671.09	17.93	23.18	3.70	78	14	8	Fr.A	10.67	4.05	1.47	1.41	286	197
	8 SEMANAS	6.86	18	4.45	6.66	593.72	35.55	43.93	3.50	81	12	7	A.Fr	10.96	4.81	1.53	0.70	119	603
	12 SEMANAS(FINAL)	6.63	18.50	4.69	6.13	547.81	54.44	69.95	3.50	79	13	8	Fr.A	11.41	4.87	1.52	0.70	60.2	202
TRAT.4	INICIAL	7.52	15.36	6.94	6.62	792.57	0	0	3.10	79	13	8	A.Fr	8.71	4.40	1.73	0.52	285.6	3630
	4 SEMANAS	7.41	16.00	6.35	6.58	740.40	17.31	22.86	3.20	78	14	8	Fr.A	8.73	4.42	1.91	0.94	281.2	268
	8 SEMANAS	7.11	16.50	5.96	6.24	676.48	30.80	40.29	3.50	81	14	5	A.Fr	8.24	5.83	1.71	0.72	143.8	1665
	12 SEMANAS(FINAL)	6.95	17.51	6.27	5.19	624.66	49.13	62.78	3.25	79	15	6	A.Fr	8.85	5.89	1.89	0.88	82.3	220

Fuente: Elaboración propia, 2017

## 1.-Concentración de plomo en el suelo

La concentración del plomo se determinó en cuatro momentos diferentes del experimento (inicio, después de cuatro semanas, después de ocho semanas y finalmente en doce semanas) para cada uno de los tratamientos.

**Tabla N°3:** Resultados de la Concentración de plomo en el suelo en cada tratamiento en los cuatro momentos diferentes.

TRATAMIENTO	INICIAL	4 SEMANAS	8 SEMANAS	12 SEMANAS
TRATAMIENTO 1	689.27	639.43	582.55	550.64
TRATAMIENTO 2	731.56	683.98	631.29	600.37
TRATAMIENTO 3	727.20	671.09	593.72	547.81
TRATAMIENTO 4	792.57	740.40	676.48	624.66

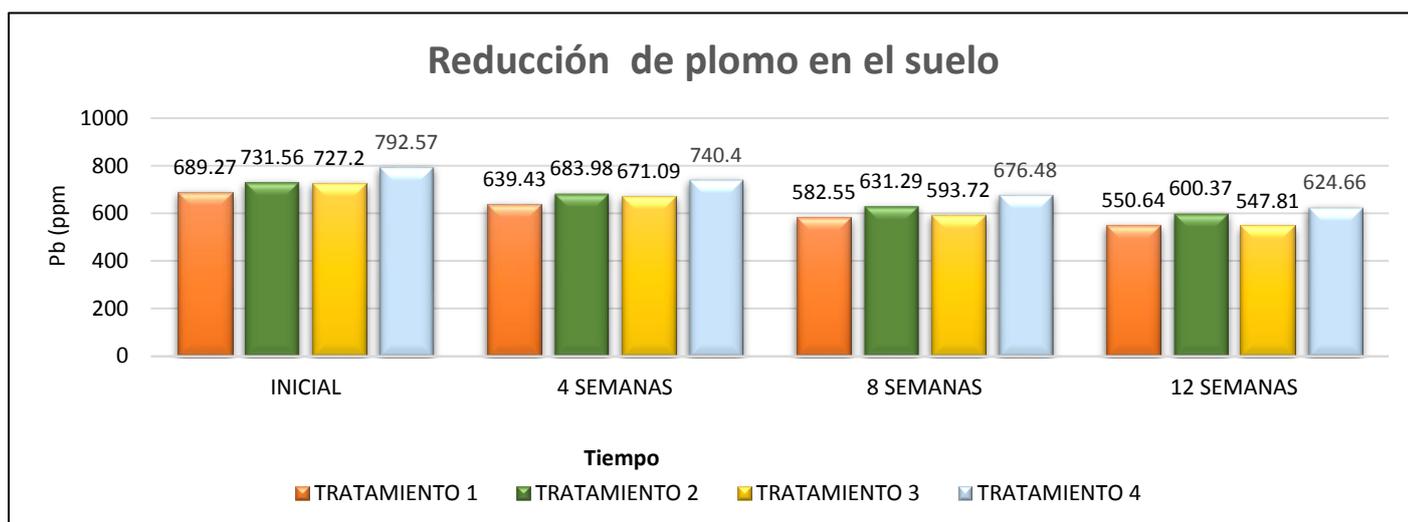
Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla N°4:** Cantidad de disminución de plomo en el suelo

TRATAMIENTO	Pb inicial	cantidad de disminución		
		4 semanas	8 semanas	12 semanas
TRATAMIENTO 1	689.27	49.84	106.72	138.63
TRATAMIENTO 2	731.56	47.58	100.27	131.19
TRATAMIENTO 3	727.20	56.11	133.48	179.39
TRATAMIENTO 4	792.57	52.17	116.09	167.91

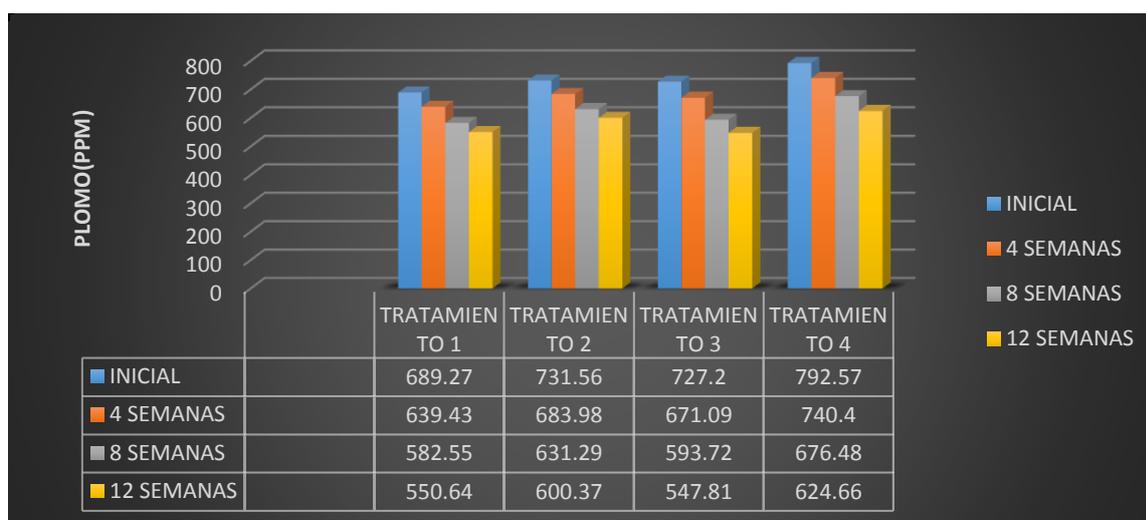
Fuente: Elaboración propia, 2017

**Gráfica N°1:** Tablas comparativas de reducción de la concentración de plomo



Fuente: Elaboración propia, 2017

**Gráfica N°2:** Disminución de plomo en el suelo por tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N° 3 se observa la disminución de plomo del suelo en todos los tratamientos, donde en el tratamiento 1 disminuyó de (689.27 ppm a 550.64 ppm, es decir, una reducción de 138.63 ppm al final de 12 semanas); en el tratamiento 2 disminuyó de (731.56 ppm a 600.37 ppm, es decir, una reducción de 131.19 ppm al final de 12 semanas); en el tratamiento 3 disminuyó de (727.20 ppm a 547.81 ppm, es decir, una reducción de 179.19 ppm al final de 12 semanas); y finalmente en el tratamiento 4 disminuyó de (792.57 ppm a 624.66 ppm, es decir, una reducción de 167.91 ppm al final de 12 semanas)

**INTERPRETACION:** El motivo por el cual el tratamiento 3(humus) presento mayor cantidad de disminución de plomo al final de 12 semanas en comparación con los demás tratamiento se debe a que en este tratamiento la planta absorbió mayor cantidad de plomo del suelo en sus tejidos aéreos, además la materia orgánica presente en el humus es un elemento coloidal y tienen gran capacidad de intercambio catiónico ya que esta se encuentra rodeada de capas eléctricas de carga negativa (aniones) los cuales atraen y retienen elementos con carga positiva (cationes) presentes en la solución del suelo en nuestro caso el plomo, por medio de fuerzas electrostáticas de atracción y de esa manera hacerlo más disponible para que pueda ser absorbido por la planta por el proceso de intercambio catiónico.

**Tabla N°5:** Eficiencia de remediación

$$\text{Eficiencia (*)} = \frac{E = C_i - C_f}{C_i} \times 100\%$$

TRATAMIENTO	Pb inicial	Pb final	Eficiencia (%)
Tratamiento 1	689.27	550.64	20
Tratamiento 2	731.56	600.37	17.9
Tratamiento 3	727.20	547.81	24.6
Tratamiento 4	792.57	624.66	21.2

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Gráfica N°3:** Eficiencia de remediación



Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En el grafico N°3 se observa que en el tratamiento 3 hubo mayor eficiencia de remediación al final de 12 semanas con un total de (24.6% de eficiencia), seguido por el tratamiento 4 con (21.2 % de eficiencia), seguido por el tratamiento 1 con (20 % de eficiencia) y finalmente el tratamiento 2 con (17.9 % de eficiencia).

**INTERPRETACION:** El motivo por el cual el tratamiento 3 presento mayor eficiencia de remediación en comparación con los otros tratamientos es porque en este tratamiento la altura de la planta al final de 12 semanas fue superior al de las demás, ya que a mayor tamaño y mayor biomasa mayor será la concentración de plomo en sus tejidos y por ende la eficiencia de remediación será mayor.

### Hipótesis General:

**Ha:** La eficiencia fitoextractora del Maiz (*Zea Mays*) cultivado con abono orgánico (compost y humus a partir de restos de flores) logra una disminución las concentraciones de plomo en suelos contaminados.

**Ho:** La eficiencia fitoextractora del Maiz (*Zea Mays*) cultivado con abono orgánico (compost y humus a partir de restos de flores) no logra una disminución las concentraciones de plomo en suelos contaminados.

**Tabla N°6: Estadística Descriptiva de concentración de plomo inicial y final en el suelo**

Resumen de procesamiento de casos						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
PLOMO_INICIAL	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
PLOMO_FINAL	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

Fuente. Elaboración propia

Descriptivos				
		Estadístico	Error estándar	
PLOMO_INICIAL	Media	735,1500	21,36610	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	667,1535	
		Límite superior	803,1465	
	Media recortada al 5%	734,5089		
	Mediana	729,3800		
	Varianza	1826,040		
	Desviación estándar	42,73219		
	Mínimo	689,27		
	Máximo	792,57		
	Rango	103,30		
	Rango intercuartil	78,56		
	Asimetría	,788	1,014	
	Curtosis	1,801	2,619	
PLOMO_FINAL	Media	580,8700	18,93988	
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	520,5948	
		Límite superior	641,1452	

Media recortada al 5%	580,2739	
Mediana	575,5050	
Varianza	1434,877	
Desviación estándar	37,87977	
Mínimo	547,81	
Máximo	624,66	
Rango	76,85	
Rango intercuartil	70,07	
Asimetría	,339	1,014
Curtosis	-4,027	2,619

Fuente. Elaboración propia

**Tabla N°7:** Normalidad de las concentraciones de plomo inicial y final

Como tenemos solo 4 datos menores a 30, hacemos uso de SHARIPO-WILK para la prueba de normalidad

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PLOMO_INICIAL	,283	4	.	,939	4	,648
PLOMO_FINAL	,288	4	.	,867	4	,286

Fuente. Elaboración propia

#### INTERPRETACION:

Según se aprecia en la tabla 7, la prueba de Shapiro-Wilk arroja valores de P-valor de (0.648) para las concentraciones iniciales de plomo y P-valor de (0.286) para las concentraciones finales de plomo por lo tanto, al 95% de confianza se concluye que ambos valores provienen de una distribución normal

**Tabla N°8:** Prueba T-Student para concentración de plomo inicial y final

**Nivel de confianza= 95%**

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

**Prueba de muestras emparejadas**

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Par 1 PLOMO_INICIAL - PLOMO_FINAL	154,2800 0	23,05327	11,52663	117,59711	190,96289	13,385	3	,001

Fuente. Elaboración propia

**INTERPRETACION:**

En tabla N°8 de la prueba t-Student se observa que el p-valor= 0.001 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir, la eficiencia fitoextractora del Maiz (*Zea Mays*) cultivado con abono orgánico (compost y humus a partir de restos de flores) logra una disminución las concentraciones de plomo en suelos contaminados.

**2. CONCENTRACIÓN DE PLOMO EN EL MAIZ**

La concentración del plomo en el maiz se midió en tres momentos diferentes del experimento (después de 4 semanas, después de 8 semanas y finalmente en 12 semanas), en tallos y hojas en cada tratamiento.

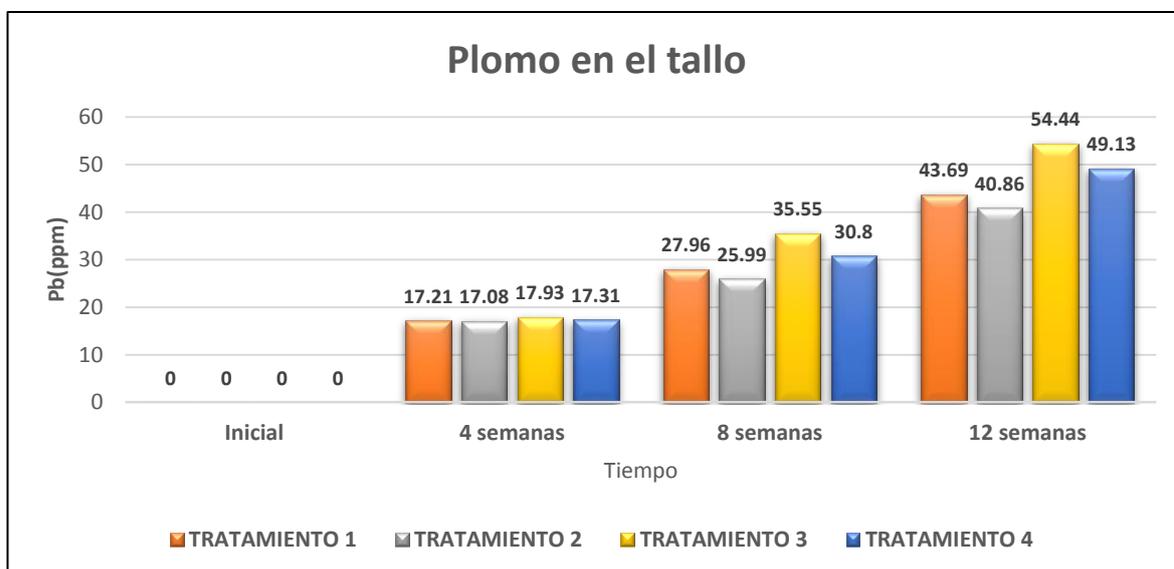
**Concentración de plomo en el tallo**

**Tabla N° 9:** Resultados de la concentración de plomo en el tallo en los tres momentos diferentes.

TRATAMIENTO	Pb(ppm) en tallo			
	Inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas
TRATAMIENTO 1	0	17.21	27.96	43.69
TRATAMIENTO 2	0	17.08	25.99	40.86
TRATAMIENTO 3	0	17.93	35.55	54.44
TRATAMIENTO 4	0	17.31	30.80	49.13

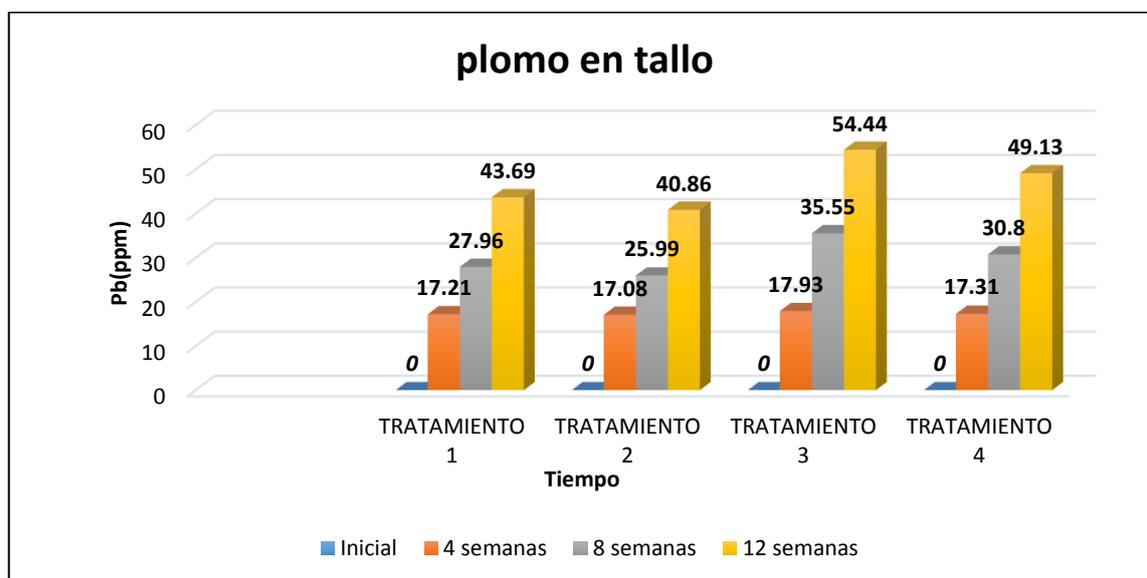
Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafica N°4:** Comparación de concentración de plomo en el tallo



Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafica N°5:** concentración de plomo en el tallo por cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En el grafico N°5 Se observa que el tratamiento 3 al final de 12 semanas presento mayor concentración de plomo en su tallo en comparación con los demás tratamientos con un total de 54.44 ppm, seguido por el tratamiento 4 con un total de 49.13 ppm, seguido por el tratamiento 1 con un total de 43.69 ppm y finalmente el tratamiento 2 con un total de 40.86 ppm

**Hipótesis Específica 1:**

**Ha:** Existe una diferencia significativa entre las medias de concentración de plomo (tallo) del tratamiento 3(HUMUS) con el tratamiento 1(TESTIGO).

**Ho:** No existe una diferencia significativa entre las medias de concentración de plomo (tallo) del tratamiento 3(HUMUS) con el tratamiento 1(TESTIGO).

**PRUEBA DE NORMALIDAD**

Kolmogorow-Smirow muestras grandes (> 30 individuos)

Shapiro-Wilk muestras pequeñas (< 30 individuos)

Criterio para determinar Normalidad

P-valor >  $\alpha$  Acepto la Ho= Los datos provienen de una distribución normal

P-valor <  $\alpha$  Acepto la H1= Los datos no provienen de una distribución normal

**Tabla N° 10:** Estadística descriptiva de concentración de plomo en tallo para los tratamientos 1 y 3

Resumen de procesamiento de casos							
TRATAMIENTO		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Pb_TALLO	TRAT_1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	TRAT_3	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

Descriptivos			Estadístico	Error estándar
TRATAMIENTO				
Pb_TALLO	TRAT_1	Media	22,2150	9,18666
		95% de intervalo de Límite inferior	-7,0211	

	confianza para la media	Límite superior	51,4511	
	Media recortada al 5%		22,2561	
	Mediana		22,5850	
	Varianza		337,579	
	Desviación estándar		18,37332	
	Mínimo		,00	
	Máximo		43,69	
	Rango		43,69	
	Rango intercuartil		35,46	
	Asimetría		-,107	1,014
	Curtosis		-,105	2,619
TRAT_3	Media		26,9800	11,68089
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-10,1938	
		Límite superior	64,1538	
	Media recortada al 5%		26,9533	
	Mediana		26,7400	
	Varianza		545,773	
	Desviación estándar		23,36179	
	Mínimo		,00	
	Máximo		54,44	
	Rango		54,44	
	Rango intercuartil		45,24	
	Asimetría		,050	1,014
	Curtosis		-1,072	2,619

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla N° 11:** Prueba de normalidad de datos de concentración de plomo en tallo para los tratamientos 1 y 3

Pruebas de normalidad						
TRATAMIENTO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pb_TALLO TRAT_1	,143	4	.	,999	4	,998
TRAT_3	,151	4	.	,994	4	,978

Fuente: Elaboración propia, 2017

En la tabla N°11 se observa el valor de  $p=0.998$  para el tratamiento 1, y un valor de  $p=0.978$  para el tratamiento 3, concluyendo así que ambos

superan al  $\alpha = 0.05$ , aceptando así la hipótesis nula que ambos datos provienen de una distribución normal

**Tabla N° 12:** Prueba de LEVENE Igualdad de varianza

P-valor  $> \alpha$  Acepto la  $H_0$ = Las varianzas son iguales

P-valor  $< \alpha$  Acepto la  $H_1$ = Existe diferencia significativa entre las varianzas

Estadísticas de grupo				
TRATAMIENTO	N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Pb_TALLO TRAT_1	4	22,2150	18,37332	9,18666
TRAT_3	4	26,9800	23,36179	11,68089

Prueba de muestras independientes										
	Prueba de Levene de calidad de varianzas	prueba t para la igualdad de medias								
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Pb_TALLO	Se asumen varianzas iguales	,381	,560	-,321	6	,759	-4,76500	14,86062	-41,12763	31,59763
	No se asumen varianzas iguales			-,321	5,684	,760	-4,76500	14,86062	-41,62291	32,09291

Fuente: Elaboración propia, 2017

En la tabla N° 12 se observa que nuestro P-valor es de  $0.56 > \alpha = 0.05$  por lo tanto acepto la  $H_0$ , es decir las varianzas son iguales

## T-STUDENT PARA VARIABLES INDEPENDIENTES

P-valor >  $\alpha=0.05$  no rechazo la  $H_0$

P-valor <  $\alpha=0.05$  rechazo la  $H_0$  y Acepto la  $H_1$

En la tabla N° 12 se observa que nuestro P-valor = 0.759 >  $\alpha=0.05$ , por lo tanto no rechazo la hipótesis nula, es decir no existe una diferencia significativa entre las medias de concentración de plomo (tallo) del tratamiento 1 (TESTIGO) con el tratamiento 3 (HUMUS).

**INTERPRETACION:** si bien es cierto que en la tabla n° 10 se observa que las medias de concentración de plomo en el tallo en el tratamiento 3 es mayor a las medias de concentración de plomo en el tallo en el tratamiento 1, pero esta concentración no es significativa en contraste con la prueba t –student para variables independientes.

### Concentración de plomo en la hoja

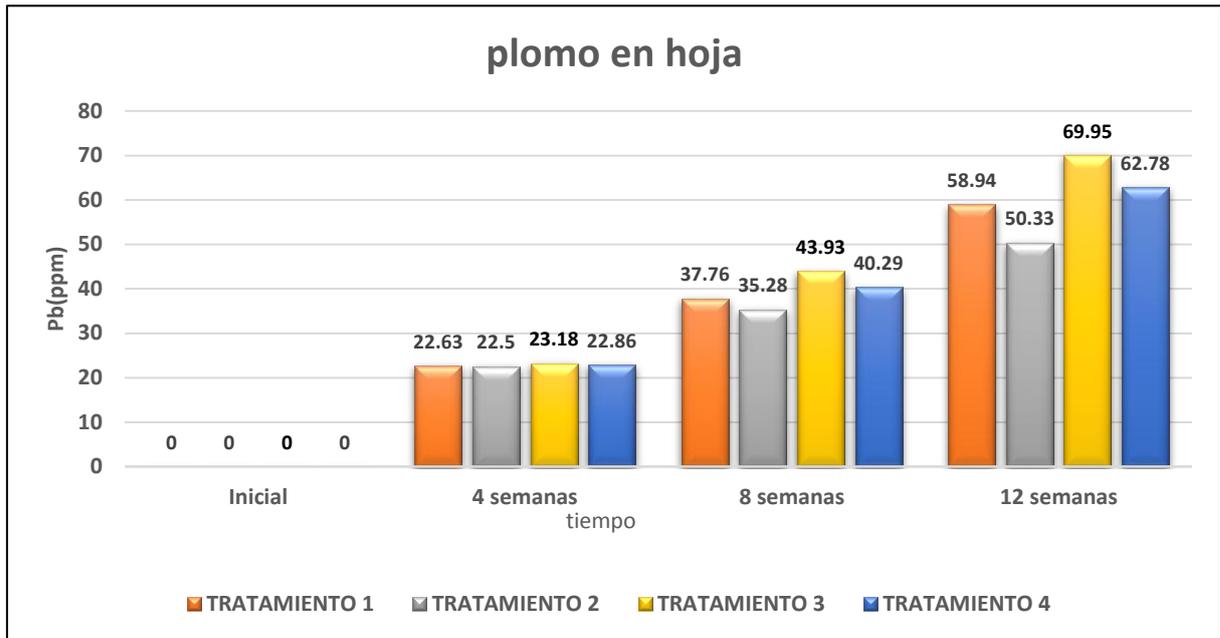
**Tabla N°13:** Resultados de la concentración de plomo en hojas en los tres momentos diferentes.

TRATAMIENTO	Pb(ppm) en Hojas			
	Inicial	4 semanas	8 semanas	12 semanas
TRATAMIENTO 1	0	22.63	37.76	58.94
TRATAMIENTO 2	0	22.50	35.28	50.33
TRATAMIENTO 3	0	23.18	43.93	69.95
TRATAMIENTO 4	0	22.86	40.29	62.78

Fuente: Elaboración propia, 2017

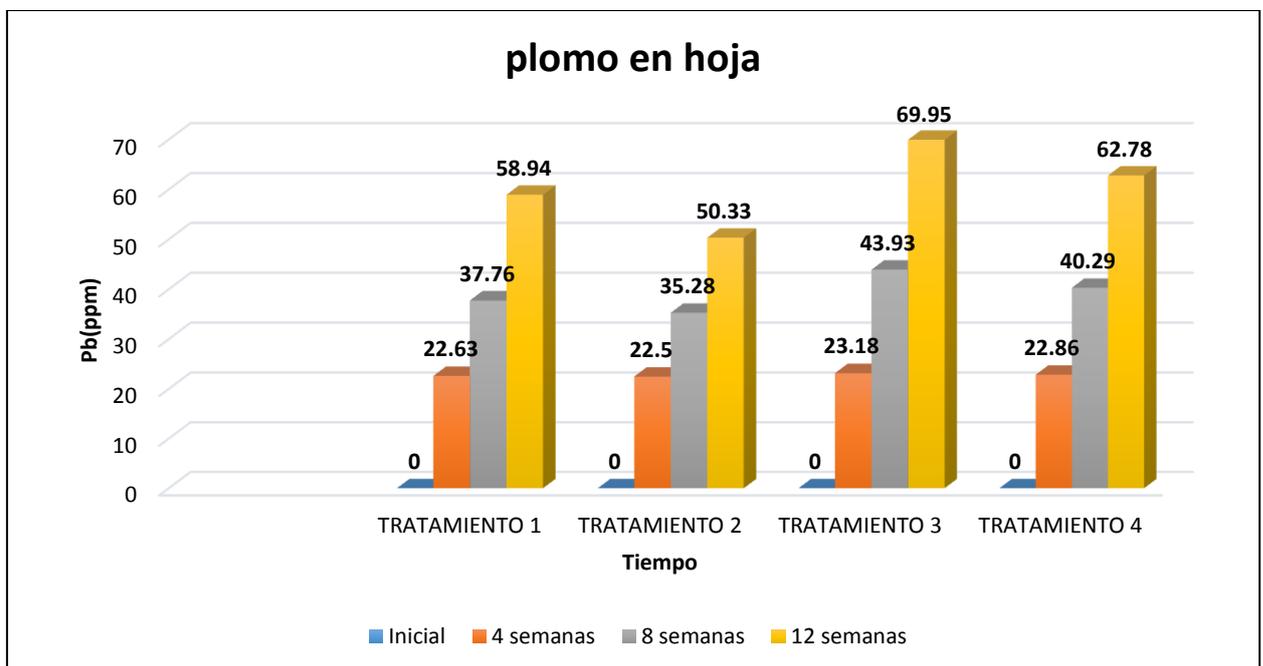
Para el tratamiento 1 el contenido de plomo en sus hojas fue de ( 0; 22.63; 37.76; 58.94)ppm para las semanas 0,4,8,12 respectivamente; para el tratamiento 2 el contenido de plomo en sus hojas fue de ( 0; 22.50; 35.28; 50.33)ppm para las semanas 0,4,8,12 respectivamente, para el tratamiento 3 el contenido de plomo en sus hojas fue de ( 0; 23.18; 43.93; 69.95)ppm para las semanas 0,4,8,12 respectivamente, para el tratamiento 4 el contenido de plomo en sus hojas fue de ( 0; 22.86; 40.29; 62.78)ppm para las semanas 0,4,8,12 respectivamente.

**Grafica N°6:** Comparación de concentración de plomo en la hoja



Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafica N°7:** concentración de plomo en la hoja por cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En el grafico N°7 Se observa que el tratamiento 3 al final de 12 semanas presento mayor concentración de plomo en sus hojas en comparación con los demás tratamientos con un total de 69.95 ppm, seguido por el tratamiento 4 con un total de 62.78 ppm, seguido por el tratamiento 1 con un total de 58.94 ppm y finalmente el tratamiento 2 con un total de 50.33 ppm

**Hipótesis Específica 1:**

**Ha:** Existe una diferencia significativa entre las medias de concentración de plomo (hoja) del tratamiento 3(Humus) con el tratamiento 1(Testigo).

**Ho:** No existe una diferencia significativa entre las medias de concentración de plomo (hoja) del tratamiento 3(Humus) con el tratamiento 1(Testigo).

**Tabla N° 14:** Estadística descriptiva de concentración de plomo en hoja para los tratamientos 1 y 3

**PRUEBA DE NORMALIDAD**

Kolmogorow-Smirow muestras grandes (> 30 individuos)

Shapiro-Wilk muestras pequeñas (< 30 individuos)

Criterio para determinar Normalidad

P-valor >  $\alpha$  Acepto la Ho= Los datos provienen de una distribución normal

P-valor <  $\alpha$  Acepto la H1= Los datos no provienen de una distribución normal

**Resumen de procesamiento de casos**

TRATAMIENTO		Casos					
		Válido		Perdidos		Total	
		N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
Pb_HOJA	TRAT_1	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%
	TRAT_3	4	100,0%	0	0,0%	4	100,0%

**Descriptivos**

TRATAMIENTO			Estadístico	Error estándar
Pb_HOJA	TRAT_1	Media	29,8325	12,42292
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior Límite superior	-9,7028 69,3678
		Media recortada al 5%	29,8728	

	Mediana		30,1950	
	Varianza		617,315	
	Desviación estándar		24,84583	
	Mínimo		,00	
	Máximo		58,94	
	Rango		58,94	
	Rango intercuartil		47,99	
	Asimetría		-,077	1,014
	Curtosis		-,235	2,619
TRAT_3	Media		34,2650	14,89910
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	-13,1506	
		Límite superior	81,6806	
	Media recortada al 5%		34,1861	
	Mediana		33,5550	
	Varianza		887,933	
	Desviación estándar		29,79820	
	Mínimo		,00	
	Máximo		69,95	
	Rango		69,95	
	Rango intercuartil		57,65	
	Asimetría		,120	1,014
	Curtosis		-,715	2,619

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla N° 15:** Prueba de normalidad de datos de concentración de plomo en hoja para los tratamientos 1 y 3

Pruebas de normalidad							
TRATAMIENTO		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Pb_HOJA	TRAT_1	,136	4	.	1,000	4	,999
	TRAT_3	,145	4	.	,997	4	,988

Fuente: Elaboración propia, 2017

En la tabla N°15 se observa el valor de  $p = 0.999$  para el tratamiento 1, y un valor de  $p = 0.988$  para el tratamiento 3, concluyendo así que ambos superan al  $\alpha = 0.05$ , aceptando la hipótesis nula que ambos datos provienen de una distribución normal

**Tabla N° 16:** Prueba de LEVENE Igualdad de varianza

P-valor >  $\alpha$  Acepto la Ho= Las varianzas son iguales

P-valor <  $\alpha$  Acepto la H1= Existe diferencia significativa entre las varianzas

**Estadísticas de grupo**

TRATAMIENTO		N	Media	Desviación estándar	Media de error estándar
Pb_HOJA	TRAT_1	4	29,8325	24,84583	12,42292
	TRAT_3	4	34,2650	29,79820	14,89910

**Prueba de muestras independientes**

	Prueba de Levene de calidad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Pb_HOJA Se asumen varianzas iguales	,191	,678	-,228	6	,827	-4,43250	19,39876	51,89957	43,03457
No se asumen varianzas iguales			-,228	5,812	,827	-4,43250	19,39876	52,27396	43,40896

Fuente: Elaboración propia, 2017

Se observa que nuestro P-valor es de 0.678 >  $\alpha=0.05$  por lo tanto acepto la Ho, es decir las varianzas son iguales

### T-STUDENT PARA VARIABLES INDEPENDIENTES

P-valor >  $\alpha=0.05$  no rechazo la Ho

P-valor <  $\alpha=0.05$  rechazo la Ho y Acepto la H1

En la tabla N°16 e observa que nuestro P-valor = 0.827 >  $\alpha=0.05$ , por lo tanto no rechazo la hipótesis nula, es decir no existe una diferencia significativa entre las

medias de concentración de plomo (hoja) del tratamiento 3(HUMUS) con el tratamiento 1(TESTIGO).

**INTERPRETACION:** si bien es cierto que en la tabla N° 14 se observa que las medias de concentración de plomo en la hoja en el tratamiento 3 es mayor a las medias de concentración de plomo en la hoja en el tratamiento 1, pero esta concentración no es significativa en contraste con la prueba t –student para variables independientes.

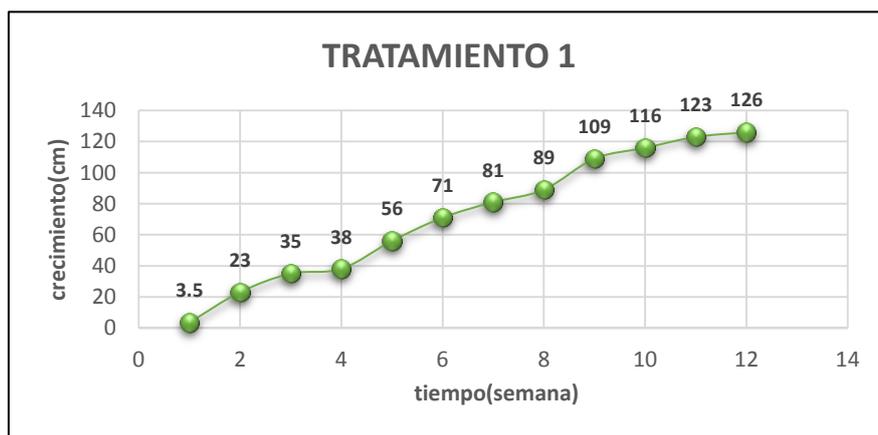
### 3.- Crecimiento del maiz

**Tabla N°17:** Crecimiento del maiz a lo largo del tratamiento

TRATAMIENTO	CRECIMIENTO DEL MAIZ( Cm/semana)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
TRATAMIENTO 1	3.5	23	35	38	56	71	81	89	109	116	123	126
TRATAMIENTO 2	3	20	26	30	44	57	63	71	77	83	98	117
TRATAMIENTO 3	3.5	19	31	56	67	74	86	95	122	134	144	146
TRATAMIENTO 4	3.5	23	36	49	66	73	88	94	103	112	126	133

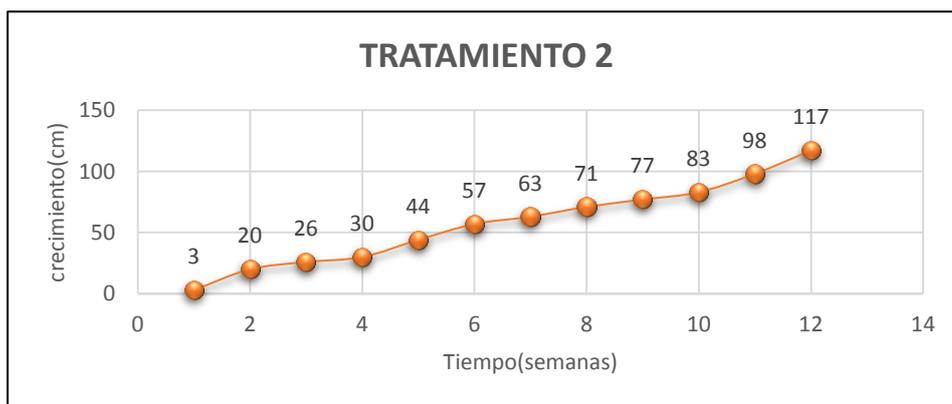
Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafica N°8:** Crecimiento del maiz en el tratamiento 1 en las doce semanas



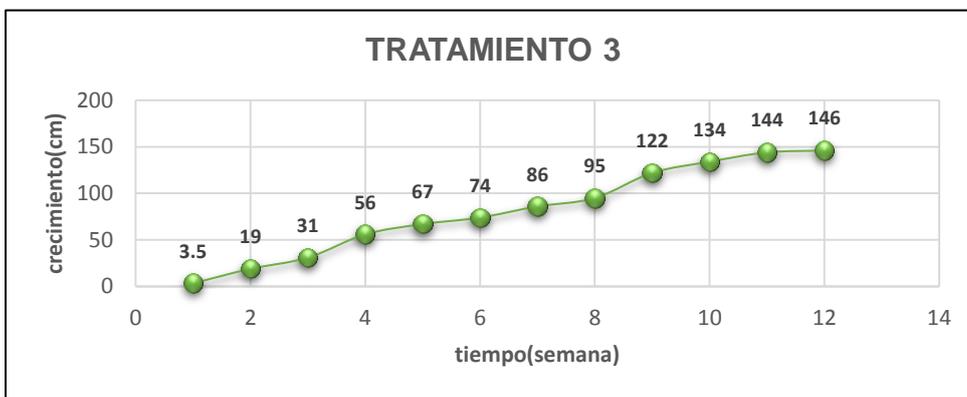
Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafica N°9: Crecimiento del maíz en el tratamiento 2 en las doce semanas**



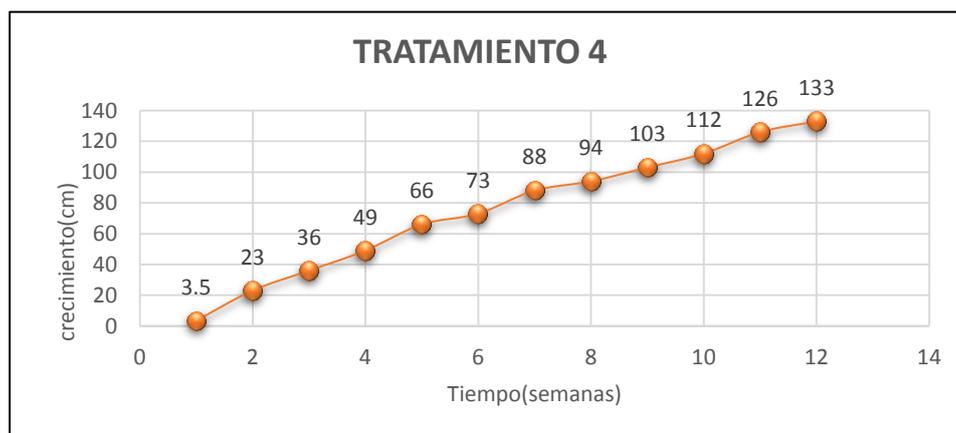
Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafica N°10: Crecimiento del maíz en el tratamiento 3 en las doce semanas**



Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafica N°11: Crecimiento del maíz en el tratamiento 4 en las doce semanas**



Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** Se observa que el mayor crecimiento del maiz a lo largo de las 12 semanas se dio en el tratamiento 3 con un total de 146 cm, seguido por el tratamiento 4 con un total de 133cm, seguido por el tratamiento 1 con un total de 126 cm y el que presento menor tamaño fue el tratamiento 2 con un total de 117cm.

**INTERPRETACION:** El motivo por el cual en mi tratamiento 3 se dio el mayor crecimiento del maiz al final de las 12 semanas, es porque la materia orgánica presente en el humus contiene macronutrientes tales como el fosforo y potasio, entre otros que mejoran el crecimiento de la planta y estas entran en contacto con la planta por medio de la capacidad de intercambio catiónico y estas se distribuyen en el organismo de la planta por medio del xilema y floema; y por otro lado se observó que el menor crecimiento se dio en el tratamiento 2 a pesar de haber adicionado compost tubo menor crecimiento en comparación con todo los tratamientos, esto se debió a que en el tratamiento 2 se encontró mayor conductividad eléctrica(de 8.38dS/m al inicio y 7.64 dS/m al final) superando a los demás tratamientos donde la C,E fue menor y esto conlleva a una disminución en el crecimiento de la planta por la salinidad presente en la C.E

**Tabla N°18:** Tamaño final en cada tratamiento

Tratamiento	Altura(cm)
tratamiento 1	126
tratamiento 2	117
tratamiento 3	146
tratamiento 4	133

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafica N°12:** Tamaño final en cada tratamiento



Fuente: Elaboración propia, 2017

### HIPÓTESIS ESPECÍFICA 2

**Ha:** En los tratamientos donde hubo mayor crecimiento del maiz presento mayor disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

**Ho:** En los tratamientos donde hubo mayor crecimiento del maiz presento menor disminución de las concentraciones plomo del suelo.

**Tabla N°19:** Tamaño del maiz vs. Plomo disminuido del suelo

Tratamiento	Tamaño_maiz(cm)	Plomo_disminuido(ppm)
Tratamiento 1	126	138,63
Tratamiento 2	117	131,19
Tratamiento 3	146	179,39
Tratamiento 4	133	167,91

Fuente: Elaboración propia, 2017

Se aplicara la prueba de correlación de Pearson para medir el grado de correlación que existe entre el tamaño del maiz con la disminución de plomo del suelo en cada tratamiento, en donde el grado de correlación de Pearson se mide desde -1 a 1 donde cercanos al -1 es una correlación perfecta negativa es decir cuando una de ellas aumenta el otra disminuye y cuando está cercano al 1 es una correlación perfecta positiva es decir cuando una aumenta el otra también aumenta.

**Nivel de confianza= 95%**

$\alpha = 5\% = 0.05$

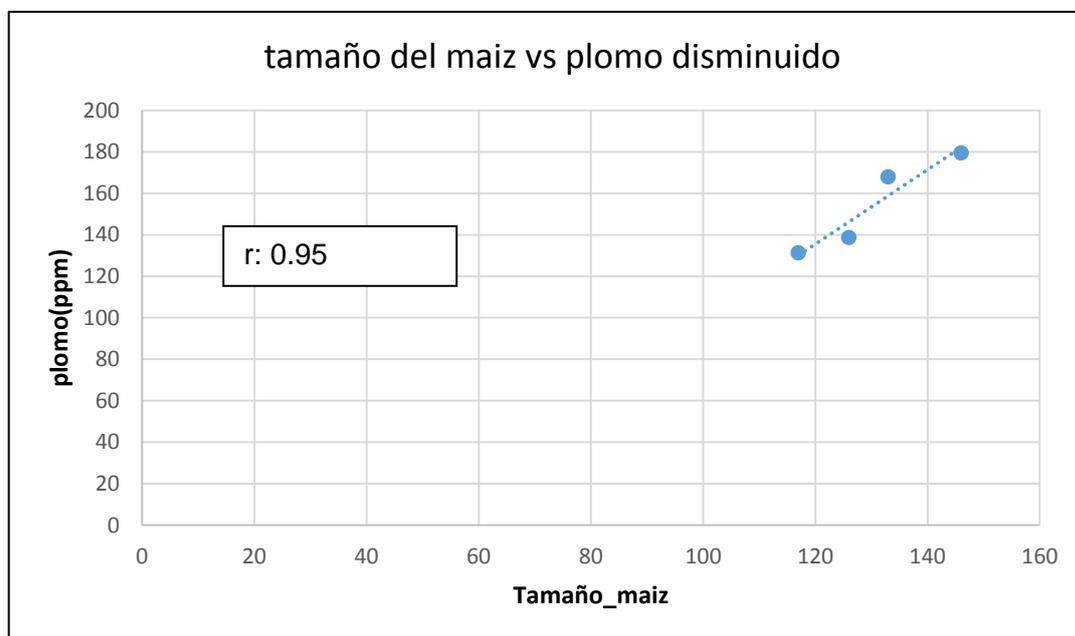
**Tabla N°20:** Correlación de PEARSON Tamaño del maiz vs. Plomo disminuido.

		Correlaciones	
		CRECIMIENTO_M AIZ	PLOMO_SUELO
CRECIMIENTO_MAIZ	Correlación de Pearson	1	,952 <sup>*</sup>
	Sig. (bilateral)		,048
	N	4	4
PLOMO_SUELO	Correlación de Pearson	,952 <sup>*</sup>	1
	Sig. (bilateral)	,048	
	N	4	4

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafica N°13:** Correlación de PEARSON Tamaño del maiz vs. Plomo disminuido.



Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°20 se observa un valor de sig. de 0.048 y un coeficiente de correlación de 0.95.

**INTERPRETACION:** En la tabla N°20 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.048 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir, en los tratamientos donde hubo mayor crecimiento del maíz presento mayor disminución de plomo del suelo.

Con respecto al grado de correlación de Pearson de 0.95 nos indica que hay una buena correlación perfecta positiva ya que está más cerca del 1, es decir que a mayor tamaño del maíz, mayor será el plomo disminuido en el suelo.

#### **4.- comportamiento de las características físicas y químicas del suelo**

##### **Hipótesis específica 3**

**Ha:** El comportamiento de las características físicas y químicas del suelo en cada tratamiento con compost y humus tienen relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo contaminado.

**Ho:** El comportamiento de las características físicas y químicas del suelo en cada tratamiento con compost y humus no tienen relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo contaminado.

Se aplicara la prueba de correlación de Pearson para medir el grado de correlación que existe entre el tamaño del maíz con la disminución de plomo del suelo en cada tratamiento, en donde el grado de correlación de Pearson se mide desde -1 a 1 donde cercanos al -1 es una correlación perfecta negativa es decir cuando una de ellas aumenta el otra disminuye y cuando está cercano al 1 es una correlación perfecta positiva es decir cuando una aumenta el otra también aumenta.

**Nivel de confianza= 95%**

$$\alpha = 5\% = 0.05$$

**Tabla N°21:** comportamiento de las características fisicoquímicas Del suelo en el tratamiento 1

TRATAMIENTO	TIEMPO	Ph	CIC	C,E	M,O	Pb(ppm) suelo
TRAT, 1	INICIAL	7,25	11,84	4,61	6,07	689,27
	4 SEMANAS	7,01	13,4	5,05	5,99	639,43
	8 SEMANAS	6,92	14,2	4,72	4,77	582,55
	12 SEMANAS(FINAL)	6,74	14,9	5,11	4,2	550,64

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla N°22:** Correlación de PEARSON para las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 1

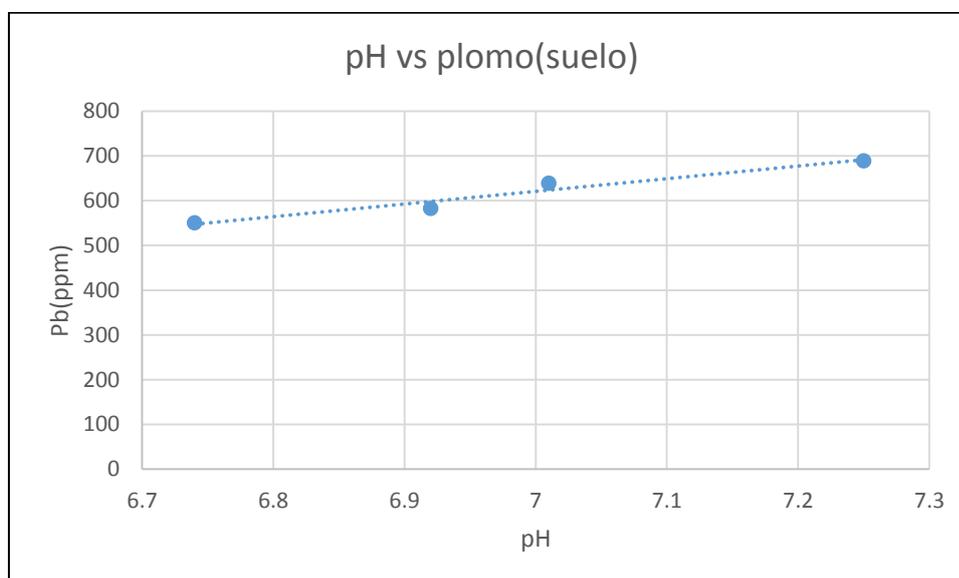
		Correlaciones				
		CIC	PH	C.E	M.O	PLOMO_SUELO O
CIC	Correlación de Pearson	1	-,991**	,666	-,891	-,986*
	Sig. (bilateral)		,009	,334	,109	,014
	N	4	4	4	4	4
PH	Correlación de Pearson	-,991**	1	-,727	,893	,977*
	Sig. (bilateral)	,009		,273	,107	,023
	N	4	4	4	4	4
C.E	Correlación de Pearson	,666	-,727	1	-,384	-,565
	Sig. (bilateral)	,334	,273		,616	,435
	N	4	4	4	4	4
M.O	Correlación de Pearson	-,891	,893	-,384	1	,954*
	Sig. (bilateral)	,109	,107	,616		,046
	N	4	4	4	4	4
PLOMO_SUELO	Correlación de Pearson	-,986*	,977*	-,565	,954*	1
	Sig. (bilateral)	,014	,023	,435	,046	
	N	4	4	4	4	4

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

\* . La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia, 2017

#### Grafico N°14: Correlación PEARSON Ph VS plomo



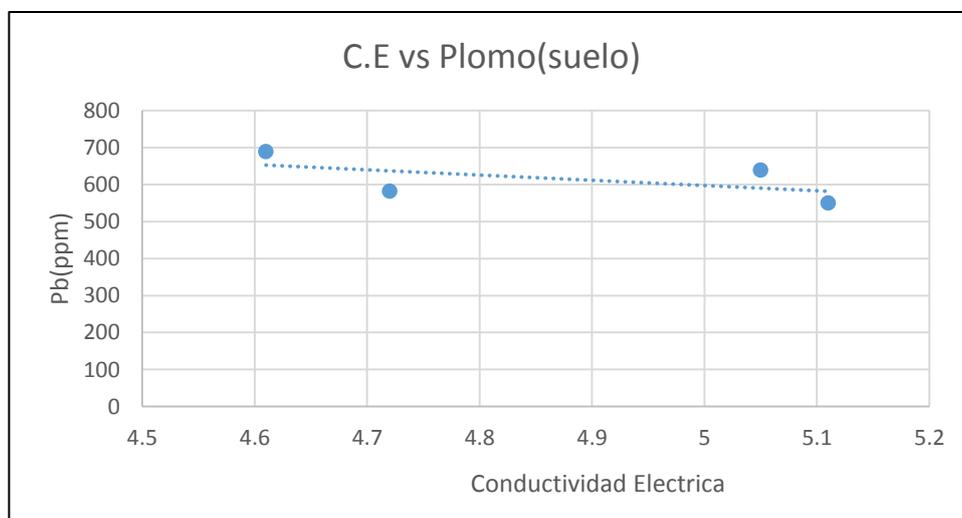
Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°22 se observa un valor de sig. de 0.023 y un coeficiente de correlación de 0.977

**INTERPRETACION:** En la tabla N°22 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.023 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, es decir, el comportamiento del pH tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

En el gráfico N°14 se observa que a medida que el pH fue disminuyendo también fue disminuyendo las concentraciones de plomo del suelo, esto se debe a que al momento que la planta absorbe cationes de plomo disueltos en la solución acuosa del suelo en su organismo, estas liberan iones de hidronio ( $H^+$ ), y estas al entrar en contacto con otros aniones como sulfatos o nitratos forman compuestos que acidifican el suelo y por ende baja el pH.

**Grafico N°15:** Correlación PEARSON Conductividad eléctrica VS plomo

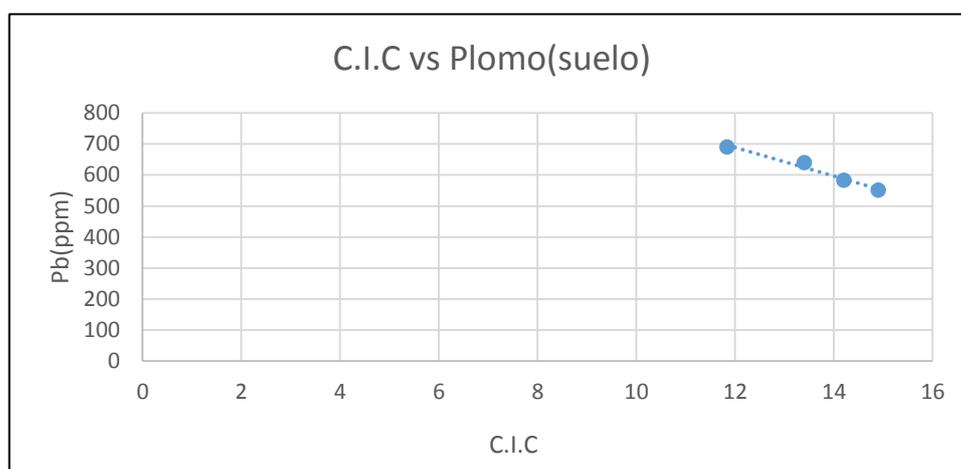


Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°22 se observa un valor de sig. de 0.435 y un coeficiente de correlación de -0.565

**INTERPRETACION:** En la tabla N°22 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.435 fue mayor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza no se rechaza la hipótesis nula, es decir, el comportamiento de la conductividad eléctrica no tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

**Grafico N°16:** Correlación PEARSON capacidad de intercambio catiónico VS plomo



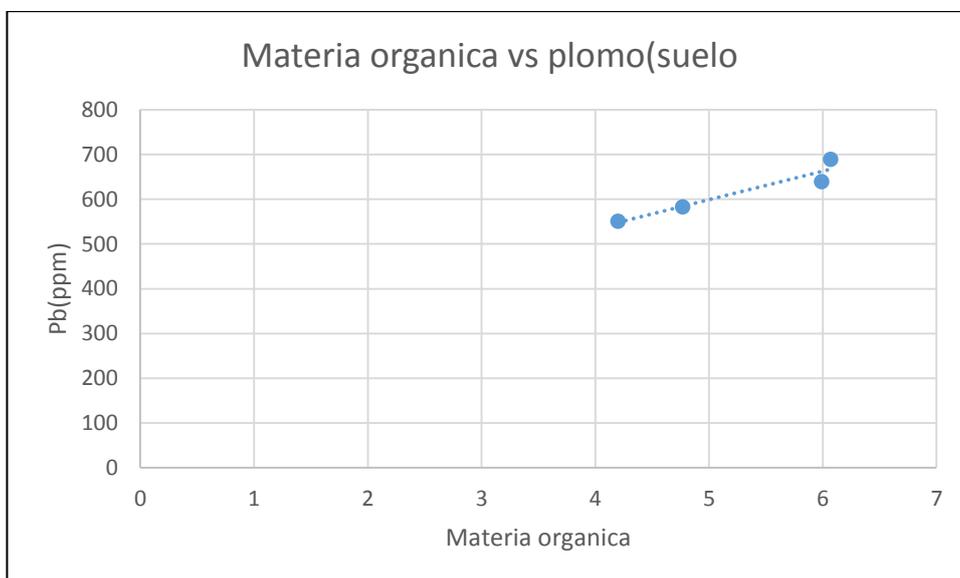
Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°22 se observa un valor de sig. de 0.014 y un coeficiente de correlación de -0.986

**INTERPRETACION:** En la tabla N°22 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.014 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, es decir, el comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

En el grafico N°16 se observa que a medida que mi capacidad de intercambio catiónico fue aumentando, la concentración de plomo del suelo fue disminuyendo, Esto se debe a que a mayor capacidad de intercambio catiónico, mayor será el ingreso de cationes o aniones a la planta, es por ello que mayor fue la entrada de los cationes de plomo disueltos en la solución del suelo en la planta y por ello se evidencia una disminución de las concentraciones de plomo

**Grafico N°17:** Correlación PEARSON materia orgánica VS plomo



Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°22 se observa un valor de sig. de 0.046 y un coeficiente de correlación de 0.954

**INTERPRETACION:** En la tabla N°22 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.046 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, es decir, el comportamiento de la materia orgánica tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

En el grafico N° 17 se observa que a medida que mi materia orgánica fue disminuyendo también disminuyo mi plomo, esto se debe a que la materia orgánica actúa como coloide de cargas negativas y a ello se le adhieren cationes de carga positiva como el catión de plomo disuelto en solución de suelo, y estos a su vez entran en contacto con la planta y son absorbidos mediante floema y xilema al interior de la planta, en donde los metales son quelados por fitoquelatinas que produce la planta al interior de ella y un exceso de metales en su organismo serán retenidos en la vacuola.

**Tabla N°23:** comportamiento de las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 2

TRATAMIENTO	TIEMPO	Ph	CIC	C,E	M,O	Pb(ppm) suelo
TRAT, 2	INICIAL	7,35	11,52	8,38	8,64	731,56
	4 SEMANAS	7,23	12,92	8,15	7,5	683,98
	8 SEMANAS	7,11	13	7,13	6,39	631,29
	12 SEMANAS(FINAL)	6,98	13,3	7,64	5,43	600,37

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla N°24:** Correlación de PEARSON para las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 2

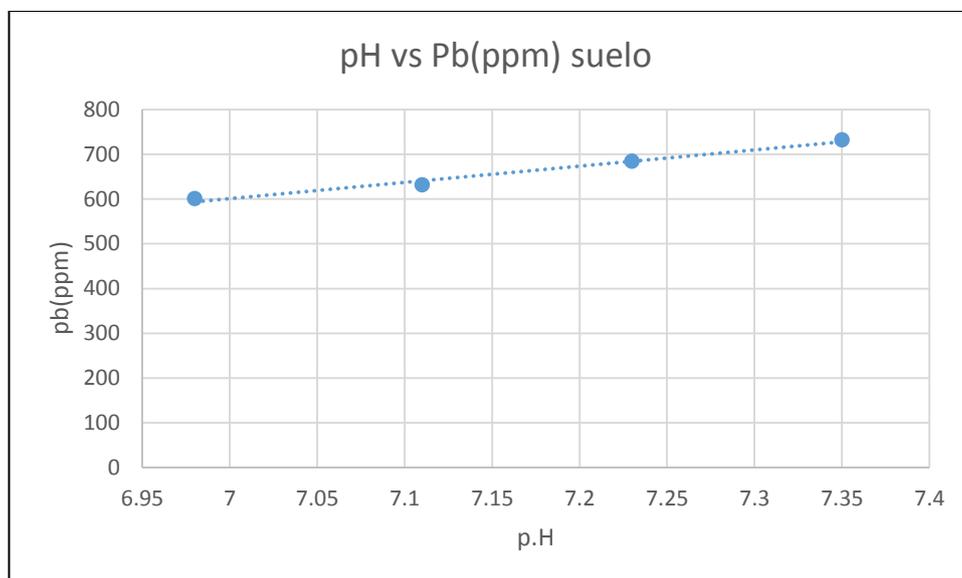
		Correlaciones				
		PH	CIC	C.E	M.O	PB_SUELO
PH	Correlación de Pearson	1	-,876	,739	,998**	,993**
	Sig. (bilateral)		,124	,261	,002	,007
	N	4	4	4	4	4
CIC	Correlación de Pearson	-,876	1	-,681	-,893	-,895
	Sig. (bilateral)	,124		,319	,107	,105
	N	4	4	4	4	4
C.E	Correlación de Pearson	,739	-,681	1	,771	,811

	Sig. (bilateral)	,261	,319		,229	,189
	N	4	4	4	4	4
M.O	Correlación de Pearson	,998**	-,893	,771	1	,998**
	Sig. (bilateral)	,002	,107	,229		,002
	N	4	4	4	4	4
PB_SUELO	Correlación de Pearson	,993**	-,895	,811	,998**	1
	Sig. (bilateral)	,007	,105	,189	,002	
	N	4	4	4	4	4

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia, 2017

### Grafico N°18: Correlación PEARSON pH VS plomo



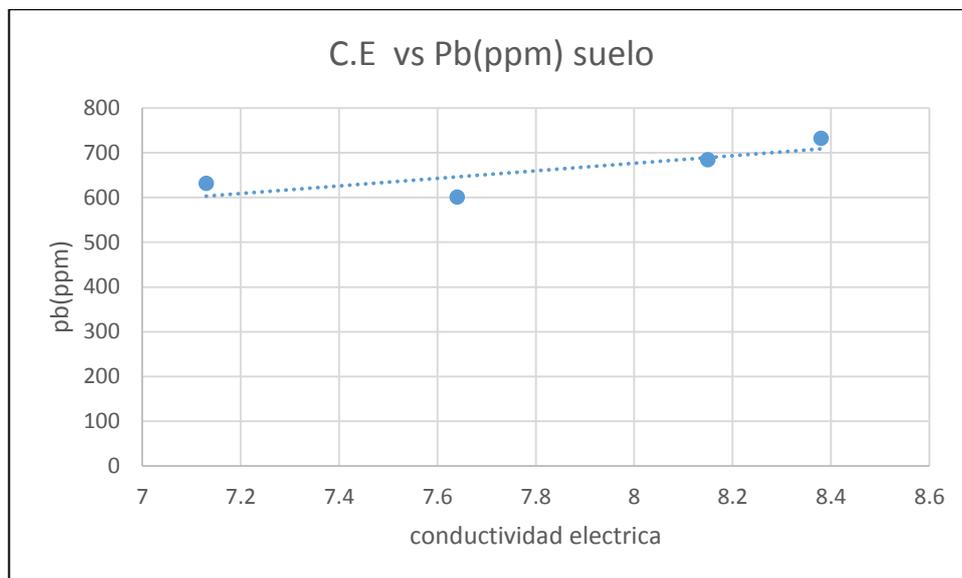
Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°24 se observa un valor de sig. de 0.007 y un coeficiente de correlación de 0.993

**INTERPRETACION:** En la tabla N°24 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.007 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, es decir, el comportamiento del pH tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

En el gráfico N°18 se observa que a medida que mi pH fue disminuyendo también fue disminuyendo las concentraciones de plomo del suelo, esto se debe a que al momento que la planta absorbe cationes de plomo disueltos en la solución acuosa del suelo en su organismo, estas liberan iones de hidronio ( $H^+$ ), y estas al entrar en contacto con otros aniones como sulfatos o nitratos forman compuestos que acidifican el suelo y por ende baja el pH.

**Grafico N°19:** Correlación PEARSON Conductividad eléctrica VS plomo

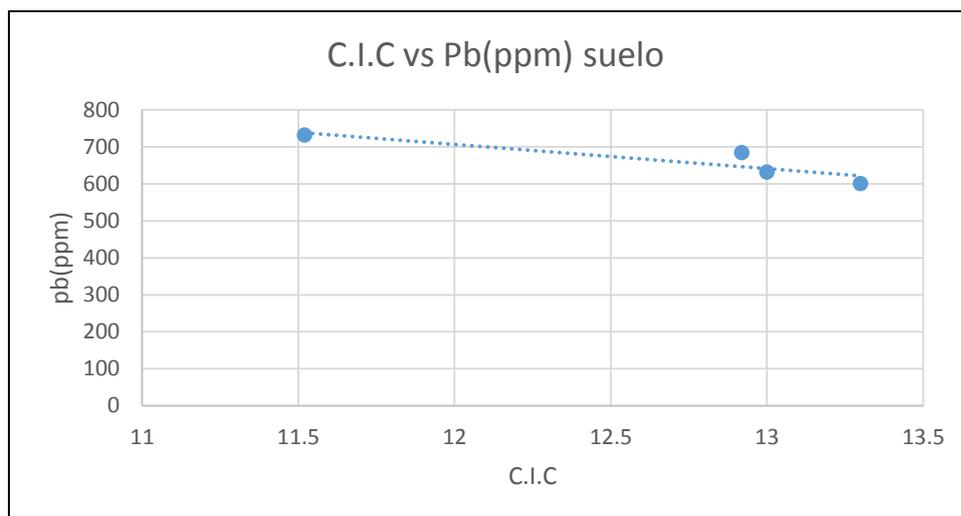


Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°24 se observa un valor de sig. de 0.189 y un coeficiente de correlación de 0.811

**INTERPRETACION:** En la tabla N°24 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.189 fue mayor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza no se rechaza la hipótesis nula, es decir, el comportamiento de la conductividad eléctrica no tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

**Grafico N°20:** Correlación PEARSON capacidad de intercambio catiónico VS plomo

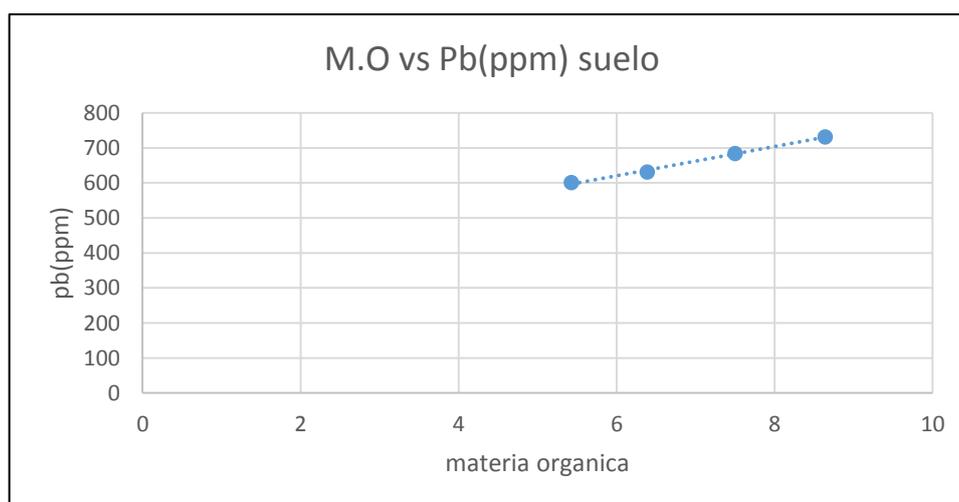


Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°24 se observa un valor de sig. de 0.105 y un coeficiente de correlación de -0.895

**INTERPRETACION:** En la tabla N°24 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.105 fue mayor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza no se rechaza la hipótesis nula, es decir, el comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico no tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

**Grafico N°21:** Correlación PEARSON materia organica VS plomo



Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°24 se observa un valor de sig. de 0.002 y un coeficiente de correlación de 0.998

**INTERPRETACION:** En la tabla N°24 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.002 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, es decir, el comportamiento de la materia orgánica tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

En el grafico N° 21 se observa que a medida que mi materia orgánica fue disminuyendo también disminuyo mi plomo, esto se debe a que la materia orgánica actúa como coloide de cargas negativas y a ello se le adhieren cationes de carga positiva como el catión de plomo disuelto en solución de suelo, y estos a su vez entran en contacto con la planta y son absorbidos mediante floema y xilema al interior de la planta, en donde los metales son quelados por fitoquelatinas que produce la planta al interior de ella y un exceso de metales en su organismo serán retenidos en la vacuola.

**Tabla N°25:** comportamiento de las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 3

TRATAMIENTO	TIEMPO	Ph	CIC	C,E	M,O	Pb(ppm) suelo
TRAT, 3	INICIAL	7,32	16,32	4,58	7,91	727,2
	4 SEMANAS	7,05	17,6	4,97	6,83	671,09
	8 SEMANAS	6,86	18	4,45	6,66	593,72
	12 SEMANAS(FINAL)	6,63	18,5	4,69	6,13	547,81

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla N°26:** Correlación de PEARSON para las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 3

		Correlaciones				PLOMO_SUELO
		PH	CIC	M.O	C.E	O
PH	Correlación de Pearson	1	-,975 <sup>*</sup>	,970 <sup>*</sup>	,051	,990 <sup>**</sup>
	Sig. (bilateral)		,025	,030	,949	,010
	N	4	4	4	4	4

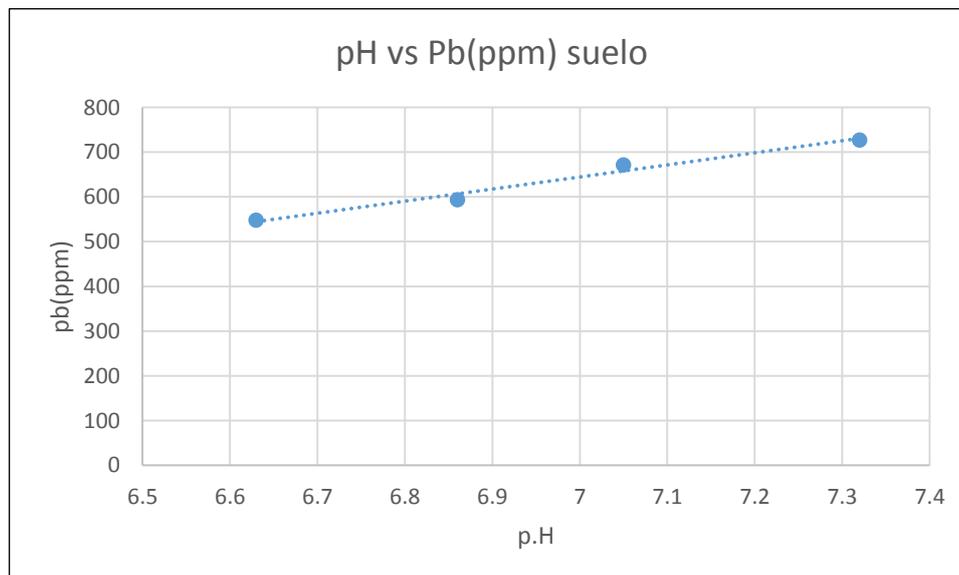
CIC	Correlación de Pearson	-,975*	1	-,996**	,073	-,954*
	Sig. (bilateral)	,025		,004	,927	,046
	N	4	4	4	4	4
M.O	Correlación de Pearson	,970*	-,996**	1	-,150	,937
	Sig. (bilateral)	,030	,004		,850	,063
	N	4	4	4	4	4
C.E	Correlación de Pearson	,051	,073	-,150	1	,186
	Sig. (bilateral)	,949	,927	,850		,814
	N	4	4	4	4	4
PLOMO_SUELO	Correlación de Pearson	,990**	-,954*	,937	,186	1
	Sig. (bilateral)	,010	,046	,063	,814	
	N	4	4	4	4	4

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

\*\*.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafico N°22:** Correlación PEARSON pH VS plomo



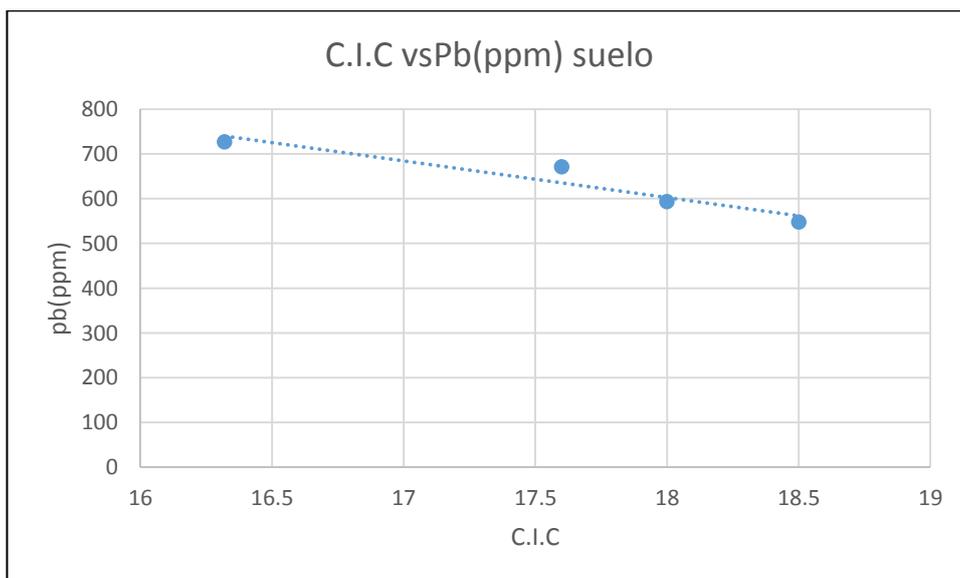
Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°26 se observa un valor de sig. de 0.010 y un coeficiente de correlación de 0.990

**INTERPRETACION:** En la tabla N°24 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.010 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, es decir, el comportamiento del pH tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

En el grafico N°22 se observa que a medida que mi pH fue disminuyendo también fue disminuyendo las concentraciones de plomo del suelo, esto se debe a que al momento que la planta absorbe cationes de plomo disueltos en la solución acuosa del suelo en su organismo, estas liberan iones de hidronio ( $H^+$ ), y estas al entrar en contacto con otros aniones como sulfatos o nitratos forman compuestos que acidifican el suelo y por ende baja el pH.

**Grafico N°23:** Correlación PEARSON capacidad de intercambio catiónico VS plomo



Fuente: Elaboración propia, 2017

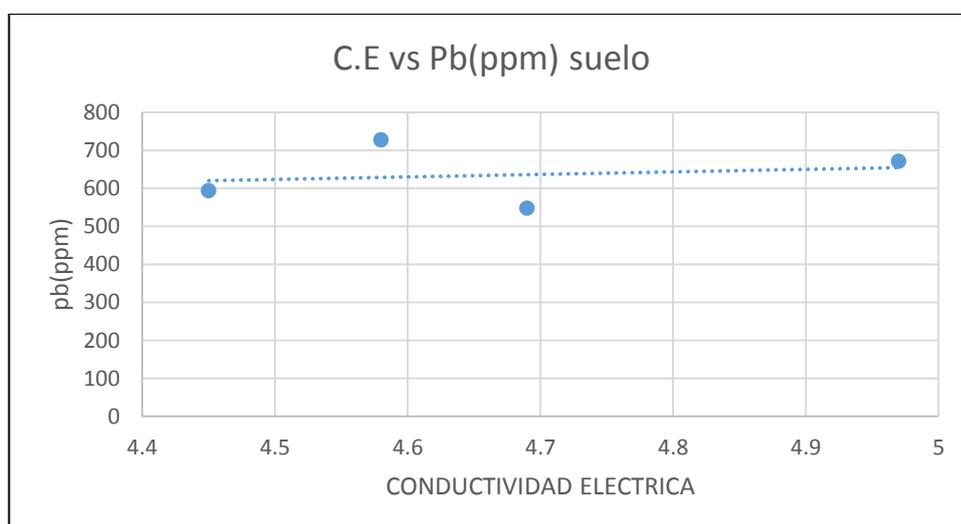
**ANALISIS:** En la tabla N°26 se observa un valor de sig. de 0.046 y un coeficiente de correlación de -0.954

**INTERPRETACION:** En la tabla N°24 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.046 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se

rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, es decir, el comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

En el gráfico N°23 se observa que a medida que mi capacidad de intercambio catiónico fue aumentando, la concentración de plomo del suelo fue disminuyendo, Esto se debe a que a mayor capacidad de intercambio catiónico, mayor será el ingreso de cationes o aniones a la planta, es por ello que mayor fue la entrada de los cationes de plomo disueltos en la solución del suelo en la planta y por ello se evidencia una disminución de las concentraciones de plomo

**Gráfico N°24:** Correlación PEARSON conductividad eléctrica VS plomo

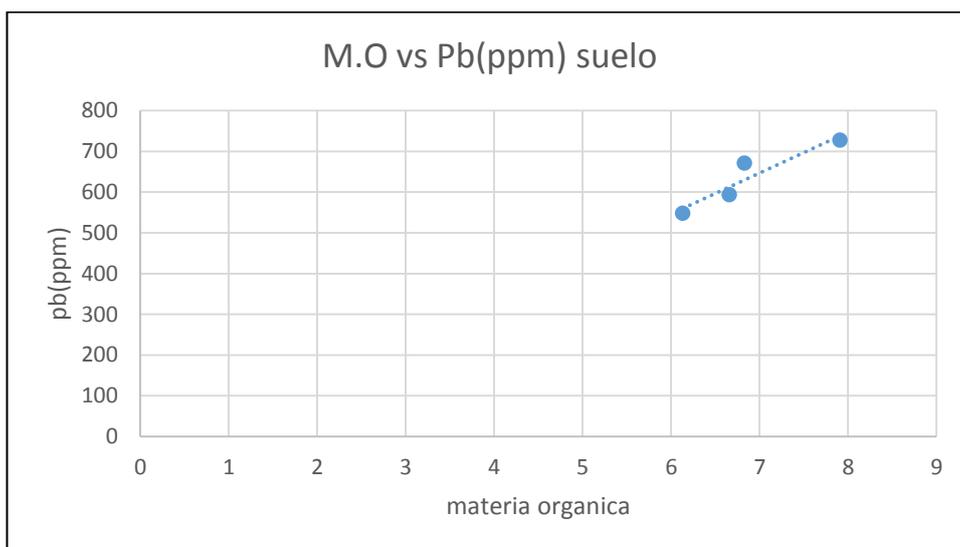


Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANÁLISIS:** En la tabla N°26 se observa un valor de sig. de 0.814 y un coeficiente de correlación de 0.186

**INTERPRETACION:** En la tabla N°24 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.814 fue mayor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza no se rechaza la hipótesis nula, es decir, el comportamiento de la conductividad eléctrica no tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

**Grafico N°25:** Correlación PEARSON materia orgánica VS plomo



Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°26 se observa un valor de sig. de 0.063 y un coeficiente de correlación de 0.937

**INTERPRETACION:** En la tabla N°24 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.063 fue mayor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza no se rechaza la hipótesis nula, es decir, el comportamiento de la materia orgánica no tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

**Tabla N°27:** comportamiento de las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 4

TRATAMIENTO	TIEMPO	Ph	CIC	C,E	M,O	Pb(ppm) suelo
TRAT,4	INICIAL	7,52	15,36	6,94	6,62	792,57
	4 SEMANAS	7,41	16	6,35	6,58	740,4
	8 SEMANAS	7,11	16,5	5,96	6,24	676,48
	12 SEMANAS(FINAL)	6,95	17,51	6,27	5,19	624,66

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Tabla N°28:** Correlación de PEARSON para las características fisicoquímicas del suelo en el tratamiento 4

**Correlaciones**

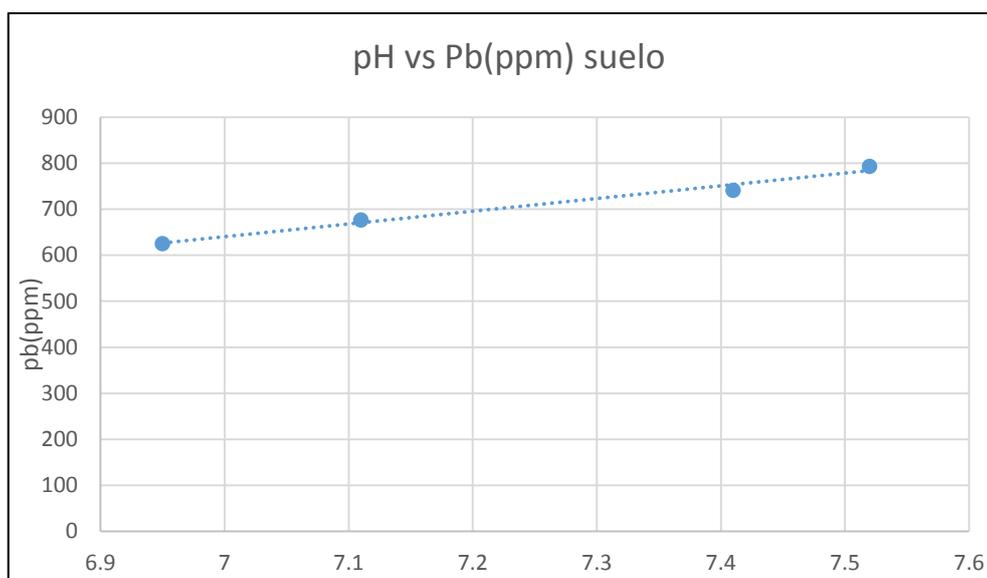
		PH	CIC	C.E	M.O	PLOMO_SUELO O
PH	Correlación de Pearson	1	-,966*	,736	,894	,991**
	Sig. (bilateral)		,034	,264	,106	,009
	N	4	4	4	4	4
CIC	Correlación de Pearson	-,966*	1	-,659	-,945	-,984*
	Sig. (bilateral)	,034		,341	,055	,016
	N	4	4	4	4	4
C.E	Correlación de Pearson	,736	-,659	1	,388	,764
	Sig. (bilateral)	,264	,341		,612	,236
	N	4	4	4	4	4
M.O	Correlación de Pearson	,894	-,945	,388	1	,891
	Sig. (bilateral)	,106	,055	,612		,109
	N	4	4	4	4	4
PLOMO_SUELO	Correlación de Pearson	,991**	-,984*	,764	,891	1
	Sig. (bilateral)	,009	,016	,236	,109	
	N	4	4	4	4	4

\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (2 colas).

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).

Fuente: Elaboración propia, 2017

**Grafico N°26:** Correlación PEARSON pH VS plomo



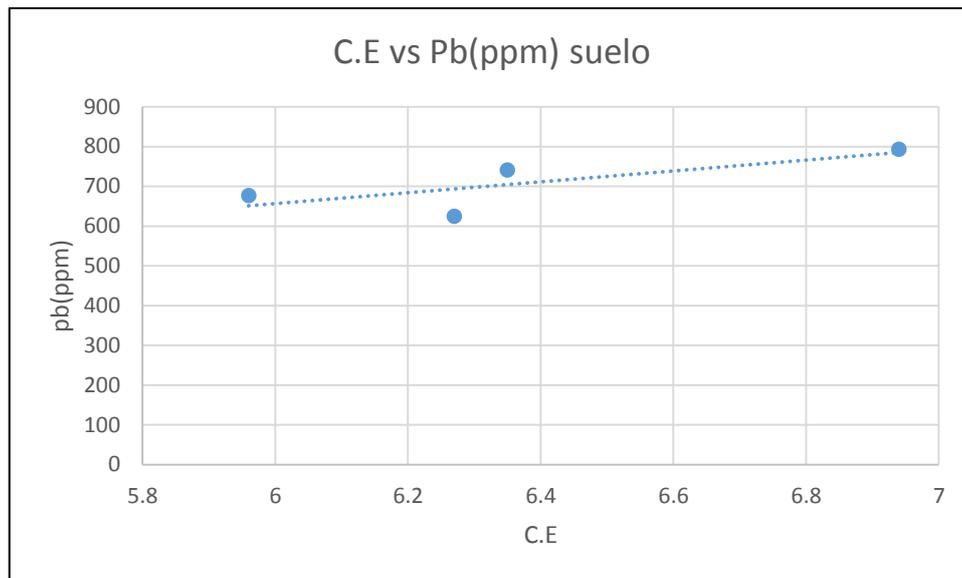
Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°28 se observa un valor de sig. de 0.009 y un coeficiente de correlación de 0.991

**INTERPRETACION:** En la tabla N°28 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.009 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, es decir, el comportamiento del pH tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

En el gráfico N°26 se observa que a medida que mi pH fue disminuyendo también fue disminuyendo las concentraciones de plomo del suelo, esto se debe a que al momento que la planta absorbe cationes de plomo disueltos en la solución acuosa del suelo en su organismo, estas liberan iones de hidronio ( $H^+$ ), y estas al entrar en contacto con otros aniones como sulfatos o nitratos forman compuestos que acidifican el suelo y por ende baja el pH.

**Grafico N°27:** Correlación PEARSON conductividad eléctrica VS plomo

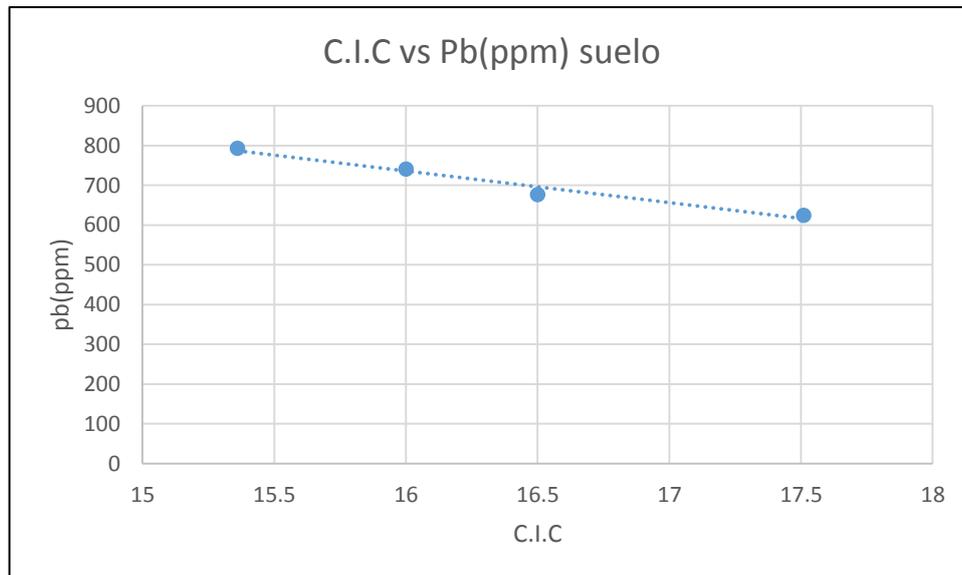


Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°28 se observa un valor de sig. de 0.236 y un coeficiente de correlación de 0.764

**INTERPRETACION:** En la tabla N°28 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.236 fue mayor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza no se rechaza la hipótesis nula, es decir, el comportamiento de la conductividad eléctrica no tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

**Grafico N°28:** Correlación PEARSON capacidad de intercambio catiónico VS plomo



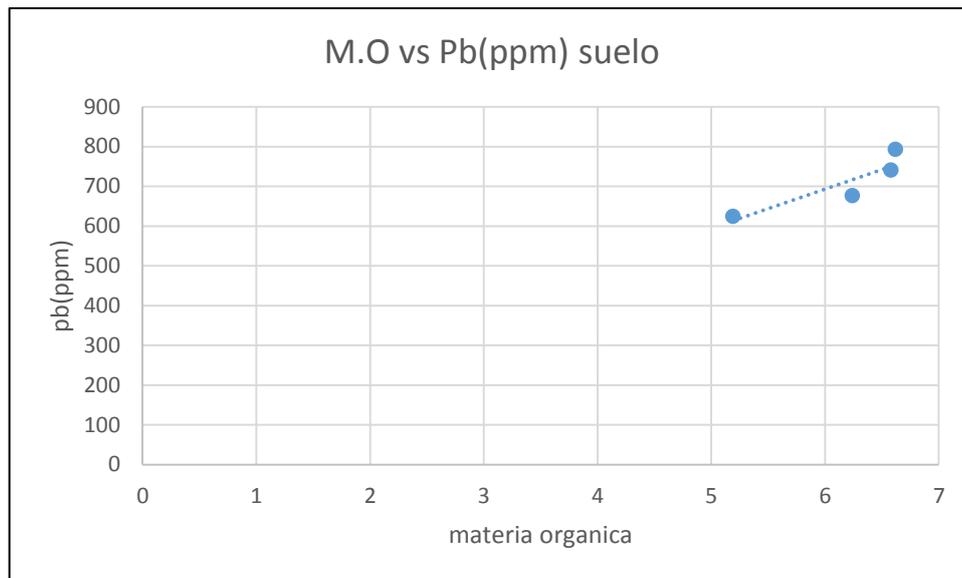
Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°28 se observa un valor de sig. de 0.016 y un coeficiente de correlación de 0.984

**INTERPRETACION:** En la tabla N°28 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.016 fue menor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alterna, es decir, el comportamiento de la capacidad de intercambio catiónico tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

En el grafico N°28/ se observa que a medida que mi capacidad de intercambio catiónico fue aumentando, la concentración de plomo del suelo fue disminuyendo, Esto se debe a que a mayor capacidad de intercambio catiónico, mayor será el ingreso de cationes o aniones a la planta, es por ello que mayor fue la entrada de los cationes de plomo disueltos en la solución del suelo en la planta y por ello se evidencia una disminución de las concentraciones de plomo

**Grafico N°29:** Correlación PEARSON materia orgánica VS plomo



Fuente: Elaboración propia, 2017

**ANALISIS:** En la tabla N°28 se observa un valor de sig. de 0.109 y un coeficiente de correlación de 0.0.891

**INTERPRETACION:** En la tabla N°28 de correlación de Pearson se observa que el valor Sig. = 0.109 fue mayor que 0.05, por lo tanto, al 95% de confianza no se rechaza la hipótesis nula, es decir, el comportamiento de la materia orgánica no tiene relación con la disminución de las concentraciones de plomo del suelo.

#### IV. DISCUSIÓN

-De acuerdo a mis resultados obtenidos sobre mayor concentración de plomo en las hojas del maíz, afirmo los resultados de JIMENEZ (2015), en su investigación de fitoextracción de plomo de un suelo contaminado con el uso de tres quelantes evaluado en maíz e higuierilla, en donde observo que la mayor concentración de plomo se dio en la parte de las hojas y en menor concentración en el tallo.

-TRINIDAD, 2012 afirma que la adición de abonos orgánicos incrementa la disponibilidad de metales y favorece la fitoextracción, ya que el Comparó la acumulación de plomo en la Beta Vulgaris con adición de compost y sin compost, demostrando que la acumulación de plomo aumento de 62.36 ppm a 185.30 ppm, por lo que en mis resultados obtenidos se observó lo contrario, ya que en mi tratamiento 2 donde agregue compost hubo una menor absorción de plomo en la planta.

-MARRERO, COTO, AMORES, (2012) afirma en su investigación que las plantas hiperacumuladoras de metales como el maíz, son capaces de absorber hasta 100 veces más que otras especies, por lo que en mis resultados no se dio estos resultados debido a que el plomo es poco soluble y el pH juega un papel muy importante en la biodisponibilidad del plomo para las plantas.

-HUANG Y CHENG (2011) realizaron estudios sobre la disponibilidad de añadir humus de lombriz a suelos contaminados con plomo para aumentar la acumulación de Pb en las plantas, tales autores añadieron humus de lombriz a un suelo contaminado con plomo (Pb total del suelo de 2500 mg/kg), y la acumulación de plomo en la planta aumentó de menos de 85ppm a más de 150 ppm, para lo cual afirmo que la adición de humus mejora tanto la absorción del plomo y facilita el transporte del plomo en el xilema, ya que en mi tratamiento 3 donde añadí humus se evidencio una mayor concentración de plomo en los tejidos del maíz.

## CONCLUSIONES

- Se concluye que la eficiencia fitoextractora del maiz en los tratamientos 3 y 4 donde se añadió humus y humus + compost respectivamente fue mayor en comparación con el testigo donde no se agregó ningún abono orgánico, ya que en estas dos tratamientos se observó porcentajes de remoción de 24.6% y 21.2% respectivamente.
- Se concluye que la mayor concentración de plomo en todos los tratamientos se dio en la parte de las hojas, con un total de (58.94, 50.33, 69.95, 62.78 ppm) para los tratamientos 1, 2, 3, 4 respectivamente ya que el maiz utiliza el mecanismo de fitoextracción que consiste en absorber el plomo por la raíz y traslocarlo a las partes aéreas (hojas y tallos), pero en mayor cantidad a las hojas.
- Se concluye que cuanto mayor sea el tamaño del maiz mayor será el contenido de plomo en sus tejidos ya que la concentración de plomo en los tejidos del maiz está condicionado con la biomasa aérea que presenta y por ende habrá mayor disminución de plomo del suelo.
- Se concluye que de las características físicas y químicas evaluadas en el suelo a lo largo de 12 semanas, el pH fue quien mayor relación tuvo con la absorción de plomo por la planta y por ende la disminución de plomo en el suelo.
- Asimismo se concluye que se debe realizar plantaciones continuas del maiz en suelo contaminados para lograr remover mayor cantidad de plomo del suelo.
- Se concluye que el uso del compost no es recomendable en la fitoextracción de plomo ya que su remoción fue menor a comparación con el testigo donde no se adiciono compost.

## **RECOMENDACIONES**

-Se recomienda que las plantas con concentraciones de plomo en sus tejidos sean llevados a un relleno de seguridad ya que no puede ser nuevamente aprovechable.

-Se recomienda realizar plantaciones continuas del maiz hasta lograr una disminución de plomo tal que cumpla con el ECA-SUELO.

-Se recomienda disminuir la conductividad eléctrica o salinidad en la aplicación de la fitoextracción, puesto que la alta salinidad pueden afectar a la planta en varias formas.

-Se recomienda emplear plantas hiperacumuladoras de plomo, ya que estas plantas pueden desarrollarse en suelos donde hay altas concentraciones de plomo.

## VII. REFERENCIAS

- ACOSTA, Armas, MONTILLA, Peña. Introducción a la química inorgánica. Universidad nacional de Colombia. 2011. 126 p.
- AGUDELO. L, MACIAS, K, SUAREZ. Fitorremediación: la alternativa para absorber metales pesados de los biosólidos. 2009. 55 p.
- ALKORTA, Irene, HERNANDEZ, Allica, GABIZU, Carmen (et.al). Hallazgos recientes sobre la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados ambientalmente tóxicos y metaloides tales como zinc, cadmio, plomo y arsénico. Ciencias ambientales y biotecnología. 2010. 76 p.
- ALDRICH, Michelle, ELIZEY, Jacob. La absorción de plomo y los efectos de la EDTA sobre el plomo. Concentraciones de tejidos en las especies del mezquite (*propopis spp*).internacional de fitorremediación.2011. 56 p.
- ÁLVAREZ, Matha. Fitorremediación asistida por quelantes. Universidad de Madrid. 2011. 133 p.
- Boyd, R.; Davis, M. A.; Balkwill, K. Elemental patterns in Ni hyperaccumulating and non-hyperaccumulating ultramafic soil populations of *Senecio coronatus*. South African Journal of Botany., 2008. 74 p.
- BARCELO, Jhons, POSCHENRIENDER, Cardín. Especies de plantas mediterráneas para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo, cadmio, zinc y arsénico. Universidad complutense de Madrid. 2009. 23 p.
- BAIZE, D. & STERCKEMAN, T. Of the necessity of knowledge of the natural pedogeochemical background content in the evaluation of the contamination of soils by trace elements. Science of the Total Environment, 2001, 89 p.
- BAUM, S. F., J. G. DUBROVSKY and T. L. Rost. "Apical organization and maturation of the cortex and vascular cylinder in *Arabidopsis thaliana* (Brassicaceae) roots." Am J Bot 2002. 89p.
- BUENDÍA "fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos de petróleo". 2014. 145 p.

- BONILLA. “Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación”. 2013.166 p.
- CONSTANZA. “Aplicación de compost de residuos de flores en suelos ácidos cultivados con maiz (*Zea Mays*)”. 2014. 79.p
- CUEVAS, WALTER. “Metales pesados en el maiz, cultivado en un suelo enmendado con diferentes dosis de compost lodo residual”. 2004.128.p
- DUSHENKOV S. Trends in phytoremediation of radionuclides, *Plant and Soil* 2003.167 p.
- DOLD, B. & FONTBOTÉ, L.A mineralogical and geochemical study of element mobility in sulfide mine tailings of the Fe-oxide Cu-Au deposits from the Punta del Cobre district, northern Chile. *Chemical Geology*, 2002. 135 p
- ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL PERU PARA SUELOS: DECRETO SUPREMO N° 002-2013-MINAM.
- FOSTNER, U. Changes in metal mobilities in aquatic and terrestrial cycles. In “Metal Speciation, Separation, and Recovery”, J.W. 1987. 155 p.
- GARCIA, I y DORRONSORO C. Contaminación por metales pesados. En tecnología de suelo. Universidad de granada. Departamento de edafología y química agrícola.2005. 133 p.
- GUTIERREZ, PASTOR, HERNANDEZ (2012). Respuesta del maiz (*Zea Mays*) en suelos contaminados por metales pesados después de crecer una comunidad de pasto. (2012). 99p.
- HERNANDEZ, Santiago. Nivel de tolerancia de la *Avena sativa*, *Lilliniun multiflorum*, *Phaseolus vulgaris* L y *Medicago sativa* L en suelos contaminados con plomo. Universidad nacional de Madrid. 2011. 124 p.
- HUANG Y CUNNINGHAM. Comparación fitoextractora de maiz (*Zea Mays*) y ambrosia (*Ambrosia artemisiifolia*) vs *Thalspi aestivum*, *thalspi rotundifolium*.2004 133p.
- GAIK, E.: Fertilizantes de plantas, esterilizantes de suelos. Agricultura y contaminación, Gara, Baigorri Argitaletxea, 2007. 160 p.

- GAMIZ, B. ET AL. Organoclays as Soil Amendments to Increase the Efficacy and Reduce the Environmental Impact of the Herbicide Fluometuron in Agricultural Soils. *J. Agric. Food Chem.*, 2010. 58 p.
- (HERRERA, Dina FLORES, Maxwell. Química inorgánica. Universidad nacional de Colombia. 2010. 89 p.
- HUANG, J, y CUNINGGHAM, S. fitorremediación de plomo: variación de especies en captación y translocación de plomo. *Nueva fitología* 2004. pp75-84.
- HUANG, J y CHENG, J. Fitorremediación de suelos contaminados con plomo: papel de los quelatos sintéticos en la Fitoextracción de plomo. *Ciencia ambiental y tecnología*. 2011. Pp. 80-85.
- JIMENEZ, José. Fitoextracción de plomo en un suelo contaminado con <sup>28</sup> uso de tres agentes quelantes en maíz e higuera. Universidad nacional de México. 2015. 45 p.
- LAYTON, D.W. AND BEAMER, P. Migration of Contaminated Soil and Airborne Particulates to Indoor Dust. *Environmental Science & Technology*, 2009. 43 p.
- LEY N° 28271 que regula los pasivos ambientales de la actividad minera
- LIU, G. ET AL. Copper Doping Improves Hydroxyapatite Sorption for Arsenate in Simulated Groundwaters. *Environmental Science & Technology*, (2010).44p.
- LOPEZ, Eduardo, Espinoza, Antonio. El cultivo de maíz en México y la contribución del Fitomejorador para favorecer la autosuficiencia. Universidad autónoma de la Laguna. 2011. pp 596-607.
- MARRERO, Jeannette, AMORES, Isis, COTO, Orquídea. La fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismo en el saneamiento ambiental. Cuba, 2012. 61p.
- MARTIN, Williams. Tendencias de los metales pesados en los sedimentos México. 2009. 85 p.
- MARTÍN-ORTIZ, D.; HERNÁNDEZ-Apaolaza, L. and Gárate, A. (2010). Wheat (*Triticum aestivum*L.) Response to a Zinc Fertilizer Applied as Zinc Lignosulfonate Adhered to a NPK Fertilizer. *J. Agric. Food Chem.* 2010.58 p.

- MARTÍNEZ, Esteban, PALACIO, Andrés. Toxicología ambiental. Universidad de Guadalajara. 2010. 97 p.
- MACIAS, Felipe. Contaminación de suelos: problemática geo ambiental y desarrollo. 2009. pp 53-74.
- MINIÑO.L.et al. Remediación de suelos mediante plantas ígneas.2014.127. p
- ORTIZ, H., TREJO, R., Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite y micorrizas, México, 2009. 20p.
- PINEDA, Horacio. Absorción y translocación de zinc Y Cobre con el girasol (*Helianthus Annuus L*) crecidos en un suelo contaminado con residuos de mina. Universidad de Colima. 2010. 76 p.
- ROMÁN Pilar, MARTÍNEZ María, PANTOJA Alberto. Manual de compostaje. Chile 2013
- SALAS, Sofía, MONTES DE OCA, Darío. Fitoextracción de plomo por *Asphodelus fistulosus* en el suelo modelo. Memorias de XII congreso nacional de biotecnología y bioingeniería. Morelia, Michoacán, México. 2007. 99 p.
- SINEGANI, Khalilikhah. Fitoextracción de plomo por girasol (*Helianthus annuus*): efecto de la movilización y tiempo de aplicación de agente EDTA. Universidad de california. 2008. 125 p.
- SCHINDLER, M. ET ÁL. C. Hydrous Silica Coatings: Occurrence, Speciation of Metals and Environmental Significance. *Environmental Science & Technology*. 2009.43 p.
- SPALDING, P.; BROOKS SCOTT, C. AND WATSON, D.B. Hydrogel-Encapsulated Soil: A Tool to Measure Contaminant Attenuation In Situ. *Environmental Science & Technology*, 2010. 44 p.
- SAKAI, M. ET ÁL. Relationship between Dieldrin Uptake in Cucumber and Solvent-Extractable Residue in Soil. *J. Agric. Food Chem.*2009. 57
- TRINIDAD, Joaquín. Uso de compuestos orgánicos y acelga (*Beta Vulgaris L.*) en la Fitoextracción de plomo en un suelo contaminado. Tesis de licenciatura. Universidad autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 2012. 89 p.

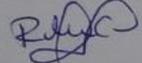
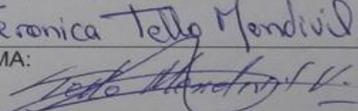
- VOLKE, VELASCO y PEREZ. Suelos contaminados por metales y metaloides: Muestreo y alternativas para su remediación. Instituto nacional de ecología, medio ambiente y recursos naturales. 2011. 122 p.
- WANG. Mensah. Fitoextracción de plomo por *Bidens Maximowicziana* en suelos agrícolas. Universidad de Colombia. 2017. 86 p.
- YLLANES, VELEZ, LOZANO. " Efectos Fito tóxicos del plomo en el maiz en suelo arenoso y limoso. 2011. 159. p

**ANEXOS:**

**Anexo 1: Fichas de recolección de datos durante el tratamiento**

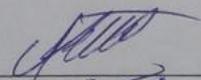
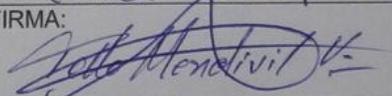
**Ficha de las características fisicoquímicas del suelo**

	<b>FORMATO DE LA CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL SUELO</b>					<b>CODIGO: UCV-FO-001</b>
	<b>VERSIÓN: 001</b>					
<b>TRATAMIENTOS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>INICIAL</b>	<b>DESPUÉS DE 4 SEMANAS</b>	<b>DESPUÉS DE 8 SEMANAS</b>	<b>DESPUÉS DE 12 SEMANAS(FINAL)</b>
	pH	-				
	C.E.	mS/cm				
	M.O.	%				
	P	ppm				
	K	ppm				
	TEXTURA	%				
	CIC CATIONES CAMBIABLES	meq/100g. meq/100g.				

<b>VALIDADO POR:</b>		
<b>NOMBRE Y APELLIDO:</b> RUBEN MUNIVE CERRON	<b>NOMBRE Y APELLIDO:</b> RIMA CABELLO TORRES	<b>NOMBRE Y APELLIDO:</b> Veronica Tello Mendivil
<b>FIRMA:</b> 	<b>FIRMA:</b> 	<b>FIRMA:</b> 
<b>CIP:</b> 38103	<b>CIP:</b> 145791	<b>CIP:</b> 98633

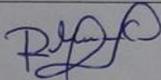
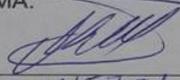
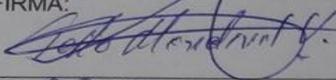
Ficha de muestreo de plomo en suelo

	<b>FORMATO DE CONCENTRACIONES DE PLOMO(ppm) EN EL SUELO</b>			<b>CODIGO: UCV-FO-003</b>
TRATAMIENTOS	INICIAL	DESPUES DE 4 SEMANAS	DESPUES DE 8 SEMANAS	DESPUES DE 12 SEMANAS(FINAL)
TRATAMIENTO 1				
TRATAMIENTO 2				
TRATAMIENTO 3				
TRATAMIENTO 4				

VALIDADO POR:		
NOMBRE Y APELLIDO: RUBEN MUNIBE CERRON	NOMBRE Y APELLIDO: RITA JAQUELINE CABELO TORRES	NOMBRE Y APELLIDO: Veronica Tello Mendivil
FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
CIP: 38103	CIP: 145797	CIP: 98033

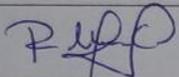
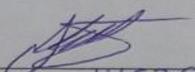
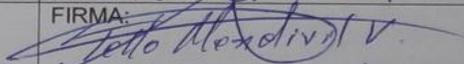
Fichas de muestreo de plomo en el maiz

	FORMATO DE CONCENTRACIONES DE PLOMO(ppm) EN EL MAIZ				CODIGO: UCV-FO-004
	VERSIÓN: 001				
TRATAMIENTOS	TALLOS Y HOJAS	INICIAL	DESPUES DE 4 SEMANAS	DESPUES DE 8 SEMANAS	DESPUES DE 12 SEMANAS(FINAL)
TRATAMIENTO 1	TALLO				
	HOJA				
TRATAMIENTO 2	TALLO				
	HOJA				
TRATAMIENTO 3	TALLO				
	HOJA				
TRATAMIENTO 4	TALLO				
	HOJA				

VALIDADO POR:		
NOMBRE Y APELLIDO: RUBÉN MUNIVE CERRON	NOMBRE Y APELLIDO: RITA CABELLO TORRES	NOMBRE Y APELLIDO: Veronica Jello Mendivil
FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
CIP: 38103	CIP: 145791	CIP: 98633

Ficha del crecimiento del maiz cada semana

	<b>FORMATO DEL CRECIMIENTO DEL MAIZ (ZEA MAYS) EN CENTIMETROS</b>												CODIGO : UCV- FO- 002	
														VERSIO N: 001
<b>TRATAMIENTOS</b>	CODIG O DE SEMILL A	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4	SEMANA 5	SEMANA 6	SEMANA 7	SEMANA 8	SEMANA 9	SEMANA 10	SEMANA 11	SEMANA 12	
	<b>A</b>	1												
		2												
		3												
	<b>B</b>	1												
		2												
		3												
	<b>C</b>	1												
		2												
		3												

VALIDADO POR:		
NOMBRE Y APELLIDO: RUBEN MUNIVE CERRON	NOMBRE Y APELLIDO: RITA JACQUELINE CABELLO TORRES	NOMBRE Y APELLIDO: Verónica Tello Mendivil
FIRMA: 	FIRMA: 	FIRMA: 
CIP: 38103	CIP: 145791	CIP: 98633

## Anexo 2: Validación de Instrumentos

### Ficha validada N° 1

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

#### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Rubén Manive Corón

1.2. Cargo e institución donde labora: Decano de la UCV

1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de aplicación de datos

1.4. Autor(A) de Instrumento: Klinton Benno Vargas Julca

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

**90%**

Lima, 07 de Junio del 2017

RJAD  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 19887810 Tel.: 964538375

Ficha validada N° 2

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Ing. Rita Cabello Torres  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Decana de la UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de evaluación de datos  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: R. Kintous Perna Vargas Julia

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE				ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.													X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.													X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales													X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

X  
95%

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

Lima, 08 de Junio del 2017

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 08994436 Tel. ....

**Ficha validada N° 3**

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Veronica Tello Mendivil  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Directora de la UCV - Escuela Iny Ambiental  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Recolección de datos  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Runtans Benno Vargas Julca

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGIA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%

Lima, 08 de junio del 2017

*[Firma]*  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 8442528 del

**Resultados de análisis inicial de plomo de muestra de suelo tomado del lugar contaminado (Ancash, Catac)**



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



**INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO**

SOLICITANTE : KLINTONS VARGAS JULCA  
PROCEDENCIA : ANCASH/ HUARAZ/ CATAc  
REFERENCIA : H.R. 57860  
BOLETA : 140  
FECHA : 14/03/2017

Lab	Número Muestra	Pb ppm
	Claves	
1927		736.12

*Sady García Bendezu*  
Dr. Sady García Bendezu  
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Resultado de análisis de plomo en el Maiz (hojas y tallos) después de 4 semanas



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : KLINTONS BERINO VARGAS JULCA  
PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO/ VENTANILLA  
MUESTRA : HOJAS Y TALLOS DE MAIZ  
REFERENCIA : H.R. 58492  
BOLETA : 292  
FECHA : 23/05/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
3059	Tratamiento 1-A, Maiz Hoja	22.63
3060	Tratamiento 2-A, Maiz Hoja	22.50
3061	Tratamiento 3-A, Maiz Hoja	23.18
3062	Tratamiento 4-A, Maiz Hoja	22.86
3063	Tratamiento 1-A, Maiz Tallo	17.21
3064	Tratamiento 2-A, Maiz Tallo	17.08
3065	Tratamiento 3-A, Maiz Tallo	17.93
3066	Tratamiento 4-A, Maiz Tallo	17.31



*Sady García Bendejú*  
Dr. Sady García Bendejú  
Jefe de Laboratorio

# Resultado de análisis de plomo en el Maiz (hojas y tallos) después de 8 semanas



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



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : KLINTONS BERINO VARGAS JULCA  
PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO/ VENTANILLA  
MUESTRA : HOJAS Y TALLOS DE MAÍZ  
REFERENCIA : H.R. 58869  
BOLETA : 391  
FECHA : 12/06/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
3795	Tratamiento 1 - B, Hoja	37.76
3796	Tratamiento 1 - B, Tallo	27.96
3797	Tratamiento 2 - B, Hoja	35.28
3798	Tratamiento 2 - B, Tallo	25.99
3799	Tratamiento 3 - B, Hoja	43.93
3800	Tratamiento 3 - B, Tallo	35.55
3801	Tratamiento 4 - B, Hoja	40.29
3802	Tratamiento 4 - B, Tallo	30.80

N.D.: No detectable.

  
Sady García Bendezi  
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Resultado de análisis de plomo en el Maiz (hoja) después de 12 semanas



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

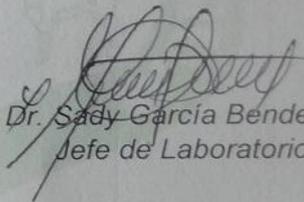


### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : KLINTONS BERINO VARGAS JULCA  
PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO/ VENTANILLA  
MUESTRA : HOJAS DE MAIZ  
REFERENCIA : H.R. 59365  
FECHA : 12/07/2017

N. Lab	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
4448	Tratamiento 1C, maiz hoja	58.94
4449	Tratamiento 2C, maiz hoja	50.33
4450	Tratamiento 3C, maiz hoja	69.95
4451	Tratamiento 4C, maiz hoja	62.78



  
Dr. Sady García Bendezú  
Jefe de Laboratorio

## Resultado de análisis de plomo en el Maiz (tallo) después de 12 semanas



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

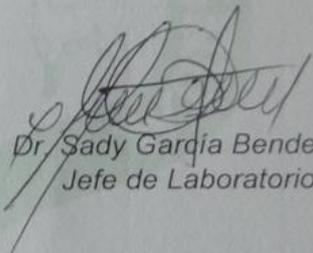


### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : KLINTONS BERINO VARGAS JULCA  
PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO/ VENTANILLA  
MUESTRA : TALLO DE MAIZ  
REFERENCIA : H.R. 59366  
FECHA : 12/07/2017

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Pb ppm
4452	Tratamiento 1C, maiz tallo	43.69
4453	Tratamiento 2C, maiz tallo	40.86
4454	Tratamiento 3C, maiz tallo	54.44
4455	Tratamiento 4C, maiz tallo	49.13



  
Dr. Sady García Bendezú  
Jefe de Laboratorio

## Resultados iniciales de caracterización del suelo (antes del tratamiento)



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



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : KLINTONS BERINO VARGAS JULCA

Departamento : LIMA

Distrito : VENTANILLA

Referencia : H.R. 58369-059C-17

Bolt.: 256

Provincia : CALLAO

Predio :

Fecha : 08/05/17

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C E (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena	Limo	Arcilla			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup> + H <sup>+</sup>			
3324	Tratamiento 1	7.25	4.61	3.30	6.07	265.5	1320	81	13	6	A.Fr.	11.84	6.80	3.23	1.41	0.40	0.00	11.84	11.84	100
3325	Tratamiento 2	7.35	8.38	3.30	8.64	267.1	3500	79	13	8	A.Fr.	11.52	6.34	3.25	1.52	0.41	0.00	11.52	11.52	100
3326	Tratamiento 3	7.32	4.58	3.50	7.91	283.2	1230	81	11	8	A.Fr.	16.32	9.75	4.20	1.84	0.53	0.00	16.32	16.32	100
3327	Tratamiento 4	7.52	6.94	3.10	6.62	285.6	3630	79	13	8	A.Fr.	15.36	8.71	4.40	1.73	0.52	0.00	15.36	15.36	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar = Arcilloso



*De Sady García Bendezy*  
 Jefe del Laboratorio

## Resultados de caracterización del suelo después de 4 semanas



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



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : KLINTONS BERINO VARGAS JULCA

Departamento : LIMA

Distrito : VENTANILLA

Referencia : H.R. 58467-062C-17

Bolt : 284

Provincia : CALLAO

Predio :

Fecha : 16/05/17

Lab	Número de Muestra Claves	pH (1:1)	C.E (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
								Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
3516	Tratamiento 1-A	7.01	5.05	3.40	5.99	311.5	245	76	16	8	Fr.A.	13.40	7.20	3.75	1.83	0.62	0.00	13.40	13.40	100
3517	Tratamiento 2-A	7.23	8.15	3.10	7.50	292.4	227	78	12	10	Fr.A.	12.92	8.97	4.32	1.32	0.31	0.00	12.92	12.92	100
3518	Tratamiento 3-A	7.05	4.97	3.70	6.83	286.0	197	78	14	8	Fr.A.	17.60	10.67	4.05	1.47	1.41	0.00	17.60	17.60	100
3519	Tratamiento 4-A	7.41	6.35	3.20	6.58	281.2	268	78	14	8	Fr.A.	16.00	8.73	4.42	1.91	0.94	0.00	16.00	16.00	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso.



Dr. Gady García Bendejé  
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Resultados de caracterización del suelo después de 8 semanas



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



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : KLINTONS BERINO VARGAS JULCA

Departamento : LIMA  
 Distrito : VENTANILLA  
 Referencia : H.R. 58870-070SC-17

Provincia : CALLAO  
 Predio :  
 Fecha : 09/06/17

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
4176	Tratamiento 1-B	6.92	4.72	3.10	4.77	116.0	747	79	12	9	Fr.A.	14.20	7.75	4.15	1.73	0.57	0.00	14.20	14.20	100
4177	Tratamiento 2-B	7.11	7.13	3.10	6.39	138.4	3015	81	10	9	A.Fr.	13.00	6.44	4.66	1.47	0.43	0.00	13.00	13.00	100
4178	Tratamiento 3-B	6.86	4.45	3.50	6.66	119.8	603	81	12	7	A.Fr.	18.00	10.96	4.81	1.53	0.70	0.00	18.00	18.00	100
4179	Tratamiento 4-B	7.11	5.96	3.50	6.24	143.8	1665	81	14	5	A.Fr.	16.50	8.24	5.83	1.71	0.72	0.00	16.50	16.50	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Sady García Bendezi  
 Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Resultados de caracterización del suelo después de 12 semanas



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



### ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : KLINTONS BERINO VARGAS JULCA

Departamento : LIMA

Distrito : VENTANILLA

Referencia : H.R. 58893-071SC-17

Provincia : CALLAO

Predio :

Fecha : 16/06/17

Número de Muestra		pH (1:1)	C.E. (1:1) dS/m	CaCO <sub>3</sub> %	M.O. %	P ppm	K ppm	Análisis Mecánico			Clase Textural	CIC	Cationes Cambiables					Suma de Cationes	Suma de Bases	% Sat. De Bases
Lab	Claves							Arena %	Limo %	Arcilla %			Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup> + H <sup>+</sup>			
4176	Tratamiento 1-C	6.74	5.11	3.10	4.20	58	210	78	13	9	Fr.A	14.90	8.24	4.32	1.75	0.59	0.00	14.90	14.90	100
4177	Tratamiento 2-C	6.98	7.64	3.10	5.43	73.8	280	80	10	10	A.Fr	13.30	6.88	4.53	1.45	0.44	0.00	13.30	13.30	100
4178	Tratamiento 3-C	6.63	4.69	3.50	6.13	60.2	202	79	13	8	Fr.A	18.50	11.41	4.87	1.52	0.70	0.00	18.50	18.50	100
4179	Tratamiento 4-C	6.95	6.27	3.25	5.19	82.3	220	79	15	6	A.Fr	17.51	8.85	5.89	1.89	0.88	0.00	17.51	17.51	100

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Sady García Bendezi  
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM - Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622 e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Resultado de análisis inicial de plomo en el suelo antes del tratamiento



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : KLINTONS BERINO VARGAS JULCA  
PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO/ VENTANILLA  
REFERENCIA : H.R. 58370  
BOLETA : 256  
FECHA : 08/05/2017

Lab	Número Muestra	Pb ppm
	Claves	
3543	Tratamiento 1	689.27
3544	Tratamiento 2	731.56
3545	Tratamiento 3	727.20
3546	Tratamiento 4	792.57



Dr. Saúl García Bendezi  
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Resultado de plomo en el suelo después de 4 semanas



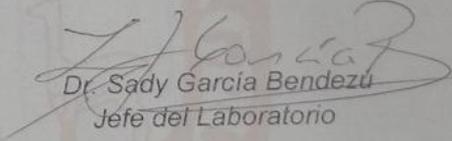
**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : KLINTONS VARGAS JULCA  
PROCEDENCIA : LIMA/CALLAO  
REFERENCIA : H.R. 57728  
BOLETA : 267  
FECHA : 19/05/2017

Lab	Número Muestra	Pb ppm
	Claves	
1675	Tratamiento 1-A	639.43
1676	Tratamiento 2-A	683.98
1677	Tratamiento 3-A	671.09
1678	Tratamiento 4-A	740.40

  
Dr. Sady Garcia Bendezu  
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Resultado de plomo en el suelo después de 8 y 12 semanas



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : KLINTONS BERINO VARGAS JULCA  
PROCEDENCIA : LIMA/ CALLAO/ VENTANILLA  
REFERENCIA : H.R. 59478  
FECHA : 12/07/17

Nº LAB	CLAVES	Pb ppm
4775	Tratamiento 1-B	582.55
4776	Tratamiento 1-C	550.64
4777	Tratamiento 2-B	631.29
4778	Tratamiento 2-C	600.37
4779	Tratamiento 3-B	593.72
4780	Tratamiento 3-C	547.81
4781	Tratamiento 4-B	676.48
4782	Tratamiento 4-C	624.66



*[Signature]*  
Dr. Sady García Bendezú  
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Resultado de plomo en el Compost



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUSTRATO

SOLICITANTE : KLINTONS VARGAS JULCA  
PROCEDENCIA : LIMA  
REFERENCIA : H.R. 57860  
BOLETA : 312  
FECHA : 24/07/2017

Lab	Número Muestra	Pb ppm
	Claves	
1927	Compost	0.00

*Sady Gareña Bendezi*  
Dr. Sady Gareña Bendezi  
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## Resultado de plomo en el Humus



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUSTRATO

SOLICITANTE : KLINTONS VARGAS JULCA  
PROCEDENCIA : LIMA  
REFERENCIA : H.R. 57860  
BOLETA : 313  
FECHA : 24/07/2017

Lab	Número Muestra	Pb ppm
	Claves	
1927	HUMUS	0.00

*Sady García B*  
Dr. Sady García Bendezu  
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

#### Anexo 4: Imágenes del crecimiento del maíz



