Universidad Nacional del Centro del Perú

Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química

Concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en *Cucurbita pepo*

Rosales Tabraj, Boris Enrique

Huancayo
2020

Esta obra está bajo licencia
https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Repositorio Institucional - UNCP

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

"Concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en *Cucurbita pepo*"

PRESENTADA POR:

BORIS ENRIQUE ROSALES TABRAJ

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

Huancayo – Perú

2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
UNIDAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

BACHILLER: BORIS ENRIQUE ROSALES TABRAJ.

Siendo las diecisiete horas, del día domingo seis del mes de setiembre del año dos mil veinte, en la sala virtual de la plataforma G SUITE de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad Nacional del Centro del Perú; con la presencia del jurado examinador, conformado por los catedráticos:

PRESIDENTE	**: Dr. Pascual V. GUEVARA YANQUI.**
SECRETARIO	**: Dr. Orlando A. VILCA MORENO.**
ASESOR	**: Ms. Gustavo S. OSORIO PAGÁN.**
VOCAL (01)	**: Dra. Mensia B. SOLÍS LLALLICO.**
VOCAL (02)	**: Ms. Arturo M. MELGAR MERINO.**
VOCAL (03)	**: Ms. José E. POMALAYA VALDEZ.**

Se reunieron para la sustentación virtual, oral y pública de la Tesis para optar el grado Académico de MAESTRO en INGENIERÍA AMBIENTAL, del Bachiller **BORIS ENRIQUE ROSALES TABRAJ.**

Después de darse lectura al Expediente N° 06199, en el que consta el cumplimiento de todas las disposiciones reglamentarias, los señores miembros del jurado, recepcionaron la Tesis titulada:

" Concentración de metales pesados y la influencia de pH en suelos de Matahuasi y el Mantaro (Junín) en Cucurbita pepo"

Y formuladas las preguntas, estas fueron defendidas y absueltas por el graduando.

Acto seguido el jurado procedió a la votación, el que dio como resultado el siguiente calificativo:

Vocal (01) : *Bueno*.....

Vocal (02) : *Bueno*.....

Vocal (03) : *Bueno*.....

PROMEDIO: *Bueno*.....

Siendo las 18:30.....horas, se dio por concluido el acto de sustentación, firmando al pie los presentes.

Dr. Pascual V. GUEVARA YANQUI
Presidente

Dr. Orlando A. VILCA MORENO.
Secretario

Dra. Mensia B. SOLÍS LLALLICO.
(Vocal 1)

Ms. Arturo M. MELGAR MERINO
(Vocal 2)

Ms. José E. POMALAYA VALDEZ
(Vocal 3)

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

ESCUELA DE POSGRADO

UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

TESIS

"Concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en *Cucurbita pepo*"

PRESENTADA POR:
Boris Enrique Rosales Tabraj

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBADO POR EL JURADO SIGUIENTE

PRESIDENTE: Dr. Pascual V. Guevara Yanqui

SECRETARIO: Dr. Orlando A. Vilca Moreno

PRIMER MIEMBRO: Dra. Mensia B. Solís Llallico

SEGUNDO MIEMBRO: Ms. Arturo M. Melgar Merino

TERCER MIEMBRO: Ms. José E. Pomalaya Valdez

ASESOR DE TESIS: Ms. Gustavo S. Osorio Pagán

Huancayo 06 de setiembre del 2020

DEDICATORIA

A mi esposa Diana por su apoyo moral e incondicional, a mi hijo Mateo por ser el motor que me impulsa a ser mejor cada día, a los dos con todo el amor del mundo.

A mis padres, Humberto Rosales (que desde el cielo me cuida y Vilma Tabraj, a quienes les debo la vida y mi formación profesional. Con mucho amor, gratitud, respeto y admiración.

A mis hermanas Rocío y Jessica por su amor, confianza y apoyo. A mis sobrinos Sahori, Angeles, Kevin y Miguel.

AGRADECIMIENTOS

A Dios

A la E.E.A. – UNCP El Mantaro.

Al IRD-Instituto Regional de Desarrollo Sierra La Molina.

Al Mg. Ing. Gustavo Santiago Osorio Pagán, mi asesor, amigo y guía en todo el trabajo de investigación.

A todas las personas que de una u otra manera me apoyaron durante el desarrollo del trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

Carátula	i
Acta de sustentación	ii
Hoja de firmas	iii
Dedicatoria	iv
Agradecimientos	v
Índice general	vi
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
Introducción	1

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1	Antecedentes de la Investigación	4
1.2	Bases teóricas y conceptuales	7
1.3	Definición de términos básicos	22
1.4	Hipótesis de investigación	24
1.5	Operacionalización de las variables	25

CAPÍTULO II
DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Tipo y nivel de investigación	26
2.2. Métodos de investigación	26
2.3. Diseño de la investigación	26
2.4. Población y muestra	27

2.4.1 Población 27

2.4.2 Muestra 27

2.4.3 Técnica de muestreo 27

2.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos 28

2.6. Técnica de procesamiento de datos 28

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADO

3.1. Presentación, análisis e interpretación de los datos 29

3.2. Análisis Fisicoquímico del suelo 30

3.3. Proceso de la prueba de hipótesis 31

3.4. Resultados de la investigación 32

3.5. Análisis de varianza del contenido de metales pesados en el suelo – inicio y final 40

Conclusiones 45

Recomendaciones 46

Referencias bibliográficas 47

Anexos 62

Índice de tablas

Tabla 1. Análisis fisicoquímico de los suelos de El Mantaro y Matahuasi

Tabla 2. El pH de los suelos de El Mantaro y Matahuasi

Tabla 3. Contenido inicial de metales pesados de acuerdo al pH del suelo

Tabla 4. Análisis final de metales pesados del suelo

Tabla 5. Contenidos de metales en la raíz de *Cucurbita pepo*

Tabla 6. Contenidos de metales en el tallo de *Cucurbita pepo*

Tabla 7. Contenido de metales en las hojas de *Cucurbita pepo*

Tabla 8. Contenido de metales en el fruto de *Cucurbita pepo*

Tabla 9. Análisis de Varianza del contenido de metales pesados en el suelo (análisis Inicial)

Tabla 10. Prueba de significación de los promedios de las concentraciones de los metales pesados (inicial), según Duncan

Tabla 11. Análisis de Varianza del contenido de metales pesados en el suelo (análisis final)

Tabla 12. Prueba de significación de los promedios de las concentraciones de los metales pesados (final) según Duncan.

Tabla 13. Clasificación de los suelos según el valor del pH.

Tabla 14. Capacidad de Intercambio Catiónico CIC

Tabla 15. Contenido total y absorción por la planta

Tabla 16. Contenido total y absorción por la planta

Tabla 17. Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo

Índice de figuras

Figura 1. El pH de los suelos de El Mantaro y Matahuasi

Figura 2. Contenido inicial de metales pesados de acuerdo al pH del suelo.

Figura 2.1. Influencia del pH en la concentración de metales pesados en suelos de El Mantaro y Matahuasi

Figura 3. Análisis final de metales pesados del suelo

Figura 4. Contenidos de metales en la raíz de *Cucurbita pepo.*

Figura 5. Contenidos de metales en el tallo de *Cucurbita pepo*

Figura 6. Contenido de metales en las hojas de *Cucurbita pepo*

Figura 7. Contenido de metales en el fruto de *Cucurbita pepo*

Figura 8. Absorción de As en diferentes partes de la planta de *cucurbita pepo*

Figura 9. Absorción de Cd en diferentes partes de la planta de *cucurbita pepo*

Figura 10. Absorción de Pb en diferentes partes de la planta de *cucurbita pepo*

Figura 11: Mapa del lugar de instalación del lote 5b de la Estación Experimental Agropecuaria (E.E.A.) El Mantaro, Junín

Figura 12: Fotografía satelital del lugar de instalación del lote Camino Inca del IRD Yanamuclo Matahuasi

Figura 13: Fotografía del lote 5b

Figura 14: Fotografía del lote Camino Inca

Figura 15: Fotografía de la toma de muestra inicial del suelo del lote 5b

Figura 16: Fotografía de la toma de muestra in inicial del lote Camino Inca

Figura 17. Fotografía de siembra de *Cucurbita pepo* en El Mantaro

Figura 18. Fotografía de siembra de *Cucurbita pepo* Matahuasi

Figura 19. Fotografía del tapado de semilla de *Cucurbita pepo* en El Mantaro

Figura 20. Fotografía de tapado de semilla de *Cucurbita pepo* en Matahuasi

Figura 21. Fotografía emergencia de *Cucurbita pepo* en El Mantaro

Figura 22. Fotografía emergencia de *Cucurbita pepo* en Matahuasi

Figura 23. Fotografía deshierbo y establecimiento de *Cucurbita pepo* en El Mantaro

Figura 24. Fotografía de deshierbo y establecimiento de *Cucurbita pepo* en Matahuasi

Figura 25. Fotografía de producción de fruto de *Cucurbita pepo*

Figura 26. Toma de muestras de la raíz de *Cucurbita pepo* en El Mantaro y Matahuasi

Figura 27. Toma de muestras del tallo de *Cucurbita pepo* en el Mantaro y Matahuasi

Figura 28. Toma de muestras de las hojas de *Cucurbita pepo* en El Mantaro y Matahuasi

Figura 29. Toma de muestras del fruto de *Cucurbita pepo* en El Mantaro y Matahuasi

Figura 30. Fotografía de toma de muestra de suelo para análisis final

Figura 31. Fotografía de picado de raíces de *Cucurbita pepo* para análisis de metales pesados en laboratorio

Figura 32. Fotografía de picado de hojas de *Cucurbita pepo* para análisis de metales pesados en laboratorio

Figura 33. Fotografía de picado de tallos de *Cucurbita pepo* para análisis de metales pesados en laboratorio

RESUMEN

La acumulación de metales pesados en suelos regados con aguas del canal CIMIRM, se agudiza últimamente. La literatura especializada, no aborda con claridad el efecto del pH en la fitoextracción con *Cucurbita pepo*. El Objetivo del trabajo fue determinar la concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en *Cucurbita pepo*. En las corridas experimentales se incluyó el análisis inicial y final de los suelos, 10 plantas de calabacita por tratamiento, seccionando raíz, tallo, hojas y fruto para analizar la concentración de metales pesados, se aplicó el diseño completamente aleatorizado con grupo de control y posprueba. Resultados: Matahuasi tuvo pH 8,00, El Mantaro pH 7,62. En el análisis inicial del suelo, Matahuasi tuvo Arsenico 28,270, Cadmio 4,099 y Plomo 40,910 mg/kg. El Mantaro tuvo Arsénico 24,270, Cadmio 2,902 y Plomo 40,470 mg/kg. En el análisis final Matahuasi tuvo Arsénico 22,200, Cadmio 2,062 y Plomo 20,820 mg/kg. El Mantaro tuvo Arsénico 13,600, Cadmio 1,051 y Plomo 32,320 mg/kg. En Matahuasi el contenido en la raíz fue Arsénico 2,81, Cadmio 0,30, y Plomo 1,39 mg/kg, en el tallo Cadmio 0,04 mg/kg, en las hojas Arsénico 1,20, Cadmio 0,08 y Plomo 0,50 mg/kg y en el fruto no hubo presencia. En El Mantaro, en la raíz tuvo Arsénico 1,79, Cadmio 0,10 y Plomo 0,92 mg/kg respectivamente, en el tallo no se detectó metales pesados, en hojas Arsénico 0,98, Cadmio 0,10, y Plomo 0,40 mg/kg y en el fruto no hubo presencia de metales pesados.

Palabras claves: *Cucurbita pepo*, Fitorremediación, metales pesados, planta extractora.

ABSTRACT

The accumulation of heavy metals in soils irrigated with waters of the CIMIRM channel has been sharpening lately. The specialized literature does not clearly address the effect of pH on phytoextraction with *Cucurbita pepo*. The objective of the work was to determine the concentration of heavy metals and the influence of pH in soils of Matahuasi and El Mantaro (Junín) in *Cucurbita pepo*. In the experimental runs, the initial and final analysis of the soils, 10 zucchini plants per treatment, sectioning root, stem, leaves and fruit to analyze the concentration of heavy metals was included, the completely randomized design with control and post-test group was applied. Results: Matahuasi had pH 8.00, El Mantaro pH 7.62. In the initial soil analysis, Matahuasi had Arsenic 28,270, Cadmium 4,099 and Lead 40,910 mg / kg. The Mantaro had Arsenic 24,270, Cadmium 2,902 and Lead 40,470 mg / kg. In the final analysis Matahuasi had Arsenic 22,200, Cadmium 2,062 and Lead 20,820 mg / kg. The Mantaro had 13,600 Arsenic, 1,051 Cadmium and 32,320 mg / kg Lead. In Matahuasi the root content was Arsenic 2.81, Cadmium 0.30, and Lead 1.39 mg / kg, on the Cadmium stem 0.04 mg / kg, on the Arsenic leaves 1.20, Cadmium 0.08 and Lead 0.50 mg / kg and in the fruit there was no presence. In El Mantaro, in the root it had Arsenic 1.79, Cadmium 0.10 and Lead 0.92 mg / kg respectively, in the stem no heavy metals were detected, in Arsenic leaves 0.98, Cadmium 0.10, and Lead 0.40 mg / kg and in the fruit there was no presence of heavy metals.

Keywords: *Cucurbita pepo*, Phytoremediation, heavy metals, extraction plant.

INTRODUCCIÓN

En el valle del Mantaro los riegos de tierras agrícolas se realizan con aguas del canal CIMIRM, provenientes del rio Mantaro que contienen As, Pb y Cd, estos metales pesados llegan a ser los de mayor incidencia acumulativa, en niveles que sobrepasa los LMP.

Para el tratamiento de estos suelos existen diferentes procesos biotecnológicos para limpiarlos, destacando los procesos de biorremediación. Este fenómeno está influenciado por diferentes variables como tipo de planta, especie, cantidad de metal, tipo de metal, entre otros, de los cuales se desconoce el lugar de la planta donde hay mayor acumulación de estos elementos, que permitirá comparar la capacidad fito extractiva que tienen.

El cultivo de *Cucurbita pepo* es muy importante para la dieta alimenticia del hombre y en el valle del Mantaro se cultiva a baja escala, desarrollándose en estos suelos con elevadas concentraciones de metales pesados, es importante saber cuánto es la concentración de estos metales en este cultivo y determinar si están dentro de los LMP para consumo humano. Así mismo, el cultivo de calabacín es un buen extractor de cadmio de los suelos contaminados (Beltrán 2001).

La gran mayoría de estos suelos presentan cantidades variables de metales pesados (As, Cd y Pb) que son movilizados, por diferentes actividades industriales y agrícolas. Con la utilización del cultivo de *Cucurbita pepo* como planta remediadora (fitoextractora), se utilizará una buena tecnología de solución para la eliminación de dichos metales que beneficiará directamente al agricultor y a los consumidores, ya que sabrán si este cultivo concentra en el fruto los metales pesados y si están dentro de los LMP. Así mismo, indirectamente se contribuirá al estudio de nuevas plantas extractoras cultivables de metales pesados propias de la zona.

El problema general del trabajo de investigación es que el As, Cd y Pb es creciente en la contaminación ambiental a nivel mundial; estos contaminantes pueden encontrarse en el aire, agua y suelo, y a diferencia de los compuestos orgánicos, estos no pueden ser biodegradados; además, pueden acumularse en plantas, pasar luego a los animales y finalmente a los seres humanos, a esto

preguntamos:

¿Cuál es el grado de concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en *Cucurbita pepo*? Los Problemas específicos son**:** ¿Cómo varía el pH de los suelos contaminados con metales pesados de las localidades de Matahuasi y El Mantaro- Junín?, ¿Cómo varía la concentración inicial de metales pesados por la influencia del pH de los suelos de Matahuasi y El Mantaro - Junín?, ¿Cuál es la concentración de metales pesados en el cultivo de calabaza (*Cucurbita pepo*) en las localidades de Matahuasi y El Mantaro - Junín?, ¿Cuál es el grado de concentración final de metales pesados en los suelos agrícolas de Matahuasi y El Mantaro - Junín? y ¿Cómo influye el pH en la complejización de los metales pesados en el suelo?.

Los objetivos propuestos para el trabajo de investigación son, objetivo general**,** determinar la concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en *Cucurbita pepo*, como objetivos específicos, determinar la variación del pH de los suelos contaminados con metales pesados de las localidades de Matahuasi y El Mantaro- Junín, determinar la concentración inicial de metales pesados por la influencia del pH de los suelos de Matahuasi y El Mantaro – Junín, determinar la concentración de metales pesados en el cultivo de calabaza (*Cucurbita pepo*) en las localidades de Matahuasi y El Mantaro – Junín, determinar el grado de concentración final de metales pesados en los suelos agrícolas de Matahuasi y El Mantaro - Junín y determinar si el pH influye en la complejización de los metales pesados en el suelo.

La tesis para una mejor comprensión se ha dividido en los siguientes capítulos: El capítulo I, se hace referencia al marco teórico, en la cual se mencionan los antecedentes nacionales e internacionales, que sirven como referencia del trabajo de investigacion, los soportes teóricos y conceptuales que fundamentan las variables estudiadas, se detallan las definiciones de términos básicos más utilizados en el presente trabajo de investigación y al final se detallan las hipótesis y la operacionalización de todas las variables estudiadas.

El capítulo II*,* expone el diseño metodológico, se explican el tipo y nivel de investigación, también los métodos y diseño de la investigación; el modelo aditivo lineal, la población, la muestra, las técnicas de muestreo, los instrumentos y técnicas

utilizados en la recopilación, procesamiento y representación de datos.

El capítulo III, detalla la presentación, los análisis, la interpretación, la discusión de los datos, el proceso de la prueba de hipótesis, los resultados de la investigación y los análisis de varianza. Al final se detallan las conclusiones del trabajo, las recomendaciones, la bibliografía y los anexos.

CAPÍTULO I
MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes o marco referencial

Maquerhua y Valverde (2012) en su tesis de pregrado:

"Evaluación del nivel de contaminación de los suelos en el distrito El Mantaro provincia de Jauja". Sustentada en la Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo – Perú. Tuvo como objetivo de su trabajo de investigación el de evaluar el nivel de contaminación que tienen los suelos de El Mantaro y determinar si son adecuados para la agricultura. Los suelos agrícolas elegidos para este estudio 4tálic de la Estación Experimental Agropecuaria El Mantaro de la Universidad Nacional del Centro del Perú, que son irrigados con aguas provenientes del canal CIMIRM que captan sus aguas del rio Mantaro. Los resultados fueron los siguientes: del análisis por el método de Inducción de Plasma Acoplada (ICP), se hallaron concentraciones elevadas, superando los límites máximos permitidos por la norma canadiense para los metales As, B, Cd y Zn. Nuestro país todavía no cuenta con estándares de calidad ambiental para suelos, debido a esto se tomó de referencia las normas canadienses. La cantidad de As fue de 48,3 ppm es un 302,5% superior al nivel de referencia; el contenido de boro encontrado fue de 11,4 ppm excediendo en 470 % al límite referencial; la cantidad de cadmio de 4,28 ppm excede en 198,6 % al límite máximo referencial; y el contenido de zinc 777,9 ppm es superior al nivel de referencia en 288,95%. Los demás metales analizados, no fueron superiores a los límites de referencia; y se sugiere aplicar técnicas de remediación a los suelos agrícolas de la E.E.A El Mantaro, realizando la fitorremediación con Ray Grass (*Lolium perenne*) y el girasol (*Helianthus annuus* L.).

Según Avelino (2013), en su trabajo de tesis de maestría:

"Eficacia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en Villa de Pasco", sustentada en el Callao Lima- Perú. Tuvo de objetivo general, determinar las especies fitoextractoras más eficaces para remediar los suelos contaminados por elementos metálicos, producidos por la actividad minera en Villa de Paseo, durante los meses de enero a julio del 2012. Los resultados fueron los

siguiente: las concentraciones de los metales en las hojas de las cuatro especies, demostraron que el *Sonchus oleraceus* (especie A), presentó mayor eficacia para absorber arsénico, el *Lepidium bipinnatifidum* (especie B), es más eficaz para absorber el cadmio, mientras que el *plantago orbignyana* (especie C) es más eficaz para absorber el plomo y el *Bidens triplinervia* (especie D) es más eficaz para absorber el zinc; luego se determinó el índice de bioconcentración y el factor de remediación de las especies, que indican que estás especies representan un gran potencial para remediar suelos contaminados por metales, concluyendo que los suelos de Villa de Paseo están remediados y no existen ningún riesgo para la salud humana, el ecosistema y posteriormente podría desarrollarse las actividades agrícolas en la zona.

Solís *et al*. (2012) en su trabajo de investigación titulado:

"Distribución de biomasa y acumulación de plomo en calabacita (*5tálica5a pepo* L.). Cultivada en suelo contaminado". Realizado en la Universidad Autónoma Chapingo – México. Observaron que la altura de planta fue significativamente menor cuando se aplicaron plomo a dosis diferentes. También observaron que, en raíz y tallo la mayor acumulación de biomasa se produjo con una dosis de 300 ppm y en el fruto con 65 ppm de plomo, en tanto que, la biomasa total y las unidades SPAD (clorofila) no resultaron afectadas. A bajas dosis de plomo, en las estructuras comestibles, la flor fue la estructura que presentó una mayor acumulación del metal que el fruto. El autor sugiere que es conveniente evaluar el contenido de metales pesados en productos agrícolas para consumo humano, aun cuando provengan de suelos contaminados sin intención.

Según Beltrán (2001), en su tesis de maestría:

"Fito extracción en suelos contaminados con cadmio y zinc usando especies vegetales comestibles" sustentada en México D.F. Su objetivo fue evaluar la capacidad de asimilación y concentración de cadmio y zinc por las especies vegetales mencionadas como un proceso de restauración de suelos contaminados. Llegando a los siguientes resultados: encontraron que la inhibición en el crecimiento vegetal fue elevada en suelos contaminados con Cd y Zn y menor grado en suelos contaminados con Cd, comparándolos con especies vegetales que crecen

en los suelos “testigo”. El calabacín (sin inhibición alguna) fue la especie de mayor tolerancia a la presencia de cadmio, le siguió la lechuga (con hasta 29%) con sus dos variedades y la que tuvo menor tolerancia en estas condiciones del experimento fue el girasol (32%), para el caso de Cd y Zn fue la lechuga (21%), (var. Crispa), seguido por el girasol (40%), la lechuga con su otra variedad (42%), y finalmente el calabacín (73%). La capacidad de asimilación y acumulación de cadmio en el tejido vegetal también se evaluaron, en el suelo con Cd, donde se presentaron concentraciones de hasta 357 ppm de Cd (mg Cd/kg de tejido seco) en las raíces, 212 ppm, en los tallos, en las hojas 204 ppm, en las flores 18 ppm y en los frutos 12 ppm. La presencia de Cd y Zn que son los dos metales que mas contaminan el suelo de manera simultánea, causa una inhibición en el crecimiento vegetal, pero no afectó en la asimilación y extracción del Cd por las plantas, incluso lograron absorber mayor cantidad de Cd cuando hubo presencia de Zn. Se realizó un análisis del transporte de contaminantes, donde el girasol y la lechuga romana transportaron mayor cantidad de Cd a la parte superior de la planta (tallos y hojas), el calabacín y la lechuga de hoja rizada acumularon en mayores proporciónes en las raíces. Estas especies vegetales llegaron a reducir hasta en un 50% de Cadmio en los dos sustratos contaminados. La lechuga fue la especie más eficiente en el proceso de fitoextracción de Cadmio, seguido del calabacín y al final fue el girasol en el suelo con Cd. El calabacín en el suelo con Cd y Zn fue el menos eficiente.

Según Núñez, *et al*, (2008), en su trabajo de investigación:

“Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio y níquel) en rábano (*Raphanus sativus* L.), brócoli (*Brassica oleracea* L. var. 6tálica) y calabacín (*Cucurbita pepo* L. var. 6tálica)”. Realizada en México D.F. reportó el siguiente resultado de los análisis que arroja que, en cuanto al contenido de plomo, cadmio y níquel, todas las muestras presentaron una concentración por debajo del límite de detección del equipo, lo mismo sucedió con el aluminio en calabacín, sin embargo, una concentración considerable de este elemento fue detectada en rábano y brócoli.

1.2 Bases teóricas y conceptuales

Suelos contaminados por metales pesados

Los suelos agrícolas del valle del Mantaro Jauja, Junín, se vienen regando con aguas del canal CIMIRM, provenientes del rio Mantaro contaminadas con metales pesados, ya que es la única fuente de agua disponible para sus cultivos.

Los contaminantes emitidos al medio ambiente y que son de origen antrópico, llegan a parar al suelo que es uno de los principales receptores actuando como tampón natural y como un sumidero geoquímico controlando que estos contaminantes lleguen a otros compartimientos del medio por transferencia (Kabata-Pendias & Pendias, 1992).

En los suelos de los distritos de El Mantaro y Matahuasi el uso de productos químicos usados en la agricultura, viene a ser una fuente de contaminación, de ya que las actividades principales de estos lugares son la agricultura y ganadería.

Las actividades agrícolas, las industriales y las domésticas son fuentes principales antropogénicas que contaminan los suelos. Los residuos de estas fuentes de contaminación llegan al suelo fundamentalmente a través de sus depósitos incontrolados, también provienen del uso de plaguicidas, fertilizantes, abonos orgánicos como el estiércol y el compost, el vertimiento de lodos residuales, las emisiones gaseosas o líquidas emitidas por las industrias, vertidos de aguas residuales e industriales, de la combustión de los combustibles fósiles, de las actividades extractivas de la minería, de mareas negras, actividades militares y tiro deportivo (Alloway, 2010; Nagajyoti *et al*., 2010; Selim, 2013; Arenas-Lago, 2015).

De todas las actividades mencionadas provienen las principales sustancias como metales y no metales (As, Cd, Cr,Co, Cu, Hg, Pb, Ba Mo, Ni, Se, Sb, Zn, etc.), compuestos inorgánicos (NH^{4+}, F^{-}, CN^{-}, S^{-2}, Br^{-}, $PO4^{-3}$, etc.) causantes de estos problemas de contaminación en el suelo, también los compuestos aromáticos y poliaromáticos, hidrocarburos clorados y los agroquímicos propios del uso en la agricultura (Yaron *et al*., 1996; Alloway, 2010).

Existen muchas vías de entrada para que estos metales pesados lleguen al suelo ya sea por el riego con aguas residuales, deposiciones provenientes de la atmosfera, el uso de productos agrícolas y los residuos sólidos, pero representan un problema

importante aquellos que provienen de las actividades mineras y de los procesos industriales (Su *et al*., 2014).

Los metales pesados acumulados por mucho tiempo en suelos del valle del Mantaro contaminan a los cultivos y a los animales que lo consumen acumulándose en sus órganos y transfiriéndoles al hombre cuando son consumidos. Cuando existe contaminación a causa de los metales pesados, se genera principalmente una degeneración química, con su respectivo riesgo tóxico, conllevando en el medio a una presencia irregular de metales pesados para los seres humanos y la biota (Kabata-Pendias, 2004; Tyler *et al.*, 1989a, b; Ortiz *et al.*, 2007).

Los metales pesados al acumularse en el suelo producen la degradación y pérdida de productividad de los cultivos, a la vez pueden contaminar las aguas superficiales y precipitarse por lixiviación a las aguas subterráneas contaminando la napa freática del suelo, también puede aumentar la posibilidad que puedan ser asimilados por las plantas y ser consumidos por los animales, afectando desfavorablemente a todos los seres vivos e ingresando a la cadena trófica por bioacumulación (Lee *et al*., 2005; Cui *et al*., 2006).

La descarga de relaves mineros a las aguas del rio Mantaro y que estas son captadas por el canal CIMIRM, estas aguas son usadas para regar sus cultivos en los distritos en mención, contribuye a la contaminación de los suelos ya que contienen en mayor cantidad metales como el arsénico, cadmio y plomo entre otros. Algunos autores mencionan que, cuando se utiliza para el riego de cultivos agrícolas aguas contaminadas con metales pesados, se genera una acumulación de metales en el suelo, que pasa a la vegetación y cultivos agrícolas y cuando son consumidas por los animales y los humanos se transfiere el contaminante en forma pre concentrada (OMS, 2013; Krueger *et al*., 2013; Dueñas, 2014).

Las propiedades y características edáficas del suelo determinan la capacidad de filtrar, amortiguar y transformar los contaminantes y su interacción con estos. Con estas características edáficas la respuesta del suelo son determinados por diversos componentes, definiendo su capacidad intrínseca de amortiguar la contaminación generada por los metales pesados (Batjes, 2000).

Los metales pesados

Los mayores contaminantes de los suelos son los llamados metales pesados, estos son usados ampliamente en la agricultura, minería, fundición, galvanoplastia, en el refinado del oro, en la gasolina, explosivos entre otros (Gupta *et al*., 2013; Infante *et al*., 2013). Estos metales pesados poseen un peso atómico que va desde 63,55 (Cu) y 200,59 (Pb), el cual son considerados como metales pesados y al estar en concentraciones elevadas en el suelo agrícola, resultan dañinos para las plantas y los animales que los consumen (Rodríguez *et al*., 2006 a, b; Gunnar, 2012). Según su origen los metales pesados se clasifican en geogénicos, cuando la formación del suelo proviene de la roca madre (Diez *et al*., 2009). Y llamados antropogénicos, cuando provienen de desechos peligrosos debido a las actividades industriales, residuos sólidos urbanos, mineras y agrícolas (Falcó y Martí, 2012). Cuando los metales pesados se acumulan progresivamente por un largo periodo de tiempo, se corre el riesgo de que las aguas subterráneas se contaminen, se puedan transferir a otros medios naturales y su inminente entrada a la cadena trófica, etc., produciéndose una amenaza al equilibrio de los ecosistemas y a la salud humana (Becerril Soto *et al*., 2007).

En muchas partes del planeta una fuente importante de metales en el suelo lo constituyen las prácticas agrícolas, especialmente en lugares donde se practica una intensa actividad agrícola Alloway,1995). También menciona Alloway (1995) que las fuentes principales son:

- Las impurezas de los fertilizantes químicos como el Pb, Cr, Cd, Mo, Zn, etc.
- Las aguas y fangos residuales; como el Pb, Cu, Cd, Zn, Ni, etc.
- El estiércol que generan los cerdos y aves, como el As, Cu y Zn.
- Los Plaguicidas, que tienen metales como el Pb, Cu, Hg, As, Zn y Mn.
- Los residuos procedentes de los fertilizantes orgánicos como el Pb, Cd, Ni y Zn.

Cuando los metales pesados se incorporan al suelo siguen cuatro mecanismos distintos, quedarse acumulado en el suelo, diluido en la fase acuosa apoderándose de los sitios de intercambio o ser absorbidos de manera específica por los compuestos inorgánicos presentes en el suelo, que están asociadas con la materia orgánica existentes en el suelo, pueden precipitarse en forma de sólidos puros o mixtos; también las plantas pueden llegar a absorverlos y de esta manera llegar a la

cadena alimenticia; se movilizan a aguas superficiales contaminándolas o llegar por infiltración a las aguas subterráneas y estos metales por volatilización llegan a la atmósfera (Mc Graths *et al*., 2001).

Fitoextracción:

La captura de metales contaminantes que realizan las plantas a través de las raíces y su posterior acumulación en raíces, tallos y hojas es conocida como fitoextracción, o fitoacumulación (EPA, 1996).

Es una de las formas más económicas de poder remediar un suelo contaminado. Es una técnica que consiste en la extracción de metales pesados por una especie vegetal como la planta acumulándolo en sus diferentes partes (raíz, tallo, hojas, flores y frutos).

Se emplean plantas que tienen la capacidad de acumular en su parte aérea metales pesados para de esta manera reducir la concentración que pueda existir en un suelo. La mayoría de estas especies (metalofitas), son endémicas ya que provienen de suelos con alto contenido de minerales metálicos, también hay existencia de diversas especies (pseudometalofitas) que desarrollan esta técnica de acumular metales pesados como mecanismo de resistencia a suelos con elevadas concentraciones de metales (Becerril *et al*., 2007).

Para la fitoextracción se utilizan plantas que son hiperacumuladoras, eso quiere decirnos que estas plantas tienen la capacidad de almacenar en todos sus tejidos gran cantidad de metales pesados en comparación con otras plantas, ya que tienen mayor tolerancia y no presentan síntomas de toxicidad por metales (Chaney *et al*., 1997; Baker y Brooks, 1989; Padmavathiamma y Li, 2007). Como lo también lo mencionan Baker y Brooks (1989) donde, para ser considerado como planta hiperacumuladora de metales pesados, en sus tejidos debe de tener como mínimo 0,1 % de metales como el Pb, Cu, Co, Ni o Cr o un 1% de Mn o Zn. Las especies para ser usadas por esta técnica tienen que tener la capacidad de combinar una elevada producción de biomasa con la bioacumulación de metales pesados (Barceló y Poschenrieder, 2003; McGrath y Zhao, 2003).

Se deben realizar prácticas agronómicas adecuadas con la finalidad de lograr una buena eficiencia de fitoextracción por parte de las plantas, utilizando aditivos como agentes quelantes, absorbentes, uso de microorganismos, etc., con el único

propósito de aumentar la biodisponibilidad de los metales hacia las plantas, también se pueden aplicar al suelo enmiendas orgánicas para lograr tener una buena producción de biomasa en la planta y puedan almacenar mayor cantidad de estos metales (Álvarez-López *et al*., 2016; Kidd *et al*., 2015; Sessitsch *et al*., 2013; Luo *et al*., 2005;Tassi *et al*., 2004).

Fitoestabilización

Este proceso impide el transporte de los metales pesados absorbidos y los inmoviliza en las raíces de las plantas o en la interfase suelo-raíz como especies no tóxicas. La ventaja de esta técnica es que evita fenómenos de lixiviación que ocurren por arrastres de los contaminantes orgánicos e inorgánicos mediante procesos de filtración del agua. (Radziemska, Vaverková, y Baryła, 2017).

Uno de los principales beneficios de la fitoestabilización es el tiempo requerido para este procedimiento (pocos meses) y no es necesaria una remoción definitiva de los contaminantes y tampoco considerar la reutilización de la biomasa contaminada. Como desventaja se encuentra la imposibilidad de utilizar estos suelos remediados por plantas nativas en otras actividades agrícolas (González Miranda, 2017).

En su gran mayoría en las plantas el As se ubica en la raíz, formando complejos (Vásquez, 2005).

Generalmente no es muy efectivo el transporte de As en la mayoría de especies vegetales y suele permanecer en las raíces, excepto en aquellas plantas que tienen una capacidad excepcional de acumular As en la parte aérea (Andersen, 1986; Reeves, 1999 y Zhao, 2002).

Acumulación de metales pesados en las plantas

Todas las plantas ya sean silvestres o cultivadas, tienen la cualidad de acumular metales pesados en su interior en menor o mayor cantidad. Cuando los metales pesados se acumulan en las plantas inhibe o activa algunos procesos enzimáticos afectando su producción (Mayank *et al*., 2011). El resultado de todo esto es que puede ingresar a la cadena alimenticia, afectándonos en la salud. Los metales pesados cuando son absorbidos, dentro de la planta son transportados como iones, atravesando una cadena de transportadores específicos o unidos a proteínas

transportadoras de protones, todo esto en la raíz de la planta principalmente en la membrana plasmática (Greipsson, 2011). Después, en las raíces estos iones son almacenados y a través del xilema son traslocados a todos los tejidos de la planta (Prasad, 2004).

Normalmente en la sucesión que va de la raíz, hacia el tallo, las hojas, los frutos y las semillas la disposición de estos metales pesados tienen un carácter selectivo en las plantas; a pesar de ello, hay ciertos metales pesados que prefieren acumularse en algún lugar especial de la planta (Kastory, 1998; Simón, 1998).

El genotipo de las especies vegetales y las condiciones ambientales tienen un papel específico en la inmovilización de metales pesados, determinando la efectividad de su acción. Algunas plantas muestran efectos negativos en su crecimiento y desarrollo, debido a que son muy tolerantes a los metales pesados a concentraciones elevadas presentes en el suelo (Sheoran y Sheoran, 2006).

A través del crecimiento de su biomasa las especies vegetales recuperan y asimilan metales contaminantes como el cadmio, cromo, plomo, zinc y mercurio, con la rizofiltración que realizan las raíces de las plantas se puede realizar la filtración de los metales presentes en el agua (EPA, 1998).

Influencia del pH en la absorción de metales pesados hacia las plantas

Las propiedades más importantes de los elementos traza que gobiernan su comportamiento en el suelo vienen a ser el tipo y cantidad de materia orgánica, el potencial redox y el pH (Alloway, 1990; Kabata-Pendias & Pendias, 1992).

Un factor fundamental en la disponibilidad hacia las plantas de los metales pesados es el pH del suelo. La movilidad de metales en el suelo es controlada principalmente por el factor pH (Zheng *et al*., 2012; Antoniadis *et al*., 2017). También en algunos componentes del suelo el pH actúa eficientemente como un elemento modulador (Jozefaciuk *et al.*, 2002). Controlando la solubilidad de los metales pesados, regulando los procesos de los componentes edáficos del suelo (Hersterberg, 1998). En pH ácidos la solubilidad de la mayoría de los metales pesados es elevada y tienden a estar más disponibles para las plantas, a excepción de algunos elementos traza como el As, Mo, Cr, que están más disponible a pH básicos (Kabata-Pendias, 2011). El aumento de la sorción de los metales pesados varia de unos metales a otros, para el caso del Pb y el Cd, se incrementa su sorción

cuando el pH del suelo se eleva (Echeverría *et al.*, 1998).

En un suelo ácido con un pH debajo de 5,2 la solubilidad del Pb aumenta y también en suelos calcáreos que tienen un pH debajo de 6,0 (Martínez y Motto, 2000). Para determinar la disponibilidad del Cd para las plantas, la propiedad individual más importante del suelo viene a ser el pH (Balsberg 1989 y Bergkvist 1989).

La movilidad de los metales pesados en el suelo varía de acuerdo al pH que posee, a un pH ácido (4,2-6,6) los metales como el Cd entre otros son relativamente móviles, el As es moderadamente móvil y el Pb es poco móvil. Un caso similar ocurre en suelos que tienen pH neutros o alcalinos (6,7-7,8), donde el As es relativamente móvil, el Cd es moderadamente móvil y el Pb es poco móvil. (Andrade *et al.,* 1985; Adriano, 1986).

Los suelos moderadamente ácidos o ácidos con un pH que va desde 4 – 6, disminuye la disponibilidad del metal a la décima parte, un pH bajo aumenta la acidez del suelo ayudando en el movimiento de los metales adsorbidos como el cadmio y el plomo hacia la solución suelo (Rieuwerts *et al.,* 2006).

La naturaleza de los metales pesados influye mucho en su comportamiento en el suelo frente a los cambios de pH (Appel y Ma, 2002). Al haber un incremento del pH en el suelo, también se incrementan los cationes metálicos retenidos que están unidas a la superficie de los componentes del suelo vía la complejación, precipitación y/o adsorción (McBride, 1994; Sparks, 1995; Hersterberg, 1998).

Con el incremento del pH del suelo disminuyen la biodisponibilidad de los metales pesados para las plantas, debido a que se precipitan como hidróxidos insolubles, carbonatos y complejos orgánicos (Alloway 1995 y Silviera *et al*. 2003).

En las capas superficiales del suelo el Pb se distingue por estar permanentemente en formas insolubles. Si el suelo tiene pH elevados, el Pb puede llegar a precipitarse como fosfato y carbonato o como hidróxido, y a pH bajos se llega a solubilizar muy lentamente (Nolan, et ál., 2003 y Kabata-Pendías, 1992).

A pH básicos los metales quedan retenidos en la solución del suelo, mientras que, la mayor disponibilidad de elementos para las plantas se da a pH ácidos, donde los metales se encuentran más solubles (Ross 1994a).

En un pH ácido tienden a estar más disponibles la mayoría de los metales, porque

no son adsorbidos fuertemente, a excepción de los metales como el As, Mo, Se y Cr, que a pH alcalino son más móviles (Galán y Romero, 2008).

La materia orgánica, las arcillas y la CIC en la adsorción de metales pesados

Los distritos de El Mantaro y Matahuasi tienen suelos con altas cantidades de arcilla y materia orgánica que influyen en su textura y en algunos metales pesados ya que el papel que cumplen, las arcillas, la materia orgánica y la CIC en la adsorción de metales pesados en el suelo son muy importantes ya que depende en gran manera para la disponibilidad de estos elementos para la planta. La cantidad y tipo de materia orgánica cumplen un papel importante en el suelo en la inmovilización de metales (Antoniadis *et al*., 2017; Khan *et al*., 2017). Debido a que tienen un gran número de grupos funcionales (CO^2, COOH, OH, C=C, SH, CO_2H), gracias a su alta afinidad que tienen adsorben los iones metálicos, formando con ellos complejos estables (Kabata-Pendias, 2011). La capacidad que tiene la materia orgánica de ceder electrones a determinados cationes metálicos favorece a la formación de quelatos solubles y que estos pueden migrar o precipitar con mucha facilidad a lo largo del perfil del suelo (López-Arias y Grau, 2005; Pilon-Smits, 2005).

En el suelo la materia orgánica se une fuertemente al cadmio; y puede ser absorbida en esta forma por las plantas e ingresar a las cadenas alimentarias (ATSDR, 2012).

La cantidad y tipos de arcillas presentes en un suelo también juegan un papel importante en la disponibilidad de metales pesados hacia las plantas, por eso las mayores concentraciones de metales pesados la poseen los suelos que tienen un contenido elevado de arcillas, esto se debe ya que las arcillas tienen o poseen una mayor área superficial y en su espacio interlaminar o en su superficie poseen cargas eléctricas principalmente negativas, lo cual le favorece en tener la capacidad de retener metales (Gu *et al*., 1994; Tandy *et al*., 2004; Schindler *et al*., 2009).

Las cargas negativas que tienen las arcillas más las cargas que posee la materia orgánica, en su conjunto llegan a ser los responsables principales de la capacidad de intercambio catiónico del suelo (CIC), influyendo en el movimiento de los cationes metálicos, disminuyendo su solubilidad y disponibilidad de estos elementos en la solución del suelo (Kabata-Pendias, 2011; Antoniadis *et al*., 2017).

Las propiedades y la composición química de los minerales de arcilla son diferentes, la CIC del suelo cambia de acuerdo al tipo de arcilla presente, siguiendo el siguiente orden: montmorillonita> imogolita> vermiculita> illita> clorita> halloysita> caolinita (Kabata-Pendias, 2011).

La CIC y el grado de retención de los cationes metálicos en el suelo, son afectados por el tipo de arcilla que tiene el suelo; las arcillas montmorrilloníticas tienen elevada capacidad de retener Cd y las kandíticas poseen baja capacidad de retención (Rimassa et al., 2006).

Cuando un suelo tiene mayor contenido de arcillas, la CIC se incrementa, disminuyendo la disponibilidad de iones metálicos, esto nos indica que cuando un suelo tiene mayor CIC se incrementa la adsorción e inmovilización de los metales, caso contrario ocurre cuanto más baja o menor sea la CIC del suelo, la disponibilidad de los metales en el suelo aumenta (Yoo y James, 2003; Antoniadis y Golia, 2015).

El pH, la capacidad de intercambio catiónico, la materia orgánica del suelo y otras propiedades físicas, influyen en la concentración de metales pesados en los suelos, cuya movilidad está dentro de los 40 cm del perfil del suelo (Smith,1996).

En las fases solidas del suelo la distribución del Pb depende básicamente del pH y la CIC. La fase sólida de más influencia en el proceso de adsorción de este elemento llega a ser la materia orgánica. Diversos estudios indican que, el Pb se une a la materia orgánica y primordialmente a hidróxidos de Fe-Al, óxidos de Fe-Mn y minerales de arcilla (Howard y Sova, 1993).

Contaminación de suelos y plantas con arsénico

Los metales pesados se encuentran en mayor concentración en los suelos agrícolas como consecuencia de la contaminación de diferentes fuentes antropogénicas, como también por su origen natural. El arsénico tiene una masa atómica de 74,9216 u y número atómico de 33, considerado como un metal pesado.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), ha identificado al arsénico como una de las diez sustancias químicas más peligrosas para la salud humana y de preocupación pública. Las fuentes principales de arsénico en el suelo son de origen geológico, normalmente están asociados con el rejalgar (As^4S^4), arsenopirita (FeAsS) o el oropimente ($As2S^3$), que son minerales de azufre, el arsénico tiene la

capacidad de sustituir fácilmente en los silicatos al Si, Fe o Al (Fitz y Wenzel, 2002; Zhao *et al*., 2010).

Las concentraciones de arsénico varían en el suelo porque dependen en mayor medida del material parental que conforma el suelo que de la capa superficial del suelo o sus características geomorfológicas (Smith *et al*., 1998; Tóth *et al*., 2016). Cuando los suelos presentan concentraciones menores de 10 mg/kg, o varían frecuentemente entre 1,5 a 2 mg/kg nos indican que estos suelos no están contaminados (Adriano, 2001).

Las industrias, la minería, y la agricultura son las principales fuentes de contaminación de arsénico en el suelo (Fitz y Wenzel, 2002).

La movilización del arsénico en del suelo se da lugar cuando se le adiciona materia orgánica al suelo (Moreno-Jiménez *et al*., 2013). Pero esto depende de las características que pueden presentar el suelo y el tipo de materia orgánica que se le adiciona, como lo mencionan Arco-Lázaro *et al*. (2016); donde observaron que: cuando se le adiciona compost (abono procedente de la materia orgánica) a un suelo con alto contenido de óxidos de hierro y que tiene una capacidad alta de adsorción, disminuía la capacidad de adsorción de arsénico; caso contario, ocurre en suelos que tienen una capacidad de adsorción inicialmente baja.

Las plantas absorben el As en forma de arseniato. En plantas que no son acumuladoras de metales, el arsénico se transporta hacia toda de la planta por el xilema y generalmente no es efectiva, a excepción de las plantas que son llamadas hiperacumuladoras que estas si tienen una buena eficiencia de transporte y carga de arsenito por el xilema hacia el resto de la planta (Su *et al*., 2008).

Contaminación de suelos y plantas con cadmio

Otro metal pesado de gran importancia en la contaminación de suelos agrícolas es el cadmio que tiene una masa atómica de 112,411 u y número atómico de 48. Este metal se encuentra distribuido en toda la corteza terrestre, en concentraciones medias de 0,1 mg/kg (Osorio *et al*., 1997). En las rocas ígneas y sedimentarias la cantidad de cadmio no pasa de 0,3 mg/kg, las rocas metamórficas y los depósitos de arcilla tienen concentraciones similares (Bautista, 1999).

Las fuentes mas importantes de contaminación de cadmio en los suelos destinados a la agrícultura, provienen por el empleo de una fertilización fosforada

en la agricultura, residuos de actividades industriales y mineros (Alloway, 1990). La roca fosfórica generalmente constituida por apatita viene a ser la principal materia prima de los fertilizantes fosforados, que aparte de contener fósforo también tiene cadmio que varían en cantidades que van de 8 a 500 mg/kg de este elemento (Laegreid *et al*., 1999).

El cadmio se intercambia fácilmente y se encuentran más disponibles para las plantas en suelos que tienen un pH ácido. Cuando el cadmio se une a la materia orgánica la energía de enlace es mayor, en comparación con las arcillas, el cadmio tiene alta afinidad por los oxihidróxidos de hierro y silicatos de aluminio como alofana e imogolita. Sabiendo esto se puede afirmar que dichos compuestos y la materia orgánica influyen en la solubilidad del cadmio en suelos ácidos (Bautista, 1999; Kabata-Pendias, 2000).

La presencia del cadmio en los suelos agrícolas en estos últimos años viene generando una alarma a nivel mundial ya que se corre el riesgo que este elemento en concentraciones elevadas ingrese a la cadena alimenticia a través del consumo de alimentos contaminados con este metal, afectando la salud por el efecto tóxico que produce en los humanos y animales (McLaughlin & Singh, 1999). Según estudios una vez que el cadmio ingrese al cuerpo humano puede acumularse en el riñón y el hígado, alterando el sistema óseo provocando una enfermedad llamada ItaiItai, detectada por primera vez en Japón (Gupta & Gupta, 1998).

Contaminación de suelos y plantas con plomo

El Pb es otro metal pesado que tiene una masa atómica de 207,2 u y número atómico de 82, considerado un contaminante de suelos y plantas. El hombre a través, de las diferentes actividades que realiza genera compuestos que contienen metales pesados entre ellos se encuentra el plomo que es un contaminante que se encuentra en el aire, en los suelos, en el agua, en las plantas, en los animales y finalmente en los seres humanos (Kvesitadze *et al*., 2006). Desde el comienzo de la civilización el plomo siempre ha estado en la humanidad, siendo útil y usado en diferentes actividades, el plomo es un metal sorprendente, impredecible, peligroso y sobre todo mortal (Emsley, 2005). Pero debido a su alto valor económico hacen que se produzcan gran cantidad de este metal, empleando un gran número de personas para extraerlo y luego transformarlo haciendo muy importante este

material (Casas y Sordo, 2006). Debido a las actividades de las industrias metalúrgicas, químicas, farmacéuticas, petroquímicas, etc., se generan residuos elevados (Swaran *et al*., 2006).

La presencia del plomo en los suelos ocasiona una disminución de la actividad microbiológica a excepción de algunas bacterias y grupos de hongos que son microscópicos y son resistentes a este metal, cosa que no ocurre con los actinomicetos y bacterias que fijan nitrógeno atmosférico que llegan a ser muy sensibles a este contaminante (USEPA, 1996). Las concentraciones de plomo se consideran tóxicas cuando afectan la altura de planta y disminuyen la cosecha en al menos 5%. Cuando un suelo agrícola llega a tener valores mayores de 50 mg/kg de plomo, nos va a indicar que las concentraciones en el cultivo agrícola mayormente sobrepasa el nivel permisible para este elemento (Kvesitadze *et al*., 2006). Y cuando llega a valores por encima de los 300 mg/kg de plomo, el suelo va a requerir obligatoriamente una remediación.

Los contaminantes generan efectos muy graves en las plantas, estos metales ingresan por la raíz y por el xilema y floema llegan al tallo, las hojas, las flores y los finalmente los frutos. Las emisiones generadas por el parque automotor, generan emisiones de partículas como los óxidos, sulfatos, floruros, cloruros, nitratos, etc., compuestos de plomo, sumados a otros gases que se liberan por el tubo de escape; debido a todo esto, no se recomienda cultivar plantas cerca de lugares donde existe una generación continua de estas emisiones (Kvesitadze *et al*., 2006), la permanencia del plomo como residuo en suelos de climas templados es aproximadamente de 1000 años a 3000 años (Bowen, 1979).

El plomo al encontrarse presente en el suelo agrícola, están disponibles para las plantas, lo cual lo absorben junto con los nutrientes, pero este metal es considerado como no esencial para las plantas (Alloway, 1994). Pero, el plomo se encuentra mayormente en grandes cantidades en las raíces de las plantas, pero su translocación a las partes superiores de la planta como tallos, hojas y frutos es en general muy reducida, ya que se unen a las a las paredes celulares y a la superficie de la raíz con mayor facilidad (Mehra y Farago, 1994).

El plomo cuando se encuentra en los suelos agrícolas en concentraciones superiores a 65 mg/kg, las plantas cultivas en este terreno presentan menor

desarrollo en la biomasa, ya que este elemento interfiere en la fotosíntesis, presentan menor desarrollo de las raíces, por lo tanto, afecta en el crecimiento de las plantas (Vangronsveld y Clijsters, 1994).

Factores de concentración

Hay factores que nos ayudan a conocer la capacidad que poseen ciertas especies vegetales para absorber y traslocar hacia la parte aérea los metales que se encuentran en el suelo (Lokeshwari & Chandrappa, 2006).

Factor de Bioconcentración (BCF)

Conocido también como Coeficiente de Bioacumulación (BAC), Coeficiente de Absorción Biológica (BAC), Índice de Bioconcentración (BF), Factor de Concentración (Cf), o Coeficiente de Transferencia (TC); utilizado para calcular la capacidad que posee una planta (raíces y parte aérea) para captar metales con respecto a la concentración existente en el suelo.

El BCF se utiliza para calcular la eficiencia de acumulación de los metales que hay en la biomasa de las plantas, en el cual valores > a 1 nos indica que la planta es posiblemente acumuladora, valores mayores > a 10 son plantas hiperacumuladora y las plantas exclusoras tienen BCF < a 1. (Audet & Charest., 2007).
Existen dos factores de bioconcentración, los cuales son:

1) **Factor de bioconcentración en la raíz de la planta**

Conocido además como Root accumulation factor (RAF). Se utiliza para calcular la relación que hay entre la concentración de metales existentes en la raíz de la planta respecto a la concentración de metales que hay en el suelo (terreno agrícola) (Yoon, 2006).

$$BCR\ raíz = \frac{[metal]\ raíz}{[\text{metal}]\ suelo}$$

Dónde:

BCF raíz: Factor de bioconcentración de las raíces de la planta.

[Metal] raíz: Concentración del metal existente en la raíz de la planta en mg/Kg.

[Metal] suelo: Concentración del metal que hay en el suelo en mg/Kg.

2) Factor de bioconcentración en la parte área de la planta

Viene a ser la proporción del metal contenido en la parte aérea de la planta con relación al suelo (Vyslouzilova, 2003).

$$BCF\ aérea = \frac{[metal]\ aérea}{[\text{metal}]\ suelo}$$

Dónde:

BCF aérea: Factor de bioconcentración de la parte aérea de la planta.

[Metal] aérea: Concentración del metal en la parte aérea de la planta en mg/Kg.

[Metal] suelo: Concentración del metal en el suelo en mg/Kg.

Índice de traslocación (TF)

Viene a ser el resultado entre la concentración del metal en las partes aéreas y la raíz de la planta (Olivares & Peña, 2009). Si tienen valores de traslocación por encima de 1 son muy capaces de trasladar metales, de las raíces hacia los vástagos de la planta, estas especies vegetales tienen eficaces sistemas de traslado de metales en el interior de la planta (Zhao, 2002), posiblemente los metales quedan retenidos en el apoplasto y en las vacuolas de las hojas (Lasat, 2000).

$$TF = \frac{[metal]\ aérea}{[\text{metal}]\ raíz}$$

Dónde:

TF: Factor de traslocación

[Metal] raíz: Concentración del metal en la raíz de la planta en mg/Kg.

[Metal] aérea: Concentración del metal en la parte aérea de la planta en mg/Kg.

Si los valores del TF llegan a ser > a 1, nos indica que la planta transporta metales desde las raíces a la parte aérea de manera eficaz (Baker y Brooks, 1989), esta especie vegetal tiene una gran potencialidad de hiperacumular en su parte aérea una buena cantidad de metales pesados, además de ser usada con fines de fitoextración. Si los valores del TF llegan a ser < a 1, nos indica que esta especie vegetal no transporta metales desde la raíz hacia la parte aérea de manera muy eficaz, la potencialidad de esta especie vegetal es la de fitoestabilizar en sus raíces los metales (Audet, P & C. Charest., 2007).

La calabacita *(Cucurbita pepo)*

Información taxonómica y Morfológica

Familia: *Cucurbitaceae*

Género: *Cucurbita L.*

Especie: *pepo L.*

Planta: es de porte rastrero de un crecimiento indeterminado.

Sistema radicular: posee una raíz principal axonomorfa, de buen desarrollo en comparación con las raíces secundarias, en los entrenudos de los tallos pueden formarse raíces adventicias cuando estén en contacto con la tierra.

Tallo principal: puede alcanzar un metro o más de longitud, dependiendo de la variedad, posee un crecimiento sinuoso, es grueso, cilíndrico, con una superficie pelosa y áspera al tacto, tiene entrenudos cortos con numerosos zarcillos delgados de 10 a 20 cm de longitud aproximadamente.

Hoja: es palmeada de limbo grande, posee cinco lóbulos con un margen dentado. Tiene un haz glabro con un envés áspero, recubiertos de pelos cortos y puntiagudos a lo largo de las nerviaciones, su color varía de un verde claro a oscuro, dependiendo de la variedad comercial, en ocasiones las hojas presentan pequeñas manchas blanquecinas.

Flor: es monoica, en una misma planta se encuentran presentes las flores masculinas y femeninas, son grandes y acampanadas, solitarias y vistosas.

Fruto: pueden ser de diferentes formas y coloración variable de acuerdo a la variedad cultivada, la recolección de los frutos se realiza cuando se encuentran a la mitad de su desarrollo.

La *Cucurbita pepo,* conocido también como calabacita, calabacín etc. es una hortaliza que no se cultiva en grandes extensiones en muchos lugares sobre todo en el valle del Mantaro. El Perú tiene reportado alrededor de 27 géneros y 110 especies (León 2006).

Algunas especies de calabacita (*Cucurbita pepo* L., *C. máxima* L., *C. argyrosperma* L y *C. moschata* L.) son muy importantes en el planeta por su alta calidad alimenticia que poseen; los frutos que les falta madurar (verdes), como también las semillas y los maduros, tienen diferentes formas de preparación para ser consumidos en todo el mundo. En nuestra zona como en muchos paises de

Latinoamérica, son consumidas como verdura en diferentes potajes las puntas tiernas de los tallos y las flores de esta planta (Lira, 1993).

La calabacita tiene una gran importancia porque contiene sustancias nutritivas, la pulpa del fruto maduro posee de 11 % a 27 % de sólidos totales y 45 % de azucares, sus semillas son ricas en grasas, proteínas y albúminas, a esto se le suma las diversas cualidades gustativas que tiene el fruto (Guenkov, 1974).

Las cucurbitáceas en general se les han considerado de alta prioridad en la conservación de sus recursos genéticos, debido a la importancia que tienen en la alimentación de sectores extensos de la población mundial, ya que poseen elevados valores nutritivos (IBPGR, 1981; Esquinas-Alcázar y Gulick, 1983; Lira, 1995).

En México las especies representativas de su agricultura tradicional y de subsistencia son las cucúrbitas, los siembran en sistemas llamados "milpas" que son asociaciones con los quelites (*Chenopodium álbum* L.), frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y con maíz (*Zea mays* L.), en las regiones donde se cultivan de manera tradicional es muy frecuente la disponibilidad de muchas variedades criollas (Pérez *et al*., 1997).

1.3 Definición de términos básicos

Contaminación

La contaminación se define, cuando un elemento o compuesto químico se encuentra en concentraciones superiores a lo normal y a partir de esto se llegan a producir efectos adversos, por tener un efecto neutralizador como por provocar un incremento desmedido de la actividad (López-Falcón, 2002).

Fitorremediación

Es el empleo o uso de diferentes tipos de plantas que tienen la capacidad de disminuir, degradar, eliminar o estabilizar la concentración del contaminante en el suelo y por ende sus efectos tóxicos que pueden provocar al medio ambiente. Esta técnica de remediación tiene un bajo costo de implementación, lo cual es una gran ventaja y sobre todo que es respetuosa con el medio ambiente, también las plantas instaladas en un terreno agrícola realizan la función de una cobertura vegetal ayudando a mejorar las propiedades físico-químicas del suelo, disminuyendo la erosión y la diseminación de los contaminantes a capas inferiores, evitando la

contaminación de aguas subterráneas (Alkorta *et al*., 2004; Barceló y Poschenrieder, 2003; Chaney *et al*., 1997).

Fitoextracción

Consiste en la capacidad que tienen algunas plantas de extraer o absorber contaminantes del suelo por las raíces y acumularlas en los tallos, hojas y flores, las plantas tienen diferentes capacidades de extracción de metales y esto es manera de estudio (Jian *et al*., 1997).

Fitoestabilización

Permite inmovilizar contaminantes en el suelo a través de su absorción y acumulación en las raíces o bien, por precipitación en la zona de la rizosfera (Mendez & Maier, 2008).

Hiperacumulación

Es la capacidad de concentrar metales pesados en sus tejidos a concentraciones superiores a lo normal que poseen algunas plantas, sin presentar signos de toxicidad. Las plantas hiperacumuladoras han desarrollado mecanismos internos de tolerancia para que no le afecte la toxicidad por metales pesados, esta capacidad que tienen las hace útil para ser empleadas en técnicas de fitorremediación de suelos contaminados con metales (Llugany, *et al*, 2007).

Metal pesado

Los metales pesados son aquellos metales que poseen un peso específico por encima de $5g/cm^3$ o tener un número atómico superior a 20, se excluyen a los metales alcalinotérreos y alcalinos (Breckle, 1991 y Tiller, 1989).

Factor de bioconcentración (FBC)

Utilizado para calcular la capacidad que posee una planta, para captar metales con respecto a la concentración existente en el suelo agrícola (Audet et al., 2007).

Factor de traslocación (FT)

Sirve para medir el traslado interno de los metales en la planta, indicando la relación que existe entre la cantidad acumulada de metal en la raíz de la planta y parte aérea (Mattina, 2003).

1.4 Hipótesis de investigación

Hipótesis general

- El pH de los suelos influye en el contenido de metales pesados en raíces, tallos, hojas y frutos de la planta fitoextractora *Cucurbita pepo.*

Hipótesis específicas

- La caracterización física y química de los suelos de El Mantaro y Matahuasi influyen en las condiciones operacionales para la fitoextracción de metales pesados en *Cucurbita pepo.*
- A magnitudes mayores del pH se incrementa el contenido de metales pesados en las partes de *Cucurbita pepo* con la fitoextracción.
- El pH influye en la reducción de concentración de metales pesados en los suelos de El Mantaro y Matahuasi.
- A mayor pH, mayor rendimiento fitoextractor de *Cucurbita pepo.*
- El pH influye directamente en la complejización de los metales pesados en el suelo.

1.5 Operacionalización de las variables

VARIABLES		INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
INDEPENDIENTE (X)	1. pH - 7.62 (El Mantaro) - 8.00 (Matahuasi)	• El potencial de hidrogeniones de las dos localidades	Adimensional
DEPENDIENTE (Y)	1. Contenido de metales pesados en cada parte de la planta.	• - raíz - tallo - hojas - fruto	ppm

CAPÍTULO II
DISEÑO METODOLÓGICO

2.1. Tipo y nivel de investigación

Tipo de investigación

Es aplicada

Nivel de investigación

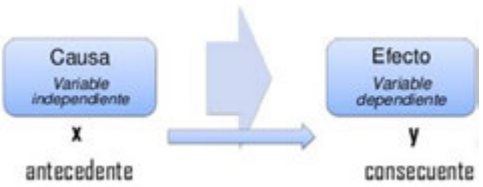
En el presente trabajo de investigación se empleó el nivel explicativo, debido a que se tenía que explicar la relación o influencia de las variables en estudio.

2.2. Método de investigación

El método es experimental porque aplica la observación de fenómenos, que en un primer momento es sensorial. Con el pensamiento abstracto se elaboran las hipótesis y se diseña el experimento, con el fin de reproducir el objeto de estudio, controlando el fenómeno para probar la validez de las hipótesis.

2.3. Diseño de la investigación

Se empleó en el trabajo de investigación el diseño completamente al azar con grupo de control y post prueba.



Modelo Aditivo Lineal

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

X_{ij} : Observación cualesquiera dentro del experimento

μ : Media o promedio poblacional

τ_i : Efecto aleatorio del i-ésimo tratamiento

ε_{ij} : Error experimental

i : 1,2,….., t tratamientos

j : 1,2,….., r, muestras o repeticiones

2.4. Población y muestra

2.4.1 Población

La población en la presente investigación estuvo conformada por todas las plantas de *Cucurbita pepo* dentro del experimento.

2.4.2 Muestra

La muestra estuvo constituida por 10 plantas de *Cucurbita pepo* de cada tratamiento

2.4.3 Técnicas de muestreo

Muestreo de suelo

Las muestras iniciales y finales para análisis de suelo en laboratorio, fueron tomados a una profundidad de 20 cm de la capa arable, con una lampa, el método utilzado fue del zig-zag de acuerdo al Manual de Técnicas de Análisis de Suelos, según NOM-021-RECNAT-2000.

Antes de sembrar y después de cosechar se realizó la toma de muestras del suelo, de cada lote se tomó 10 sub muestras. Estas sub muestras que se obtuvieron se mezclaron en una sola muestra uniforme del cual se extrajo 1 kg, se dejaron secar al ambiente bajo sombra, para luego mullirlas y tamizarlas con una malla N° 10 (diámetro de apertura de 2 mm), posteriormente se llenaron en bolsas plásticas (polietileno), las cuales fueron selladas y etiquetadas, enviadas al laboratorio para el respectivo análisis fisicoquímico y poder determinar la concentración de los metales pesados.

Muestreo de la planta (*Cucurbita pepo)*

Cuando el cultivo llegó a su estado de maduración se realizó la cosecha con mucho cuidado, tomándose 10 plantas al azar por cada lote, seccionando la

raíz, el tallo, las hojas y los frutos para luego con mucho cuidado almacenarlas a temperatura ambiente para que sequen bajo sombra y posteriormente picarlos para obtener 500 gramos por muestra. Las partes picadas de la planta fueron llenados en bolsas ziploc con sus respectivas etiquetas para ser enviadas a un laboratorio certificado para su análisis de la concentración de As, Cd y Pb.

2.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

Se realizó el muestreo inicial de los suelos de las dos localidades en estudio para determinar el pH y la cantidad acumulada de metales pesados.

Se precedió a realizar el muestreo de las raíces, tallos, hojas y frutos de la calabaza para determinar la concentración de metales pesados.

Se realizó el muestreo final de los suelos de ambas localidades en estudio para conocer la cantidad acumulada de metales pesados residuales.

2.6. Técnica de procesamiento de datos

Medidas de tendencia central

Medidas de dispersión

Análisis de varianza del BCA

Representación

Los datos serán representados en cuadros del análisis de varianza y de prueba de significación de los promedios; así mismo, se utilizarán gráficos para representar las frecuencias de cada tratamiento.

CAPÍTULO III

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Presentación, análisis e interpretación de los datos

Ubicación y descripción de las unidades experimentales de muestreo

El trabajo experimental se realizó en los campos experimentales, uno perteneciente a los terrenos de la E. E. A. El Mantaro, perteneciente a la Universidad Nacional del Centro del Perú y el otro perteneciente al Instituto Regional de Desarrollo (IRD)-Sierra La Molina, situada en el distrito de San Lorenzo. En la E.E.A. El Mantaro se instaló en el Lote 5b y en IRD-Sierra La Molina en el lote Camino Inca Sector Yanamuclo Matahuasi.

La E.E.A. El Mantaro es uno de los treinta y cuatro distritos de la provincia de Jauja de la región Junín y se encuentra ubicada al sureste de Jauja, a una altitud de 3 325 msnm, entre los 11° 49' 55.58" de L.S. y 75° 23' 27.44'' de L. O., del Meridiano de Greenwich.

El Lote Camino Inca, Sector Yanamuclo, Matahuasi se encuentra ubicado al Sur Oeste de la provincia de Jauja, a una altitud de 3 304 msnm, entre los 11° 51' 44.55" de L. S. y 75° 23' 29.02'' de L. O del Meridiano de Greenwich.

En el presente trabajo de tesis se hizo el experimento en una parcela de cada Localidad, cuyas características físicas son:

Tabla 1

Análisis fisicoquímico de los suelos de El Mantaro y Matahuasi

		ANÁLISIS TEXTURAL					
LOCALIDAD	**pH**	**ARENA** (g/kg)	**LIMO** (g/kg)	**ARCILLA** (g/kg)	**CLASE TEXTURAL**	**C.I.C.** ($cmol^+/kg$)	**M.O** (%)
El Mantaro	7,62	23,00	22,50	54,50	Arcilla	19,52	3,71
Matahuasi	8,00	26,0	40,0	34,0	Franco Arcilloso	7,52	4,08

Fuente: Laboratorio CERPER

De acuerdo a estos análisis los suelos estudiados varían en el pH de moderadamente básico (7,4 -7.8), a básico (7,9 -8,4), según la clasificación del United States Department of Agriculture (USDA), con contenido de materia

orgánica medio (2 - 4 %), a alto (>4 %) ya que Matahuasi es zona ganadera y cuya clase estructural para ambas localidades fueron arcillosos; así mismo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC) varió de media (15-25 cmol/kg), a baja (5-15 cmol/kg). Estos terrenos son regados con aguas captadas del canal CIMIRM (canal de irrigación de la margen izquierda del Rio Mantaro). Estuvieron en descanso antes de la instalación del trabajo.

3.2. Análisis Fisicoquímico del suelo

Todos los análisis de suelos fueron analizados por un Laboratorio Certificado. Los análisis realizados para el suelo de El Mantaro, arrojan valores de pH de 7,62, indicando que es un suelo moderadamente básico y para el suelo de Matahuasi un pH de 8,00 que indica que es un suelo básico.

Para la materia orgánica arroja valores para el suelo de El Mantaro de 3,71 % y para Matahuasi de 4,08 % indicando que son suelos con medio y alto porcentaje de materia orgánica respectivamente.

Para la textura del suelo el análisis reporta que, por el contenido de arena, arcilla y limo el suelo de El Mantaro presenta una textura arcillosa y el suelo de Matahuasi presenta una textura de franco arcillosa por presentar un mayor contenido de limo.

Para la Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), el suelo de El Mantaro tiene valores de 19,52 cmol/kg indicando que es un suelo con un nivel medio y el suelo de Matahuasi tiene valores de 7,52 cmol/kg, indicando que es un suelo con un nivel bajo.

Análisis para metales pesados (As, Cd y Pb) en suelos

Estos análisis fueron realizados por un Laboratorio Certificado en la ciudad de Lima por el método de ICP-MS, para diagnosticar la presencia y concentración del As, Cd y Pb.

Análisis para metales pesados (As, Cd y Pb) en *cucúrbita pepo*

Se realizaron estos análisis para determinar la concentración del As, Cd y Pb en los diversos sitios de la planta como la raíz, tallo, hojas y frutos y de esta manera constatar si hay presencia de estos elementos en la planta y de acuerdo a la

absorción que tenga de estos metales clasificarla como fitoestabilizadora, acumuladora o hiperacumuladoras.

3.3. Proceso de la prueba de hipótesis

En el presente trabajo de investigación se realizó la prueba de F, tomando en cuenta la absorción de cada elemento pesado presente en la raíz, tallo, hoja y fruto, dentro de cada localidad y que para el análisis de varianza formaron la fuente de repeticiones.

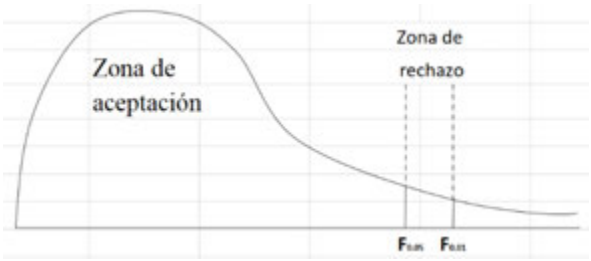
La prueba de hipótesis para el análisis de varianza es la siguiente:

$$\mathbf{Ho: } \sigma^2_i = 0$$
$$\mathbf{Ha: } \sigma^2_i \neq 0$$

$$\mathbf{Fc} = \frac{\textit{CM Tratamientos}}{\textit{CM del Error}}$$

$\mathbf{F\alpha\ (gl_1, gl_2)}$ $\quad \mathbf{Fc < F\alpha \Rightarrow\ n.s.}$

$\mathbf{Fc\ vs\ F\alpha}$ $\quad \mathbf{Fc > F\alpha \Rightarrow\ *}$



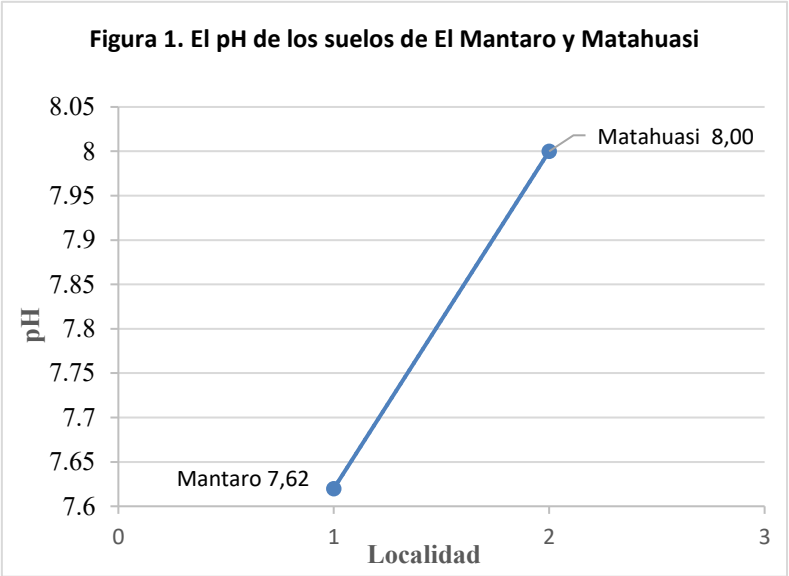
3.4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

Variación del pH de los suelos de El Mantaro y Matahuasi

Tabla 2. El pH de los suelos de El Mantaro y Matahuasi

Localidad	pH	Clasificación
Mantaro	7,62	Moderadamente básico
Matahuasi	8,00	Básico

Figura 1. El pH de los suelos de El Mantaro y Matahuasi



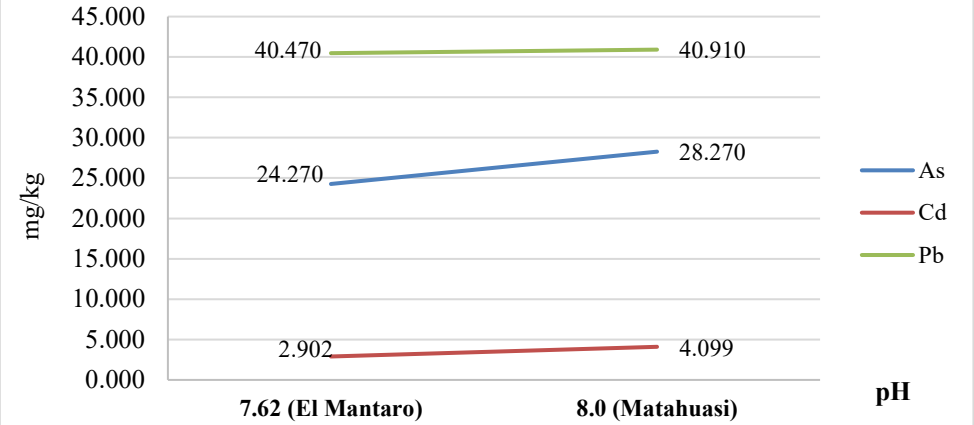
En la tabla 2 y figura 1 del pH de los suelos de El Mantaro y Matahuasi; se observa que, el suelo agrícola de Matahuasi presenta mayor contenido de pH (8,00) calificado como básico y disminuye la disponibilidad de P y Bo, además de una deficiencia creciente de Cu, Fe, Mn, Zn. Co. Aparece la clorosis férrica (AEFA, 2019). Mientras que, el suelo de El Mantaro es considerado como moderadamente básico (7,62) y por lo general existe carbonato cálcico en el suelo (AEFA, 2019).

Análisis inicial de metales pesados de los suelos de El Mantaro y Matahuasi

Tabla 3. Contenido inicial de metales pesados de acuerdo al pH del suelo

		mg/kg	
pH	**As**	**Cd**	**Pb**
7,62 (El Mantaro)	24,270	2,902	40,470
8,0 (Matahuasi)	28,270	4,099	40,910
Porcentaje (%)	**16,48**	**41,03**	**1,08**

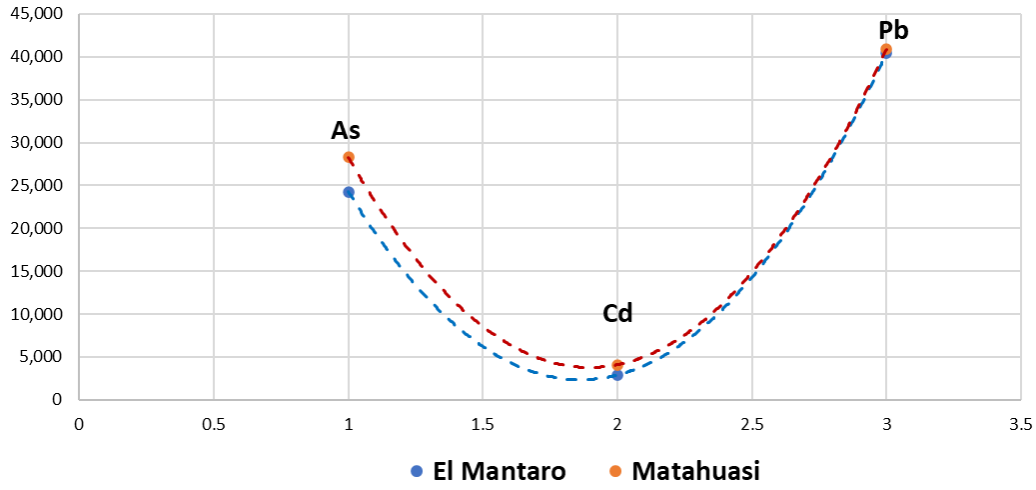
Figura 2. Contenido inicial de metales pesados de acuerdo al pH del suelo.



En la tabla 3 y figura 2 del contenido inicial de metales pesados de acuerdo al pH del suelo de El Mantaro y Matahuasi; se observa que, el suelo de Matahuasi (8.00) tiene mayor concentración de As de 28,270 mg/kg, Cd de 4,099 mg/kg y Pb de 40,910 mg/kg, en comparación con el suelo de El Mantaro (7,62) que tiene menores concentraciones de As de 24,270 mg/kg, Cd de 2,902 mg/kg y Pb de 40,470 mg/kg. Esto debido a que en el suelo de Matahuasi hay mayor presencia de metales pesados influidos por el pH del suelo, tal como describen Ross (1994a) donde menciona que, a pH básicos los metales quedan retenidos en la solución del suelo, mientras que, la mayor disponibilidad de elementos para las plantas se dan a pH ácidos, donde los metales se encuentran más solubles y Kabata-Pendias (2011) también manifiestan que, la excepción se da en algunos cuantos metales como cromo hexavalente, selenio y el arsénico, que a pH básicos están más disponibles.

El suelo de Matahuasi (luego del tratamiento) tiene mayor porcentaje de As de 16,48 %, Cd de 41,03 % y Pb de 1,08 %, que el suelo de El Mantaro. Debido a las propiedades físicas que posee, tal como describe Smith (1996) donde indican que, el pH, la capacidad de intercambio catiónico, la materia orgánica del suelo y otras propiedades físicas, influyen en la concentración de metales pesados en los suelos, cuya movilidad está dentro de los 40 cm del perfil del suelo.

Figura 2.1. Influencia del pH en la concentración de metales pesados en suelos de El Mantaro y Matahuasi



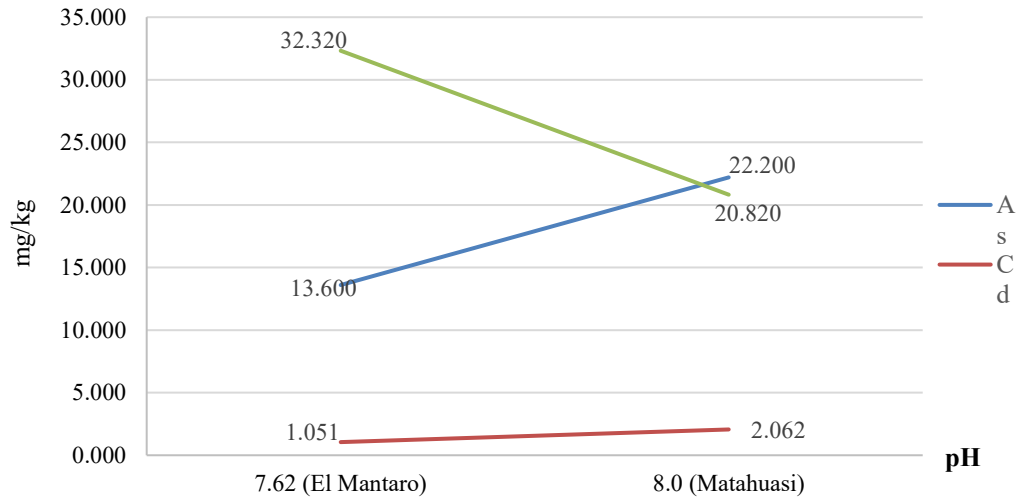
En la figura 2.1 del contenido inicial de metales pesados de acuerdo al pH del suelo de El Mantaro y Matahuasi; se observa que, que en los suelos de Matahuasicon un pH de 8.00, los metales de As y Cd superan a los metales de los suelos de El Mantaro que tienen un pH de 7.6; mientras que, para el Pb son similares en ambas localidades, indicando que hay influencia del pH en los suelos en estudio.

Análisis Final de metales pesados de los suelos de El Mantaro y Matahuasi

Tabla 4. Análisis final de metales pesados del suelo

pH	mg/kg As	Cd	Pb
7,62 (El Mantaro)	13,600	1,051	32,320
8,0 (Matahuasi)	22,200	2,062	20,820

Figura 3. Análisis final de metales pesados del suelo



En la tabla 4 y figura 3 del contenido final de metales pesados del suelo de El Mantaro y Matahuasi; se observa que, hubo una disminución de los metales pesados en ambas localidades, esto debido a que una pequeña parte fue absorbida por la planta y el resto fue precipitado por diversos factores como el riego, precipitación pluvial, formación de compuestos, quelatos, carbonatos, etc., tal como lo corroboran Alloway (1995) y Silviera *et al*. (2003) donde mencionan que, con el incremento del pH del suelo disminuyen la biodisponibilidad de los metales pesados para las plantas, debido a que se precipitan como hidróxidos insolubles, carbonatos y complejos orgánicos.

El pH es un parámetro importante al momento de definir la movilidad del catión, ya que el pH del medio condiciona fuertemente la absorción de metales pesados en el suelo. A pH ácidos la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles, cualquier cambio que sufra el pH va afectar la formación de complejos de hidróxidos y carbonatos de diferentes especies químicas. En zonas de pH moderadamente alto los metales se precipitan en forma de hidróxidos (Cruz y Alcalá, 2007).

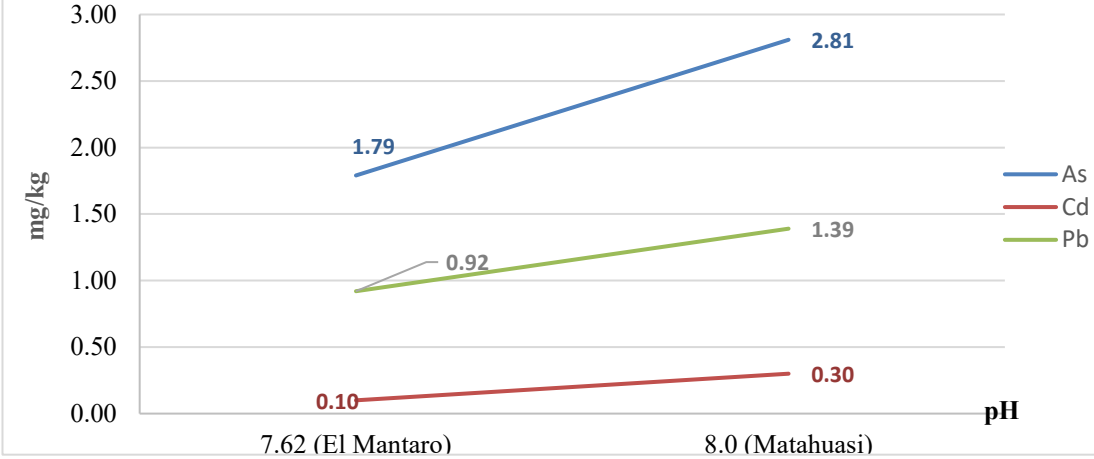
Después del análisis final de metales pesados del suelo en El Mantaro, hubo una reducción del As de 43.97 %, Cd de 63.79 % y de Pb de 20.14 % y la reducción de metales pesados en el suelo de Matahuasi fue de As 21.74 %, Cd 49.7 % y de Pb 49.11, y como se indica párrafos arriba una pequeña fracción fue absorbida por la planta y el resto precipitado en sus diferentes formas.

Concentración de metales pesados en la raíz de *Cucurbita pepo*

Tabla 5. Contenidos de metales en la raíz de *Cucurbita pepo.*

pH	mg/kg As	Cd	Pb
7,62 (El Mantaro)	1,79	0,10	0,92
8,0 (Matahuasi)	2,81	0,30	1,39

Figura 4. Contenidos de metales en la raíz de *Cucurbita pepo*



En la tabla 5 y figura 4 del contenido de metales en la raíz de *Cucurbita pepo*; se observa que, en la localidad de Matahuasi hubo mayor absorción de As, Cd y Pb por parte de la raíz, superando a las raíces procedentes de la localidad de El Mantaro, esto se debe a que en los suelos de la localidad de Matahuasi hubo mayor contenido de metales pesados en el análisis inicial del suelo. Demostrando que la *Cucurbita pepo* extrae metales pesados del suelo por la raíz como describe EPA (1996) donde menciona que, la captura de metales contaminantes que realizan las plantas a través de las raíces y su posterior acumulación en raíces, tallos y hojas es conocida como fitoextracción, o fitoacumulación, y EPA (1998) también menciona que, a través del crecimiento de su biomasa las especies vegetales recuperan y asimilan metales contaminantes como el cadmio, cromo, plomo, zinc y mercurio), con la rizofiltración que realizan las raíces de las plantas se puede realizar la filtración de los metales presentes en el agua.

Complementando Vásquez (2005), menciona que, en su gran mayoría en las plantas el As se ubica en la raíz, formando complejos.

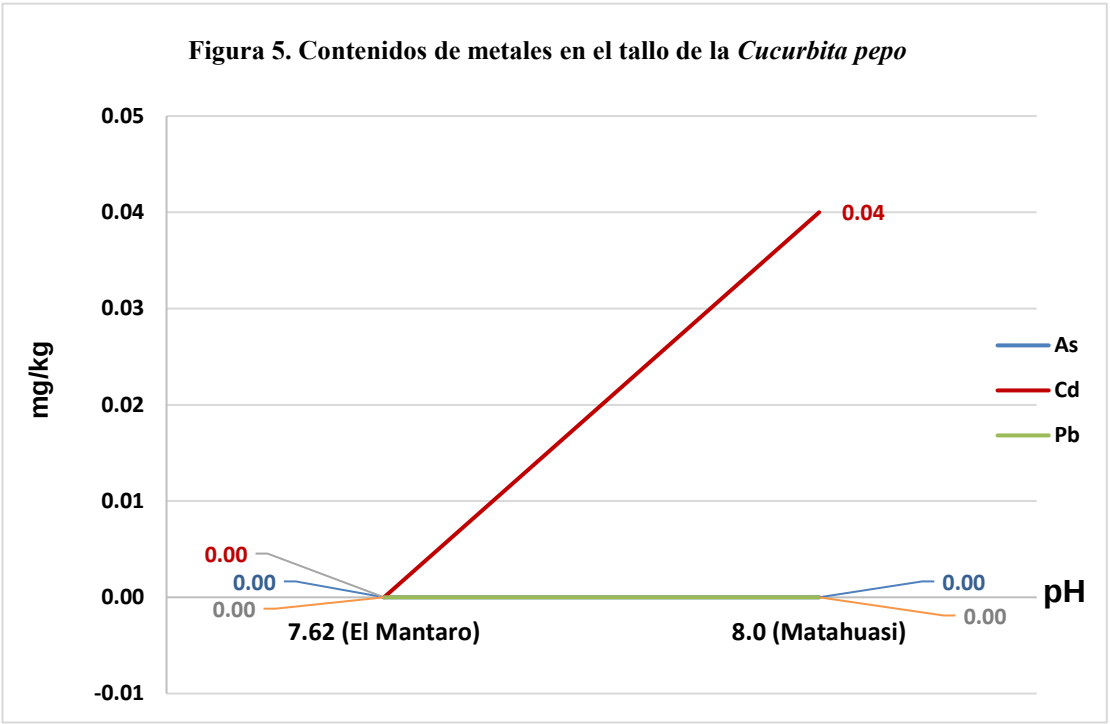
Concentración de metales pesados en el tallo de *Cucurbita pepo*

Tabla 6. Contenidos de metales en el tallo de *Cucurbita pepo*

pH	mg/kg As	Cd	Pb
7,62 (El Mantaro)	< 0,05	< 0,02	< 0,02
8,0 (Matahuasi)	<0,05	0,04	< 0,02

< 0,02; < 0,05 valores por debajo del límite de detección.

Figura 5. Contenidos de metales en el tallo de la *Cucurbita pepo*



En la tabla 6 y figura 5 del contenido de metales en el tallo de *Cucurbita pepo*; se observa que, el As y Pb se encuentran por debajo de los límites de detección en el análisis de metales pesados; es decir, que la presencia de estos metales en el tallo de *Cucurbita pepo* son extremadamente mínimos. Mientras que, el Cd en la localidad de El Mantaro se encuentra por debajo de los límites de detección y en Matahuasi hay una mínima presencia de 0,04 mg/kg. Esto indica que, la presencia del Cd en el tallo de la planta en Matahuasi fue debido a que en el análisis inicial la cantidad de Cd en el suelo fue alto, esto nos indicaría que a elevadas concentraciones de este metal en el suelo, habría una acumulación en el tallo en este cultivo; además, este suelo en su composición presenta arcillas del tipo montmorrillonítica y un contenido mayor de materia orgánica en comparación con el suelo de El Mantaro, como lo corroboran Rimassa *et al.* (2006) donde menciona

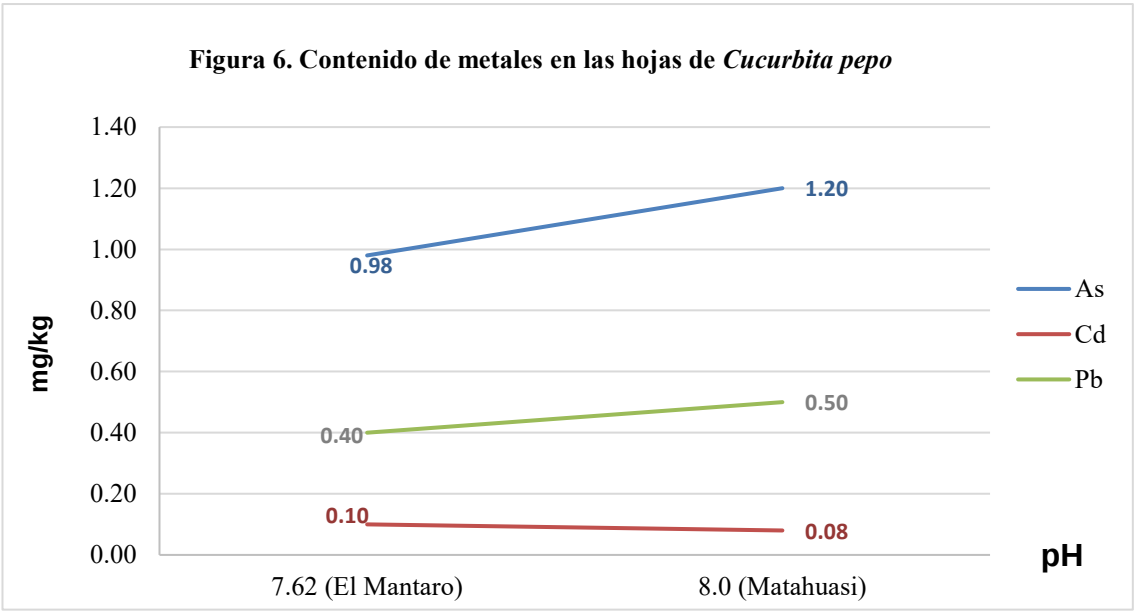
que, la CIC y el grado de retención de los cationes metálicos en el suelo, son afectados por el tipo de arcilla que tiene el suelo; las arcillas montmorrilloníticas tienen elevada capacidad de retener Cd y las kandíticas poseen baja capacidad de retención y ATSDR (2012) nos dice que, en el suelo la materia orgánica se une fuertemente al cadmio; y puede ser absorbida en esta forma por las plantas e ingresar a las cadenas alimentarias.

Concentración de metales pesados en la hoja de *Cucurbita pepo*

Tabla 7. Contenido de metales en las hojas de *Cucurbita pepo*

pH	mg/kg		
	As	Cd	Pb
7,62 (El Mantaro)	0,98	0,10	0,40
8,0 (Matahuasi)	1,20	0,08	0,50

Figura 6. Contenido de metales en las hojas de *Cucurbita pepo*



En la tabla 7 y figura 6 del contenido de metales en la hoja de *Cucurbita pepo*; se observa que, en la localidad de Matahuasi hay mayor absorción de As y Pb, esto debido a que el suelo en el análisis inicial tuvo mayor concentración de metales pesados y por efecto del pH, mientras que, en el Cd la absorción por parte de la hoja fue casi similar debido a que su contenido inicial en los suelos son bajos, como lo corroboran Galán y Romero (2008) que mencionan que, a pH ácido tienden a estar más disponibles la mayoría de los metales, porque no son adsorbidos fuertemente, a excepción de los metales como el As, Mo, Se y Cr, que a pH alcalino son más

móviles. También Howard y Sova (1993) mencionan que, en las fases solidas del suelo la distribución del Pb depende básicamente del pH y la CIC. La fase sólida de más influencia en el proceso de adsorción de este elemento llega a ser la materia orgánica. Diversos estudios indican que, el Pb se une a la materia orgánica y primordialmente a hidróxidos de Fe-Al, óxidos de Fe-Mn y minerales de arcilla. (Nolan, *et ál*., 2003 y Kabata-Pendías, 1992) mencionaron que, en las capas superficiales del suelo el Pb se distingue por estar permanentemente en formas insolubles. Si el suelo tiene pH elevados, el Pb puede llegar a precipitarse como fosfato y carbonato o como hidróxido, y a pH bajos se llega a solubilizar muy lentamente.

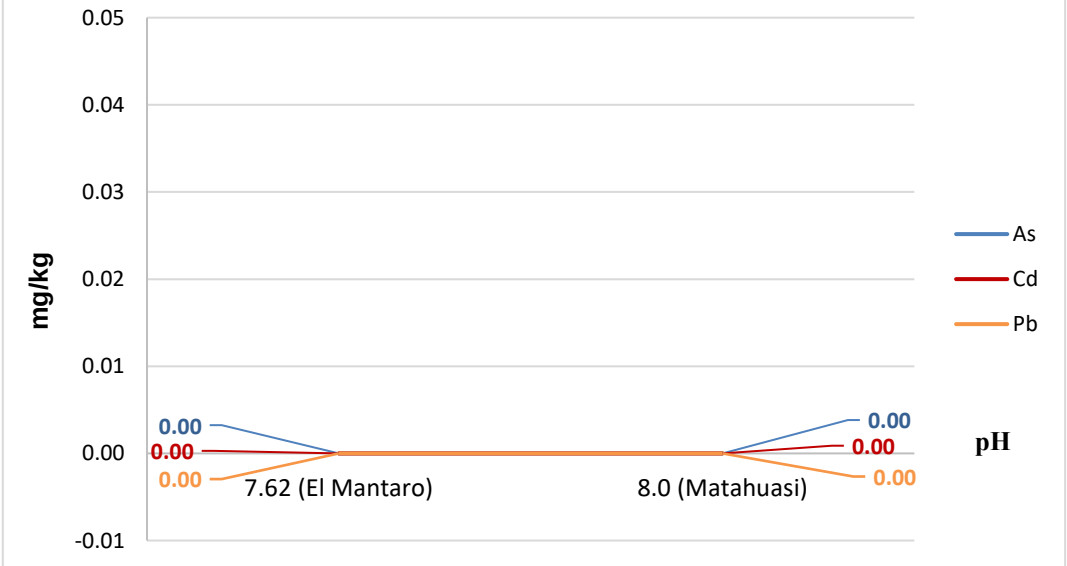
Concentración de metales pesados en el fruto de *Cucurbita pepo*

Tabla 8. Contenido de metales en el fruto de *Cucurbita pepo*

		mg/kg	
pH	**As**	**Cd**	**Pb**
7,62 (El Mantaro)	<0,05	<0,02	<0,02
8,0 (Matahuasi)	<0,05	<0,02	<0,02

< 0,02; < 0,05 valores por debajo del límite de detección

Figura 7. Contenido de metales en el fruto de *Cucurbita pepo*



En la tabla 8 y figura 7 del contenido de metales en el fruto de *Cucurbita pepo*; se observa que, en ambos suelos, el As, Cd y Pb se encuentran por debajo de los límites de detección en el análisis de metales pesados; es decir, que la presencia de

estos metales en el fruto de *Cucurbita pepo* son extremadamente mínimos, como lo corroboran Kastory (1998); Simón (1998) donde se conoce que, normalmente en la sucesión que va de la raíz, hacia el tallo, las hojas, los frutos y las semillas la disposición de estos metales pesados tienen un carácter selectivo en las plantas; a pesar de ello, hay ciertos metales pesados que prefieren acumularse en algun lugar especial de la planta. (Andersen, 1986) y Reeves (1999) y Zhao (2002) mencionan que, generalmente no es muy efectivo el transporte de As en la mayoría de especies vegetales y suele permanecer en las raíces, excepto en aquellas plantas que tienen una capacidad excepcional de acumular As en la parte aérea.

3.5. ANALISIS DE VARIANZA DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN EL SUELO – INICIO Y FINAL

Tabla 9. Análisis de Varianza del contenido de metales pesados en el suelo (análisis inicial)

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Localidades	1	5,296	5,296	3,011	**n.s.**
Metales pesados	2	1406,297	703,148	399,829	* *
Error	2	3,517	1,759		
TOTAL	5	1415,110			

S = 1,326 $\quad \bar{x} = 23,487$ C.V. = 5,65 %

En la tabla 9 del análisis de varianza del contenido de metales pesados en el suelo (análisis Inicial); se observa que, en la fuente de metales pesados existe diferencia estadística altamente significativa (Pr ≥ 0,01); esto indica que, los diferentes metales pesados en el suelo presentan diferentes concentraciones. Debido especialmente a la fuente utilizada en el suelo.

El coeficiente de variabilidad de 5,65 % es considerado como “muy bajo” (Osorio, 2000), el que señala que dentro de cada metal pesado la concentración en las localidades es muy homogénea.

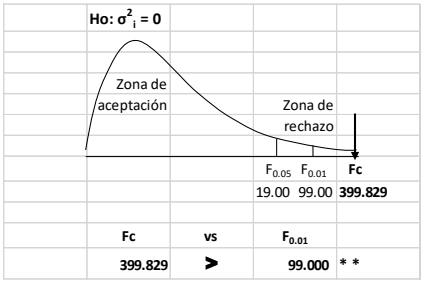


Tabla 10. Prueba de significación de los promedios de las concentraciones de los metales pesados (inicial), según Duncan

O.M.	Tratamiento	Promedio	Significación
1	Pb	40,690	a
2	As	26,270	b
3	Cd	3,501	c

$A.L.S._{(0.05)}$= 5,711

En la tabla 10 de la prueba de significación de los promedios de las concentraciones de los metales pesados; se observa que, la presencia de Pb, As y Cd con concentraciones de 40,690 mg/kg; 26,270 mg/kg y 3,501 mg/kg respectivamente, muestran diferencia estadística significativa entre ellos, debido especialmente que el Pb proviene del uso de fertilizantes en mayor cantidad en el suelo agrícola utilizado en el presente estudio, el uso de fungicidas cúpricos y los riegos con aguas provenientes del canal CIMIRM. Incluso de estas aguas la mayor registrada fue el As; mientras que el Cd tuvo menor presencia en los suelos, como menciona Alloway (1995) nos indica que, en muchas partes del planeta una fuente importante de metales en el suelo lo constituyen las prácticas agrícolas, especialmente en lugares donde se practica una intensa actividad agrícola. También menciona (Alloway, 1995) que las fuentes principales son:

- Las impurezas de los fertilizantes químicos como el Pb, Cr, Cd, Mo, Zn, etc.
- Las aguas y fangos residuales; como el Pb, Cu, Cd, Zn, Ni, etc.
- El estiércol que generan los cerdos y aves, como el As, Cu y Zn.
- Los Plaguicidas, que tienen metales como el Pb, Cu, Hg, As, Zn y Mn.
- Los residuos procedentes de los fertilizantes orgánicos como el Pb, Cd, Ni y Zn.

Tabla 11. Análisis de Varianza del contenido de metales pesados en el suelo (análisis final)

F de V	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Sig.
Localidades	1	0,595	0,595	0,012	**n.s.**
Metales pesados	2	645,303	322,651	6,264	**n.s.**
Error	2	103,021	51,511		
TOTAL	5	748,919			

S = 7,177 $\quad \bar{x}$ = 15,342 $\quad$ C.V. = 46,78 %

En la tabla 11 del análisis de varianza del contenido de metales pesados en el suelo (análisis final); se observa que, en la fuente de metales pesados no existe diferencia estadística significativa (Pr ≤ 0,05); esto indica que, los diferentes metales pesados en el suelo presentan concentraciones similares. Debido a la absorción por la planta y perdida en mayor cantidad por diferentes precipitados.

El coeficiente de variabilidad de 46,78 % es considerado como "muy alto" (Osorio, 2000), el que señala que dentro de cada metal pesado la concentración en las localidades es muy heterogénea.

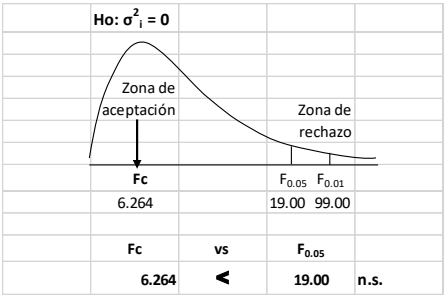


Tabla 12. Prueba de significación de los promedios de las concentraciones de los metales pesados (final) según Duncan.

O.M.	Tratamiento	Promedio	Significación
1	Pb	40,690	a
2	As	26,270	a b
3	Cd	3,501	b

A.L.S.$_{(0.05)}$= 30,907

En la tabla 12 de la prueba de significación de los promedios de las concentraciones de los metales pesados; se observa que, los metales Pb y As con promedios de 40,690 mg/kg y 26,270 mg/kg respectivamente, no muestran diferencia estadística significativa debido a que presentan las mayores

concentraciones en el suelo; sin embargo, supera estadísticamente a la concentración de Cd que presentó un promedio de 3,501, esto debido a que el Cd en sus diferentes fuentes (Fertilizantes, fungicidas, riegos, etc.) viene en baja concentración y por lo tal su presencia en el suelo es menor.

Absorción de metales pesados (As, Cd y Pb) del suelo, por el cultivo de *Cucurbita pepo*

Figura 8. Absorción de As en diferentes partes de la planta de *cucurbita pepo*

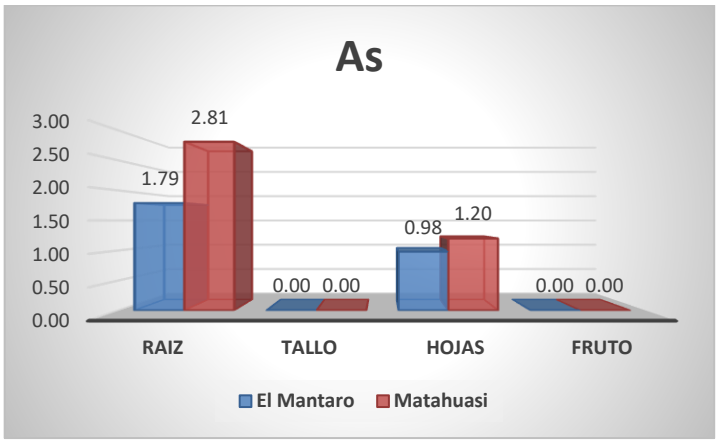


Figura 9. Absorción de Cd en diferentes partes de la planta de *cucurbita pepo*

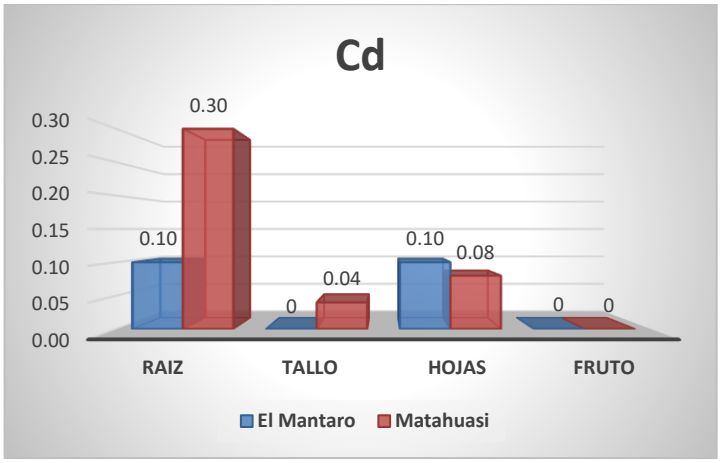
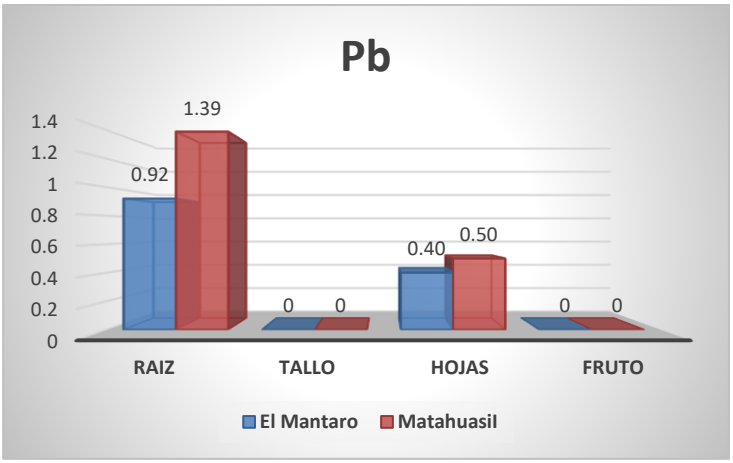


Figura 10. Absorción de Pb en diferentes partes de la planta de *cucurbita pepo*



En las figuras 8, 9, y 10 de la absorción de As, Cd y Pb, se observa que la mayor absorción de estos metales pesados fue por la raíz, seguido de las hojas con una mínima o casi nada de absorción de este metal por parte de los tallos de plantas de Matahuasi, para las hojas y el fruto de plantas de El Mantaro tuvieron valores por debajo de los límites de detección.

Esto indica que, en el fruto no hay presencia de metales pesados lo que favorece al productor y al consumidor. Además, se puede utilizar esta planta como un medio de remediación de metales pesados porque solo extrae metales pesados por la raíz y las hojas.

Conclusiones

En el suelo agrícola de Matahuasi el pH fue de 8,00 considerado como “básico”; mientras que, en el suelo agrícola de El Mantaro el pH fue de 7,62, considerado como “moderadamente básico”.

En el análisis inicial de metales, en los suelos de Matahuasi se encontró As 28,270 mg/kg, Cd 4,099 mg/kg y Pb 40,910 mg/kg de suelo respectivamente; así mismo, en los suelos de El Mantaro el contenido de As fue de 24,270 mg/kg, Cd 2,902 mg/kg y Pb 40,470 mg/kg de suelo respectivamente.

La concentración de metales pesados en la raíz de *Cucurbita pepo* de la localidad de Matahuasi detectó As 2,81 mg/kg, Cd 0,30 mg/kg, y Pb 1,36 mg/kg y en los suelos de El Mantaro el contenido de metales pesados en la raíz fue de As 1,79 mg/kg, Cd 0,10 mg/kg y Pb 0,92 mg/kg respectivamente. El contenido de metales pesados en el tallo de *Cucurbita pepo* solo fue detectado en la Localidad de Matahuasi, el Cd con 0,04 mg/kg y el resto en las dos localidades no fue detectado por estar por debajo de los límites de detección. En el contenido de metales pesados en la hoja de *Cucurbita pepo* en la localidad de Matahuasi As 1,20 mg/kg, Cd 0,08 mg/kg y Pb 0,50 mg/kg de hoja respectivamente y en la localidad de El Mantaro se detectó As 0,98 mg/kg, Cd 0,10 mg/kg y Pb 0,40 mg/kg de hoja respectivamente. La concentración de metales pesados en el fruto de *Cucurbita pepo* no fueron detectados o estuvieron por debajo de los límites de detección.

En el análisis final en los suelos de Matahuasi tuvo As 22,200 mg/kg, Cd 2,062 mg/kg y Pb 20,820 mg/kg, en los suelos de El Mantaro contenía As 13,600 mg/kg, Cd 1,051 mg/kg y Pb 32,320 mg/kg.

Esto indica que, el cultivo de *Cucurbita pepo*, extrae metales pesados solo por la raíz y la hoja, indicándonos que es una planta remediadora, presentando un fruto libre de metales pesados.

Recomendaciones

Se recomienda sembrar *Cucurbita pepo* en campos agrícolas del valle del Mantaro, por ser una planta remediadora de metales pesados.

Realizar réplicas del presente trabajo en ambas márgenes del rio Mantaro para determinar los parámetros de absorción de metales pesados por parte de la planta.

Incluir en la dieta alimenticia la *Cucurbita pepo* ya que son muy ricos en nutrientes y presenta un fruto libre de metales pesados.

Referencias bibliográficas

Akerblom, S. (2006). Anthropogenic heavy metals in organic forest soils. Swedish University of Agricultural Services. Uppsala.

Arenas-Lago, D. (2015). Metales pesados en suelos. Identificación de sorbentes, distribución entre fases amorfas y cristalinas y respuesta fisiológica de especies nativas (Tesis Doctoral). Universidad de Vigo.

Avelino, C. (2013). Eficacia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en Villa de Pasco (Tesis de maestría). Universidad Nacional del Callao, Callao-Perú.

Adriano, D.C. (1986) Trace elements in the terrestrial environment. Springer-Verleg, N.Y.

Adriano, D.C., (2001a). Trace Elements in Terrestrial Environments, 2nd ed. Springer-Verlag New York, New York. Doi: 10.1007/978-0-387-21510-5

Adriano, D.C., (2001b). Trace elements in terrestrial environments. Biogeochemistry, bioavailability and risks of metals., Springer-V. ed. New York.

Agencia de Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR) (2012). Declaración de salud pública para el cadmio. Available at: http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp.asp?id=48&tid=15.

Alkorta, I., Hernández-Allica, J., Becerril, J.M., Amezaga, I., Albizu, I., Garbisu, C., (2004). Recent Findings on the Phytoremediation of Soils Contaminated with Environmentally Toxic Heavy Metals and Metalloids Such as Zinc, Cadmium, Lead, and Arsenic. Rev. Environ. Sci. Bio/Technology 3, 71–90. doi:10.1023/B:RESB.0000040059.70899.3d

Alloway, B.J. (1995). Heavy Metals in Soils. Blackie Academic & Professional. Londres. 370 pp

Alloway, B. J. (ed.). (1994). Heavy Metals in Soils. Springer; 2nd edition, USA. 384 p.

Alloway, B.J. (ed.) (1990): Heavy metals in soils. Blackie. 399 p.

Alloway, B.J. (1995). Heavy metals in soils (2nd ed.). Blackie & Son Ltd. Glasgow, Scotland.

Alloway, B.J. (2010). The origin of heavy metals in soils. In: Alloway, B.J. (Ed.). Heavy metals in soils. Springer. New York.

Álvarez-López, V., Prieto-Fernández, Á., Cabello-Conejo, M.I., Kidd, P.S., (2016). Organic amendments for improving biomass production and metal yield of Ni-hyperaccumulating plants. Sci. Total Environ. 548-549, 370–9. doi:10.1016/j. scitotenv.2015.12.147

Andersen, A. (1986). Cadmiun in sunflower seed. Brom-NyT. Denmark. V. 9 (5). pp. 54-60 del suelo. 36 pp.

Andrade, M.L., Bao, M., Guitián, F. (1985) Adición de lodos residuales a un suelo ácido: influencia sobre el contenido total, disponibilidad y absorción por el cultivo de Zn, Pb, Cr y Cd. An. Edafol. Agrobiol. 44:1141-1156.

Antoniadis, V., Golia, E.E. (2015). Sorption of Cu and Zn in low organic matter-soils as influenced by soil properties and by the degree of soil weathering. Chemosphere. 138: 364-369.

Antoniadis, V., Levizou, E., Shaheen, S.M., Ok, Y.S., Sebastian, A., Baum, C., Prasad, M.N.V., Wenzel, W.W., Rinklebe, J. (2017). Trace elements in the soil-plant interface: phytoavailability, translocation, and phytoremediation–a review. Earth-Science Reviews. 171: 621-645.

Appel, C., Ma, L. (2002) Concentration, pH, surface charge effects on Cadmium and Lead sorption in three tropical soils. J. Environ. Qual. 31: 581-589.

Arco-Lázaro, E., Agudo, I., Clemente, R., Bernal, M.P., (2016). Arsenic (V) adsorption-desorption in agricultural and mine soils: Effects of organic matter addition and phosphate competition. Environ. Pollut. 216, 71–79. doi:10.1016/j. envpol.2016.05.054.

Asociación Española de Fabricantes de Nutrientes (AEFA 2019). Clasificación del pH., Valencia España. Available at: https://aefa-agronutrientes.org/glosario-de-terminos-utiles-en agronutricion/clasificacion-del-ph.

Audet, P; Charest, C. (2007). "Dynamics of arbuscular mycorrhizal symbiosis in heavy metal phytoremediation: Meta-analytical and conceptual perspectives". Environmental Pollution. (12 de enero de 2018). Available at:

http://mycorrhiza.ag.utk.edu/latest/latest07/07_8audet1.htm

Badillo Germán, J.F. (1985) Curso básico de toxicología ambiental. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. Metepec; ECO. Tab. p. 205-29.

Bautista Zúñiga F. (1999). Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales Vol.1. UADY.

Baker, A.J.M., Brooks, R.R., (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements - a review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery 1, 81–126.

Baker AJM, Brooks RR. (1989) Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements a review of their distribution, ecology and phytochemistry. (12 de abril de 2018). Available at: http://www.researchgate.net/publication/247713966_Terrestrial_Higher_Plants_Which_Hyperaccumulate_Metallic_Elements_A_Review_of_Their_Distribution_E

Balsberg, A.-M. (1989) Toxicity of heavy metals (Zn, Cu, Cd, Pb) to vascular plants. A literatura review. Water Air and Soil Pollution 47: 287-319.

Barceló, J., Poschenrieder, C., (2003). Phytoremediation: principles and perspectives. Contrib. To Sci. 2, 333–344.

Barceló, J., Poschenrieder, Ch. (1992) Respuestas de las plantas a la contaminación por metales pesados. Suelo y Planta 2: 345-361.

Basta, N.T.; Tabatabai, M.A. (1992). Effect of cropping systems on adsorption of metals by soils: II. Effect of pH. Soil Science, 153, 195- 204.

Batjes, N.H. (2000) Soil vulnerability to diffuse pollution in central and eastern Europe (SOUVER Project). p. 55. FAO and ISRIC.

Becerril, J.M., Barrutia, O., García-Plazaola, J.I., Hernández, A., Olano, J.M., Garbisu, C., (2007). Especies nativas de suelos contaminados por metales: aspectos ecofisiológicos y su uso en fitorremediación. Ecosistemas 16, 50–55. doi:10.7818/re.2014.16-2.00

Beltrán, M. (2001). Fitoextracción en suelos contaminados con cadmio y zinc usando especies vegetales comestibles (Tesis de Maestria). Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F.

Beesley, L., Inneh, O.S., Norton, G.J., Moreno-Jiménez, E., Pardo, T., Clemente, R., Dawson, J.J.C., (2014). Assessing the influence of compost and biochar amendments on the mobility and toxicity of metals and arsenic in a naturally contaminated mine soil. Environ. Pollut. 186, 195–202. doi:10.1016/j. envpol.2013.11.026.

Bergkvist, B., Folkeson, L., Berggren, D. (1989) Fluxes of Cu, Zn, Pb, Cd, Cr and Ni in temperate forest ecosystems. Water Air and Soil Pollution 47: 217-286.

Bowen, H. J. K. (1979). Environmental Chemistry of the Elements. Academic press, New York. 333 p.

Breckle S., (1991). Growth under stress: heavy metals. En: Waisel, Y., Eshel, A., Kafkaffi, V., (eds.), "Plant roots: the hidden half". Marcel Dekker, Inc., New York. p. 351-373

Casas, J. S.; Sordo, J. (2006). An overview of the historical importance, occurrence isolation, properties and applications of lead. *In:* Casas, J. S.; sordO, J. (eds.). Lead Chemistry, Analytical Aspects, Environmental Impact and Health Effects. Elsevier, U.K. pp. 1–40.

Cui, S., & Chao, L. (2006). Absorption and accumulation of heavy metals by plants around a smelter. Chinese Journal of Applied Ecology, 17 (3): 512-515.

Chaney, R.L., Malik, M., Li, Y.M., Brown, S.L., Brewer, E.P., Angle, J.S., Baker, A.J., (1997). Phytoremediation of soil metals. Curr. Opin. Biotechnol. 8, 279–284. Doi: 10.1016/S0958-1669(97)80004-3

Chen, Y. et al., **(**2013**)**. Accumulation and health risk of heavy metals in vegetables from harmless and organic vegetable production systems of China. Ecotoxicology and Environmental Safety. DOI: http: //dx.doi.org/10.1016/j. ecoenv.2013.09.037

Chen-Yuan, M.; Cui-Shi, M.; Wang-Ruo, Q.; Han-Feng, Y.; Chen, Y. M.; Cui, S.M.; Wang, R. Q.; Han, F. Y. (1997). Studies on fruit development law of seed pumpkin during the fruiting stage. Acta Agriculturae Boreali Sinica 12(1): pp.72-76.

Cruz, M., Alcalá G. (2007). La contaminación de suelos y agua. Su prevención con nuevas sustancias naturales. Secretariado de publicaciones de la Universidad de Sevilla España. pp. 251.

Cui, S., Zhou, Q., Chao, L. (2006). Absorption and accumulation of heavy metals by plants around a smelter. Chinese Journal of Applied Ecology. 17(3): pp. 512-515.

Cunningham, S.D., Berti, W.R., Huang, J.W., (1995). Phytoremediation of contaminated soils. Trends Biotechnol. 13, 393–397. Doi: 10.1016/S0167-7799(00)88987-8 drainage in wetlands: A critical review. Minerals Engineering 19, pp. 105-116.

Diez, J., Kidd, P. y Mon|terroso, C. (2009). Biodisponibilidad de metales en suelos y acumulación en plantas en el área de Trásos-Montes (NE Portugal): influencia del material original. España: Sociedad española de la Ciencia del suelo. 17: pp. 313–328.

Dueñas, J. (2014). Propuesta de diseño en batch para remoción de plomo (III) desde solución acuosa, empleando un material adsorbente cubano. Revista estudiantil nacional de Ingeniería y Arquitectura RENIA, 5: pp. 40-44.

Echeverría, J., Zarranz, I., Estella, J., Garrido, J. (2005) Simultaneous effect of pH, temperature, ionic strength, and initial concentration on the retention of lead on illite. Applied Clay Science 30: pp. 103-115.

Echeverría, J.C., Morera, M.T., Mazkiarán, C., Garrido, J.J. (1998) Competitive sorption of heavy metal by soils. Isotherms and fractional factorial experiments. Environ. Pollut. 101: pp. 275-284.

Emsley, J. (2005). The Elements of Murder. Oxford university press, Oxford. p. 421.

EPA. (1996). Guía del Ciudadano: Medidas fitocorrectivas. Organismo para la Protección del Medio Ambiente (E.U.). Desechos Sólidos y Respuesta en Situaciones de Emergencia (5102 G). EPA 542-F-96-025. Septiembre de 1996.

EPA. (1998). A. Citizen´s Guide to Phytoremediation. United States Environmental Protection Agency. Office of Solid Waste and Emergency Response. (5102G), EPA 542-F98-011 agosto, 1998.

Esquinas-Alcázar J. T. and P. J. Gulick (1983) Genetic Resources of Cucurbitaceae: A Global Report. International Board for Plant Genetic Resources Secretariat. Rome, Italy. p.101.

Falcó, G. y J. Martí. 2012. Riesgo tóxico por metales presentes en alimentos. España.

Fitz, W.J., Wenzel, W.W., (2002). Arsenic transformations in the soil-rhizosphere-plant system: fundamentals and potential application to phytoremediation. J. Biotechnol. pp. 99, 259–78.

Galán Huertos, E., Romero Baena, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. Macla. pp. 10, 48-60.

Gálvez-Cloutier, R., Dubé, J-S (1998) An evaluation of fresh water sediments contamination: The Lachine canal sediments case, Montreal, Canada. Part II: Heavy metal particulate speciation study. Water Air and Soil Pollution. pp. 102, 281-302.

González, Miranda, M. I. (2017). Mejoramiento de la fitoextracción en plantas nativas en suelos contaminados por actividades mineras en Puchuncaví y Quintero. TDX (Tesis Doctorals En Xarxa). Retrieved from http://www.tdx.cat/handle/10803/404215

Greipsson, S., (2011). Phytoremediation. Nature Education Knowledge. p. 2, 7.

Groot, A.C., Peijnenburg, W.J.G.M., Hoop, M.A.G.T., Ritseman, R., van Veen, R.P.M. (1998) Heavy metals in Dutch field soils: an experimental and theoretical study on equilibrium partitioning. p. 46. RIVM, Bilthoven, Holanda.

Gu, B., Schmitt, J., Chen, Z., Liang, L., McCarthy, J.F. (1994). Adsorption and desorption of natural organic matter on iron oxide: mechanisms and models. Environmental Science & Technology. pp. 28: 38-46.

Guenkov, G. (1974). Fundamentos de la Horticultura Cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. pp. 169-172.

Grupta, D., Huang, H., & Corpas, F. (2013). Lead tolerance in plantas: strategies for phytoremediation. . Environ Sci Pollu|t Res. pp. 12: 2150–2161.

Gupta, U.; Gupta, S. C. (1998). Trace element toxicity relationships to crop production and livestock and human health: implications for management. Communications in Soil Science and Plant Analysis, New York, v. 29, n. 11/14, pp. 1491-1522.

Gunnar, N. (2012). Metales: propiedades químicas y toxicidad. Enciclopedia de la

OIT. España*:* D-INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo).

Hersterberg, D. (1998) Biogeochemical cycles and processes leading to changes in mobility of chemicals in soils. Agriculture, Ecosystems and Environment. pp. 67, 121-133.

Howard, J. L., and Sova, J. E. (1993). Sequential extraction analysis of lead in Michigan roadside soils: Mobilization in the vadose zone by deicing salts?: Journal of Soil Contamination, v. pp. 2, 361-378.

IBPGR, International Board for Plant Genetic Resources (1981). Revised Priorities Among Crops and Regions. International Board for Plant Genetic Resources Secretariat. Rome, Italy. p. 18.

Infante, C., Arco, D., & Angulo, E. (2013). Removal of lead, mercury and nickel using the yeast Saccharomyces cerevisiae. MVZ Córdova. pp. 4141-4149.

Jian wei W., Chen J., William R., Cunningham R. (1997). Phytoremediation of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction. Environmental Science & Technology. pp. 31, 800-805.

Jozefaciuk, G., Muranyi, A., Alekseeva, T. (2002) Effect of extreme acid and alkali treatment on soil variable charge. Geoderma. pp. 109, 225-243.

Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (1992). Trace elements in soil and plants.

Kabata-Pendias, A. (2011). Trace Elements in Soils and Plants (Fourth Edition). CRC Press. Boca Raton, Florida.

Kabata-Pendias, A. y Pendias, H. (1992): Trace elements in Soils and Plants. CRC Press, Boca Raton, Florida. p. 365.

Kabata-Pendias, A. (2000). Trace Elements in Soils and Plants. 3rd ed., CRC Press.

Kabata-Pendias, A., (2004). Soil–plant transfer of trace elements—an environmental issue. Geoderma. pp. 122, 143–149. doi:10.1016/j. geoderma.2004.01.004

Kastori, R., (1998). Effectof excess lead on sunflower growth and photosynthesis Journal of plant Nutrition. pp. 21, 2341-352.

Khan, M.A., Khan, S., Khan, A., Alam, M. (2017). Soil contamination with cadmium, consequences and remediation using organic amendments. Science of the Total Environment. pp. 601-602: 1591-1605.

Kidd, P., Mench, M., Álvarez-López, V., Bert, V., Dimitriou, I., Friesl-Hanl, W., Herzig, R., Janssen, J.O., Kolbas, A., Müller, I., Neu, S., Renella, G., Ruttens, A., Vangronsveld, J., Puschenreiter, M., (2015). Agronomic Practices for Improving Gentle Remediation of Trace Element-Contaminated Soils. Int. J. Phytoremediation. pp. 17, 1005–1037. doi:10.1080/15226514.2014.1003788

Krueger, E. J., Darland, S., Goldyn, R., Swanson, R., Lehmann, S., & Shepardson. (2013). Water Leaching of Chelated Pb Complexes from Post-Phytoremediation Biomass. WatervAir Soil Pollut. pp. 11, 1614–1618.

Kvesitadze, G.; Khatisashvili, G.; Sadunishvili, T.; Ramsden, J. J. (2006). Biochemical Mechanisms of De-toxification in Higher Plants. Basis of Phytoremediation. Springer-Verlag Berlin. Germany. p. 262.

Laegreid, M.; Bockman, O. C.; Kaarstad, E. O. (1999). Agriculture fertilizers and environment. Wallingford: CAB. p. 294.

Lasat, M.M.; N.S. Pence; D.F. Garvin; S.D. Ebbs & L.V. Kochian. (2000) "Molecular Physiology of zinc transport in the zinc hyperaccumulator Thlaspi caerulescens" (08 de enero de 2018). Available at: http://jxb.oxfordjournals.org/content/51/342/71.full.pdf

Lee, Y. J., Elzinga, E. J., & Reeder, R. J. (2005). Cu (II) adsorption at the calcite-water interface in the presence of natural organic matter: kinetic studies and molecular-scale characterization. *Geochimica et Cosmochimica*, Acta. 69: pp. 49-61.

León B. (2006) Cucurbitaceae endémicas del Perú. In: El Libro Rojo de las Plantas Endémicas del Perú. B León et al. (Ed). Revista Peruana de Biología 13: pp. 271s-274s.

LIRA S., R. (1995). Estudios Taxonómicos y Eco geográficos de las Cucurbitaceaes Latinoamericanas de Importancia Económica. UNAM. Instituto de Biología. IPGRI. D. F., México. p. 281.

López-Arias, M., Grau, J.M. (2005). Metales pesados, materia orgánica y otros parámetros de la capa superficial de los suelos agrícolas y de pastos de la España peninsular. I Resultados globales. INIA. Madrid. p. 256.

López-Falcón, R. (2002). Degradación del suelo: causas, procesos, evaluación e investigación. CIDIAT. Segunda edición. pp. 43-59.

Lokeshwari, H., & Chandrappa, G. T. (2006). "Impact of heavy metal contamination of Bellandur Lake on soil and cultivated vegetation".

Llugany, M., Tolrà, R., Poschnrieder, C., Barceló, J., (2007). Hiperacumulación de metales: ¿una ventaja para la planta y para el hombre?. Ecosistemas Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente .16 (2): p. 4-9.

Luo, C., Shen, Z., Li, X., (2005). Enhanced phytoextraction of Cu, Pb, Zn and Cd with EDTA and EDDS. Chemosphere 59, 1–11. doi:10.1016/j. chemosphere.2004.09.100

Maquerhua, Y., & Valverde, N. (2012). Evaluación del nivel de contaminación de los suelos en el distrito "El Mantaro" provincia de Jauja (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo-Perú.

Mandal, B.K., Suzuki, K.T., (2002). Arsenic round the world: a review. Talanta. pp. 58, 201–35.

Martínez, C.E., Motto, H. L. (2000) Solubility of lead, zinc and copper added to mineral soils. Environ. Pollut. pp. 107: 153-158.

Masscheleyn, P.H., Delaune, R.D., Patrick, W.H., (1991). Effect of Redox Potential and pH on Arsenic Speciation and Solubility in a Contaminated Soil. Environ. Sci. Technol. pp. 25, 1414–1419. Doi: 10.1021/es00020a008.

Matos, A.T., Fontes, M.P.F., da Costa, L.M., Martinez, M.A. (2001) Mobility of heavy metals as related to soil chemical and mineralogical characteristics of Brazilian soils. Environ. Pollut. pp. 111: 429-435.

Mattina, M.I.; Lannucci-Berger, W.; Musante, C. y White, J.C. (2003) "Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil". (20 de enero de 2018).
Available at:
http://pubget.com/paper/12758018/Concurrent_plant_uptake_of_heavy_metals_and_persistent_organic_pollutants_from_soil

Mayank, V., D. Rohan, K. Devendra y P. Manoj. (2011). Bioassay as monitoring system for lead phytoremediation through Crinum asiaticum L. Environ Monit Assess. pp. 9: 373–38.

Mc Graths S.P., Lombi E., Zhao F.J., Dunham S.J. (2001). Phytoremediationof heavy metals Contaminated Soils: Natura Hyperaccumulation versus Chemical Industry. Elsevier applied Sciencie. London.

McBride, M. (1994) Environmental chemistry of soils. Oxford University Press.

McGrath, S.P., Zhao, F.-J., (2003). Phytoextraction of metals and metalloids from contaminated soils. Curr. Opin. Biotechnol. 14, 277–282. Doi: 10.1016/S0958-1669(03)00060-0

McLean, J; Bledsoe, B. (1992). Behavior of metals in soils. Environmental Protection Agency. pp. 18: 1-25.

Mc Laughlin, M. J.; Singh, B. R. (1999). Cadmium in soils and plants: a global perspective. In: Mc Laughlin, M. J.; Singh, B. R. (Ed.). Cadmium in soils and plants. Dordrecht: Kluwer Academic. pp. 1-19.

Mehra, A.; Farago, M. E. (1994). Metal Ions and Plant Nutri-tion. In: M. E. Farago (ed.) Plants and the Chemical Ele-ments. Biochemistry, Uptake, Tolerance and Toxity. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany. pp. 31-66.

Méndez, M., & Maier, R. (2008). Phytostabilization of Mine Tailings in Arid and Semiarid Environments-An Emerging Remediation Technology. *Environ Health Perspect. 116*, 278-283.

Moreno-Jiménez, E., Clemente, R., Mestrot, A., Meharg, A. a, (2013). Arsenic and selenium mobilisation from organic matter treated mine spoil with and without inorganic fertilisation. Environ. Pollut. pp. 173, 238–44. Doi:10.1016/j. envpol.2012.10.017.

Nagaiyoti, P. C., Lee, K. D., & Sreekanth, T. V. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants. Enviromental Chemistry Letters. 8(3), pp. 199-216.

Nolan, A.L.; Mclaughlin, M.J. and Mason, S.D. (2003). Chemical Speciation of Zn, Cd, Cu, and Pb in Pore Waters of Agricultural and Contaminated Soils Using Donnan Dialysis, Environmental Science & Technology, 37 (1), pp. 90-98.

Nuñez, A., Martinez, S., Moreno, S., Cárdenas, M., García, G., Hernández, J., Castillo, I. (2008). Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio y níquel) en rábano (Raphanus sativus L.), brócoli (Brassica oleracea L. var. italica) y calabacín (Cucurbita pepo L. var. italica).

Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México.

Organizacion Mundial de la Salud. (septiembre de 2018). Recuperado el 20 de Julio de 2019, de http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/es/.

Olivares, Elizabeth y Peña, Eder. (2009). "Bioconcentración de elementos minerales en *Amaranthus dubius* (bledo, pira), creciendo silvestre en cultivos del estado Miranda, Venezuela, y utilizado en alimentación". (02 de marzo de 2018). Disponible en: http://www.scielo.org.ve/pdf/inci/v34n9/art04.pdf

Ortiz, I., Sanz, J., Dorado, M., Villar, S. (2007). Técnicas de recuperación de suelos contaminados. Madrid.

Osorio P. (2000). Glosario de estadística y diseños experimentales. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional del Centro del Perú. Primera edición Huancayo-Perú p. 5.

Osorio Saldívar, L.; Tovar Tovar, A.; Fortoul van der Goes, T. (1997). En: Albert Palacios, Lilia América. Introducción a la toxicología ambiental. Capítulo 13 p. 211-26. Metepec; ECO.

Padmavathiamma, P.K., Li, L.Y., (2007). Phytoremediation technology: Hyper-accumulation metals in plants. Water. Air. Soil Pollut. pp. 184, 105–126. Doi: 10.1007/s11270-007-9401-5.

Pérez G., M.; Márquez S., F.; Peña L., A. (1997). Mejoramiento Genético de Hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. p. 380.

Pilon-Smits, E. (2005). Phytoremediation. Annual Review of Plant Biology. 56: pp. 15-39.

Prasad M.N.V. (2004). Phytoremediation of metals in the environment for sustainable development. Proceedings of the Indian National Science Academy Part B 70, pp. 71-98.

Radziemska, M., Vaverková, M. D., & Baryła, A. (2017). Phytostabilization-management strategy for stabilizing trace elements in contaminated soils. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(9). http://doi.org/10.3390/ijerph14090958

Reeves R. D.; Baker, A. J.M.; Borhidi. A and Berazain, R. Nickel (1999). Hyperaccumulation in the Serpentine Flora of Cuba. Annals of Botany

83: 29±38, Article No. anbo.1998.0786, disponible en línea en: http://www.idealibrary.com.

Rieuwerts, J.S., Ashmore, M. R., Farago, M.E., Thorhton, I. (2006) The influence of soil characteristics on the extractability of Cd, Pb and Zinc in upland and moorland soils. Science of the Total Environment 366: pp. 864-875.

Rimassa, M. Adriana & León S, Olga & Acevedo, Edmundo. (2006). Metales pesados y biodisponibilidad.

Rodriguez, J., Valdez, R., Lara, J., Rodriguez, H., Vásquez, R., & Magallanes, R. (2006a). Soil nitrogen fertilization effect on phytoextractión of Cd and Pb by tobacco (Nicotiana tabacum L.). *Bioremediaton Journal*. pp. 105-114.

Rodríguez, R. G. (2006b). Los residuos minero metalurgicos en el medio ambiente.España: Instituto geologico y minero de España. Serie medio ambiente N◦ 11

Ross, S.M. (1994a): Retention, transformation and mobility of toxic metals in soils. En: Toxic Metals in Soil-Plant Systems, S.H. Ross, ed. John Wiley & Sons Ltd., London. pp. 63 -152.

Salt, D.E., Blaylock, M., Kumar, N.P., Dushenkov, V., Ensley, B.D., Chet, I., Raskin, I., (1995). Phytoremediation: a novel strategy for the removal of toxic metals from the environment using plants. Bio/technology 13, pp. 468–474. Doi: 10.1038/nbt0595-468

Sauvé, S., Dumestre, A., McBride, M., Hendershot, W. (1998) Derivation of soil quality criteria using predicted chemical speciation of Pb2+ and Cu2+. Environmental Toxicology and Chemistry 17: pp. 1481-1489.

Schindler, M., Durocher, J.L., Abdu, Y., Hawthorne, F.C. (2009). Hydrous silica coatings: Occurrence, speciation of metals, and environmental significance. Environmental Science & Technology. 43: pp. 8775-8780.

Selim, H. M. (2013). Transport and retention of heavy metal in soils. Competitive sorption. Advances in Agronomy, pp. 119:275-308.

Solís-Mendoza, F., Sahagún-Castellanos, J., Villanueva-Verduzco, C.-L. M., & Garcia-Mateos, M. (2012). Distribución de biomasa y acumulación de plomo en calabacita (*Cucurbita pepo* L.) cultivada en suelo contaminado. *Chapingo*. Pp. 197-205.

Selim, H.M. (2013). Transport and retention of heavy metal in soils. Competitive sorption. Advances in Agronomy. 119: pp. 275-308.

Sessitsch, A., Kuffner, M., Kidd, P., Vangronsveld, J., Wenzel, W.W., Fallmann, K., Puschenreiter, M., (2013). The role of plant-associated bacteria in the mobilization and phytoextraction of trace elements in contaminated soils. Soil Biol. Biochem. pp. 60, 182–194. Doi:10.1016/j. soilbio.2013.01.012

Sheoran, A.S., Sheoran, V., (2006). Heavy metal removal mechanism of acid mine.

Sheoran, V., Sheoran, A.S., Poonia, P. (2016). Factors Affecting Phytoextraction: A Review. Pedosphere. 26: pp. 148-166.

Silviera M.L.A., L.R.F. Alleonl, and L.R.G. Guilherme. (2003). Biosolids and heavy metals in soils. Scientia Agricola 60 (4): pp. 793-806.

Simon, L. (1998). Cadmium accumulation and distrtibution in sunflower plant. Journal of plant Nutrition 21: pp. 2341-352.

Singh, A. et al., (2010). Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. Tropical Ecology, 51(2 SUPPL.), pp.375-387. Available at: DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.

Smith, E., Naidu, R., Alston, a. M., (1998). Arsenic in the Soil Environment: A Review. Adv. Agron. 64, pp. 149–195. Doi: 10.1016/S0065-2113(08)60504-0

Smith, F.E.; Arsenault, E.A. (1996). Microwave-assisted sample preparation in analytical chemistry. Talanta. pp. 43, 1207-1268.

Sparks, D. (1995) Environmental soil chemistry. Academin Press, Inc., California.

Su, C., Jiang, L., Zhang, W., (2014). A review on heavy metal contamination in the soil worldwide: Situation, impact and remediation techniques. Environ. Skept. Critics 3, pp. 24–38. Doi: 10.1037/a0036071

Su, Y.H., McGrath, S.P., Zhu, Y.G., Zhao, F.J., (2008). Highly efficient xylem transport of arsenite in the arsenic hyperaccumulator Pteris vittata. New Phytol. pp. 180, 434–41. Doi:10.1111/j.1469-8137.2008.02584.x

Swaran, J. S. F.; Govinder, F.; Geetu, S. (2006). Environmental Occurrence, Health Effects and Management of Lead Poisoning, In: Casas, J. S.; Sordo, J. (eds.). Lead Chemistry, Analytical Aspects, Environmental Impact and Health

Effects. Elsevier, U.K. pp. 158–228.

Tandy, S., Bossart, K., Mueller, R., Ritschel, J., Hauser, L., Schulin, R., Nowack, B. (2004). Extraction of Heavy Metals from Soils Using Biodegradable Chelating Agents. Environmental Science & Technology. 38: pp. 937-944.

Tao, Y., Zhang, S., Jian, W., Yuan, C., Shan, X., (2006). Effects of oxalate and phosphate on the release of arsenic from contaminated soils and arsenic accumulation in wheat. Chemosphere 65, 1281–7. doi:10.1016/j.c hemosphere.2006.04.039

Tassi, E., Pedron, F., Barbafieri, M., Petruzzelli, G., (2004). Phosphate-Assisted Phytoextraction in As-Contaminated Soil. Eng. Life Sci. 4, 341–346. doi:10.1002/elsc.200420037

Tiller K.G. (1989). Heavy metals in soils and their environmental significance. Advances in soil Science. Pp. 9, 113-141.

Tóth, G., Hermann, T., Da Silva, M.R., Montanarella, L., (2016). Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. Environ. Int. 88, pp. 299–309. Doi:10.1016/j. envint.2015.12.017

Tyler, G., Balsberg, A.M., Bengtsson, G., Baath, E., Tranvik, L. (1989) Heavy metal ecology of terrestrial plants, microorganisms and invertebrates. A review. Water Air and Soil Pollution. pp. 47: 189-215.

USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). (1996). Soil Screening Guidance. Technical Background Document. U.S. Gov. Print. Office, Washington, D.C. USEPA Rep. 540/R-95/128.

Vangronsveld, J.; Clijsters, H. (1994). Toxic Effects of Me-tals. In: Farago, M. E. (ed.). Plants and the Chemical Ele-ments. Biochemistry, Uptake, Tolerance and Toxity. VCH Verlagsgesellschaft, Weinheim, Germany. pp. 149-177.

Vyslouzilova, M., Tlustos, O, Szakova, J., Pablicova, D. (2003) “As, Cd, Pb and Zn uptake by different Salix spp. Grown at soils enriched by high loads of these elements”. (10 de febrero de 2018) Available at: http://www.agriculturejournals.cz/publicFiles/52849.pdf

Vázquez, S., Agha, R., Granado, A., Sarro, M.J., Esteban, E., Peñalosa, J.M., Carpena, R.O. (2006). Use of white lupin plant for phytostabilization of Cd and As polluted acid soil. Water, Air, and Soil Pollution, pp. 177, 349-365.

Wetzel S., Banks M., Schwab A. (1997). Rhizosphere effects on the degradation of pyrene and anthracene in soil. En: Phytoremediation of soil and water contaminants. (E.L. Kruger, T.A. Anderson, and J.R. Coats, Eds.), ACS American Chemical Society Symposium Series 664.Washington, DC.

Yaron, B., Calvet, R., Prost, R. (1996). Soil pollution: Processes and dynamics. Springer-Verlag. Berlin.

Yin, Y., Impellitteri, C.A., You, S., Allen, H.E. (2002) The importance of organic matter distribution and extract soil: solution ratio on the desorption of heavy metals from soils. The Science of the Total Environment 287: pp. 107-119.

Yoon, J., X. Cao, Q. Zhou and L.Q. Ma. (2006) "Accumulation of Pb, Cu, and Zn in native plants growing on a contaminated Florida site". (10 de febrero de 2018) Available at: http://lqma.ifas.ufl.edu/publication/yoon-06.pdf

Yoo, M.S., James, B.R. (2003). Zinc exchangeability as a function of pH in citric acidamended soils. Soil Science. 168: pp. 356-367.

Yaron, B., Calvet, R., & Prost, R. (1996). Soil pollution: Processes and dynamics. Springer-Verlag.

Zhao, F.-J., McGrath, S.P., Meharg, A. a, (2010). Arsenic as a food chain contaminant: mechanisms of plant uptake and metabolism and mitigation strategies. Annu. Rev. Plant Biol. pp. 61, 535–559. Doi: 10.1146/annurev-arplant-042809-112152

Zhao, W. y Y. Wang. (2002). Coordination of joint pricing-production decisions in a supply chain. IIE Transactions 34(8), pp. 701-715. Doi: 10.1023/A: 1014972527002

Zhao, F.J.; R.E. Hamon; E. Lombi; M.J. McLaughlin & S.P. McGrath. (2002) "Characteristics of cadmium uptake in two contrasting ecotypes of the hyperaccumulator Thlaspi caerulescens" (02 de enero de 2018). Available at: http://jxb.oxfordjournals.org/content/53/368/535.full.pdf

Zheng, S.A., Zheng, X., Chen, C. (2012). Leaching behavior of heavy metals and transformation of their speciation in polluted soil receiving simulated acid rain. PLOS ONE. 7(11): e49664.

Anexos

Tabla 13. Clasificación de los suelos según el Valor del pH.

pH	Clasificación
< 4,5	Extremadamente ácido
4,5 – 5,5	Fuertemente ácido
5,6 – 6	Moderadamente ácido
6,1 -6,5	Ligeramente ácido
6,6 -7,3	Neutro
7,4 -7.8	Moderadamente básico
7,9 -8,4	Básico
8,5 – 9	Ligeramente alcalino
9,1 – 10	Alcalino
>10	Fuertemente alcalino

Fuente United States Department of Agriculture (USDA)

Tabla 14. Clases texturales de los suelos según el tamaño de las partículas

Nombres vulgares de los suelos (textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

Fuente. USDA

Tabla 15. Clasificación del contenido de materia orgánica

% Materia Orgánica	Clasificación
< 2	Bajo
2 - 4	Medio
> 4	Alto

Fuente. Reglamento de Clasificación de Tierras según su Capacidad de Uso Mayor, Lima, Perú.

Tabla 16. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Nivel	CIC (cmol/kg)
Muy Baja	< 4
Moderadamente Baja	4 – 8
Baja	8 – 12
Moderadamente Alta	12 – 20
Alta	> 20

Fuente. Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria, La Molina 2002

Tabla 17. Contenido total y absorción por la planta

El Mantaro	As	Cd	Pb
Inicial	24,270	2,902	40,470
Raíz	1,790	0,100	0,920
Tallo	<0,050	<0,020	<0,020
Hoja	0,980	0,100	0,400
Fruto	<0,050	<0,020	<0,020
Final	13,600	1,051	32,320

Tabla 18. Contenido total y absorción por la planta

Matahuasi	As	Cd	Pb
Inicial	28,270	4,099	40,910
Raíz	2,810	0,300	1,390
Tallo	<0,050	0,040	<0,020
Hoja	1,200	0,080	0,500
Fruto	<0,050	<0,020	<0,020
Final	22,200	2,062	20,820

Tabla 19. Estándar de Calidad Ambiental (ECA) para el suelo

ANEXO

ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS[2]	Usos del Suelo[1]			Métodos de ensayo [7] y [8]
	Suelo Agrícola[3]	Suelo Residencial/ Parques[4]	Suelo Comercial[5]/ Industrial/ Extractivo[6]	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260[9] EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos [10]	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total [15]	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192[16]
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

Fuente. Diario el Peruano

Figura 11: Mapa del lugar de instalación del lote 5b de la Estación Experimental Agropecuaria (E.E.A.) El Mantaro, Junín



Fuente: Archivos de la E.E.A El Mantaro - UNCP

Figura 12: Fotografía Satelital del lugar de Instalación del lote Camino Inca del IRD Yanamuclo Matahuasi



Fuente: Google Earth

Figura 13: Fotografía del lote 5b



Figura 14: Fotografía del lote Camino Inca



Figura 15: Fotografía de la toma de muestra inicial del suelo del lote 5b



Figura 16: Fotografía de la toma de muestra in inicial del lote Camino Inca

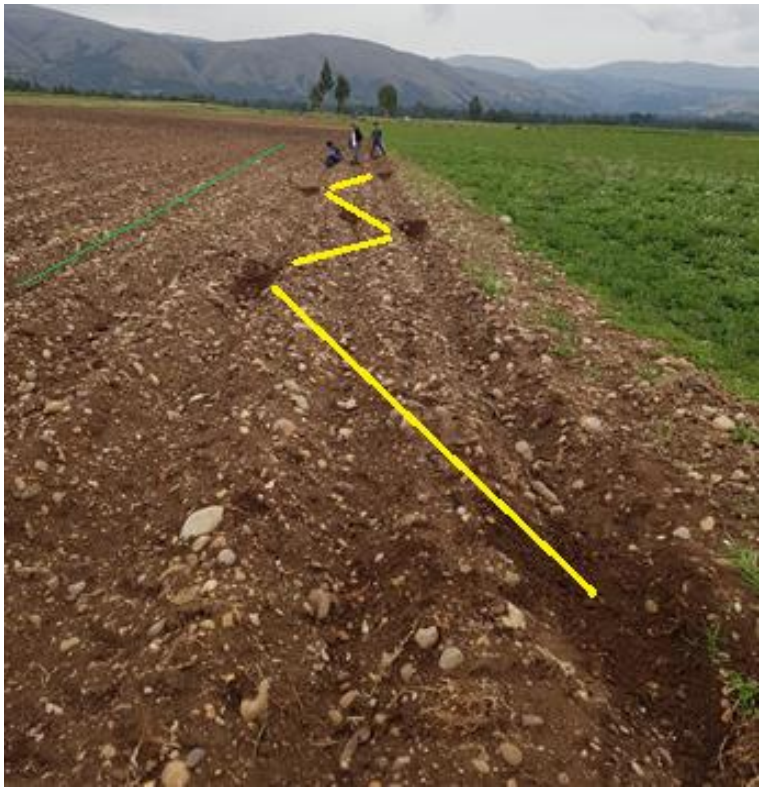


Figura 17. Fotografía de siembra de *Cucurbita pepo* en El Mantaro



Figura 18. Fotografía de siembra de *Cucurbita* pepo Matahuasi



Figura 19. Fotografía del tapado de semilla de *Cucurbita pepo* en El Mantaro



Figura 20. Fotografía de tapado de semilla de Cucurbita p*epo* en Matahuasi



Figura 21. Fotografía emergencia de *Cucurbita pepo* en El Mantaro



Figura 22. Fotografía emergencia de *Cucurbita pepo* en Matahuasi



Figura 23. Fotografía deshierbo y establecimiento de *Cucurbita pepo* en El Mantaro



Figura 24. Fotografía de deshierbo y establecimiento de *Cucurbita pepo* en Matahuasi



Figura 25. Fotografía de producción de fruto de *Cucurbita pepo*



Figura 26. Toma de muestras de la raíz de *Cucurbita pepo* en El Mantaro y Matahuasi



Figura 27. Toma de muestras del tallo de *Cucurbita pepo* en el Mantaro y Matahuasi





Figura 28. Toma de muestras de las hojas de *Cucurbita pepo* en El Mantaro y Matahuasi





Figura 29. Toma de muestras del fruto de *Cucurbita pepo* en El Mantaro y Matahuasi





Figura 30. Fotografía de toma de muestra de suelo para análisis final



Figura 31. Fotografía de picado de raíces *de Cucurbita pepo* para análisis de metales pesados en laboratorio



Figura 32. Fotografía de picado de hojas *de Cucurbita pepo* para análisis de metales pesados en laboratorio



Figura 33. Fotografía de picado de tallos *de Cucurbita pepo* para análisis de metales pesados en laboratorio



MATRIZ DE CONSISTENCIA

"Concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en *Cucurbita pepo"*

FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
• **Problema general** ▪ ¿Cuál es el grado de Concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en *Cucurbita pepo?* • **Problemas específicos** ▪ ¿Cómo varia el pH de los suelos contaminados con metales pesados de las localidades de Matahuasi y El Mantaro- Junín? ▪ ¿Cómo varía la concentración inicial de metales pesados por la influencia del pH de los suelos de Matahuasi y El Mantaro - Junín? ▪ ¿Cuál es la concentración de metales pesados en el cultivo de calabaza (*Cucurbita pepo*) en las localidades de Matahuasi y El Mantaro - Junín? ▪ ¿Cuál es el grado de concentración final de metales pesados en los suelos agrícolas de Matahuasi y El Mantaro - Junín? ▪ ¿Cómo influye el pH en la complejización de los metales pesados en el suelo?	• **Objetivo general** ▪ Determinar la concentración de metales pesados y la influencia del pH en suelos de Matahuasi y El Mantaro (Junín) en *Cucurbita pepo.* •**Objetivos específicos** ▪ Determinar la variación del pH de los suelos contaminados con metales pesados de las localidades de Matahuasi y El Mantaro- Junín. ▪ Determinar la concentración inicial de metales pesados por la influencia del pH de los suelos de Matahuasi y El Mantaro – Junín. ▪ Determinar la concentración de metales pesados en el cultivo de calabaza (*Cucurbita pepo*) en las localidades de Matahuasi y El Mantaro – Junín. ▪ Determinar el grado de concentración final de metales pesados en los suelos agrícolas de Matahuasi y El Mantaro - Junín. ▪ Determinar si el pH influye en la complejización de los metales pesados en el suelo.	• **Hipótesis general** ▪ El pH de los suelos influye en el contenido de metales pesados en raíces, tallos, hojas y frutos de la planta fitoextractora *Cucurbita pepo*. • **Hipótesis específicos** ▪ La caracterización física y química de los suelos de El Mantaro y Matahuasi influyen en las condiciones operacionales para la fitoextracción de metales pesados en *Cucurbita pepo*. ▪ A magnitudes mayores del pH se incrementa el contenido de metales pesados en las partes *de Cucurbita pepo* con la fitoextracción. ▪ El pH influye en la reducción de concentración de metales pesados en los suelos de El Mantaro y Matahuasi. ▪ A mayor pH, mayor rendimiento fitoextractor de *Cucurbita pepo*. ▪ El pH influye directamente en la complejización de los metales pesados en el suelo.	• **Variable Independiente** 1. pH - El Mantaro (7.62) - Matahuasi (8.00) • **Variable Dependiente** 1. Contenido de metales pesados en cada parte de la planta.	• El potencial de hidrogeniones de las dos localidades • - raíz - tallo - hoja - fruto

INFORME DE ENSAYO N° 1-18696/17

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**SUELO AGRICOLA**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 1 kg **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**Lote 5B** **Procedencia: E.E.A El Mantaro, Jauja- Junín** **Fecha de Muestreo: 02/10/2017**
Forma de Presentación	:	En bolsa de polietileno, cerrada y conservada a temperatura ambiente
Fecha de recepción	:	2017 – 12 – 04
Fecha de inicio del ensayo	:	2017 – 12 – 06
Fecha de término del ensayo	:	2017 – 12 – 13
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S17016344 (EXAG-22436-2017)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Análisis Físico Químico:

					ANÁLISIS TEXTURAL (cmol/kg)				CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (cmol/kg)							M.O %
Muestra	*pH	**C.E (ds/m)	P Disp. mg/kg	K Disp. mg/kg	ARENA	LIMO	ARCILLA	CLASE TEXTURAL	Ca**	Mg**	K*	Na*	Al*3	SUMA DE CATIONES	C.I.C.	
Suelo Agrícola	7,62	0,290	17,67	144	23	22,50	54,50	Arcilla	13,20	5,60	0,22	0,50	<0.01	19,52	19,52	37,1

** Extracto Saturado
* Relación 1:2.5

Metales totales por ICP-MS:

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Aluminio	0,050	mg/kg	10 537
	Arsénico	0,050	mg/kg	24,27
	Bario	0,015	mg/kg	99,56
	Berilio	0,015	mg/kg	<0,015
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	2,902
	Cobalto	0,030	mg/kg	<0,030
	Cromo	0,050	mg/kg	<0,050

LD: Límite de detección.

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE 003

INFORME DE ENSAYO N° 1-18696/17

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Cobre	0,030	mg/kg	25,71
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Litio	0,025	mg/kg	17,82
	Molibdeno	0,020	mg/kg	<0,020
	Níquel	0,035	mg/kg	10,93
	Plomo	0,020	mg/kg	40,47
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Selenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	38,22
	Talio	0,025	mg/kg	<0,0250
	Titanio	0,050	mg/kg	19,63
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	26,10
	Zinc	0,050	mg/kg	200,31

LD: Límite de detección.

MÉTODOS

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A. 2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051 A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)
(*) pH: SMEWW-APHA-AWWA-WEF, Part. 4500-H"B. 22nd.Ed. 2012.pH Valué. Electrometric Method.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 13 de diciembre de 2017
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03598/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**RAIZ DE CALABAZA**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 200 g **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LUGAR: LOTE 5B E.E.A. EL MANTARO - JAUJA - JUNIN** **EL MANTARO RAIZ** **FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018**
Forma de Presentación	:	En bolsa de papel cerrado
Fecha de recepción	:	2018 - 04 - 25
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 04 - 26
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 05 - 03
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S 18004361 (EXAG-06288-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	452
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	1,79
	Bario	0,015	mg/kg	7,13
	Berilio	0,015	mg/kg	<0,015
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	0,10
	Cobalto	0,030	mg/kg	<0,030
	Cromo	0,050	mg/kg	0,3
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	20,8
	Litio	0,025	mg/kg	0,5
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	0,6
	Níquel	0,035	mg/kg	0,4
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	0,92
	Selenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,025
	Titanio	0,050	mg/kg	3,50
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	0,8

LD: Límite de detección

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03598/18

MÉTODO

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A. Revisión 1. 2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051 A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 07 de mayo de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03599/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**TALLO DE CALABAZA**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 200 g **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LUGAR: LOTE 5B E.E.A. EL MANTARO - JAUJA - JUNIN EL MANTARO TALLO FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018**
Forma de Presentación	:	En bolsa de papel cerrado
Fecha de recepción	:	2018 - 04 - 25
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 04 - 26
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 05 - 03
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S 18004361 (EXAG-06288-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	58,2
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	<0,050
	Bario	0,015	mg/kg	10,8
	Berilio	0,015	mg/kg	<0,015
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	<0,020
	Cobalto	0,030	mg/kg	<0,030
	Cromo	0,050	mg/kg	<0,050
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	41,6
	Litio	0,025	mg/kg	0,1
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	0,2
	Níquel	0,035	mg/kg	0,1
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	<0,020
	Selenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,025
	Titanio	0,050	mg/kg	0,9
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	0,1

LD: Límite de detección

LABORATORIO V°B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 1-03599/18

MÉTODO

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A. Revisión 1. 2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051 A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 07 de mayo de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03600/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**HOJA DE CALABAZA**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 200 g **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LUGAR: LOTE 5B E.E.A. EL MANTARO - JAUJA - JUNIN** **EL MANTARO HOJA** **FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018**
Forma de Presentación	:	En bolsa de papel cerrado
Fecha de recepción	:	2018 - 04 - 25
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 04 - 26
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 05 - 03
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S 18004361 (EXAG-06288-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	378
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	0,98
	Bario	0,015	mg/kg	56,4
	Berilio	0,015	mg/kg	0,4
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	0,10
	Cobalto	0,030	mg/kg	<0,030
	Cromo	0,050	mg/kg	0,3
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	271
	Litio	0,025	mg/kg	0,5
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	4,57
	Níquel	0,035	mg/kg	0,4
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	0,40
	Selenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,025
	Titanio	0,050	mg/kg	0,4
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	0,6

LD: Límite de detección

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 1-03600/18

MÉTODO

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A. Revisión 1. 2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051 A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 07 de mayo de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03601/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**FRUTO DE CALABAZA**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 2,5 kg **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LUGAR: LOTE 5B E.E.A. EL MANTARO - JAUJA - JUNIN** **EL MANTARO FRUTO** **FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018**
Forma de Presentación	:	En bolsa de papel cerrado
Fecha de recepción	:	2018 - 04 - 25
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 04 - 26
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 05 - 03
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S 18004361 (EXAG-06288-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	0,8
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	<0,050
	Bario	0,015	mg/kg	0,3
	Berilio	0,015	mg/kg	<0,015
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	<0,020
	Cobalto	0,030	mg/kg	<0,030
	Cromo	0,050	mg/kg	<0,050
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	1,71
	Litio	0,025	mg/kg	<0,025
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	<0,020
	Níquel	0,035	mg/kg	<0,035
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	<0,020
	Selenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,025
	Titanio	0,050	mg/kg	<0,050
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	<0,050

LD: Límite de detección

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03601/18

MÉTODO

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A, Revisión 1, 2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051 A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 07 de mayo de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-04108/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**SUELO**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 900 g **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LUGAR: LOTE 5B E.E.A EL MANTARO, JAUJA, JUNIN** **FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018**
Forma de Presentación	:	En bolsa de polietileno, cerrada y conservada a temperatura ambiente
Fecha de recepción	:	2018 - 05 - 09
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 05 - 10
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 05 - 15
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S18004944 (EXAG-07100-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	12817
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	13,60
	Bario	0,015	mg/kg	116,1
	Berilio	0,015	mg/kg	0,5344
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	1,051
	Cobalto	0,030	mg/kg	8,071
	Cromo	0,050	mg/kg	11,82
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	35,35
	Litio	0,025	mg/kg	17,78
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	<0,020
	Niquel	0,035	mg/kg	13,19
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	32,32
	Selenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,0250
	Titanio	0,050	mg/kg	31,56
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	26,36
	Zinc	0,050	mg/kg	184,74

LD: Límite de detección.

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-04108/18

MÉTODO

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A. 2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051 A. Microwave assisted acid digestión ofSediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 18 de mayo de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 1-03921/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**SUELO AGRICOLA**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 1.1 kg **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LOTE CAMINO INCA-SECTOR MATAHUASI** **PROCEDENCIA: INSTITUTO REGIONAL DE DESARROLLO AGRARIA LA MOLINA** **FECHA DE MUESTREO: 20/10/2017**
Forma de Presentación	:	En bolsa de polietileno, cerrada y conservada a temperatura ambiente
Fecha de recepción	:	2018 - 04 - 18
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 04 - 18
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 04 - 23
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S18004053 (EXAG-05847-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Análisis Físico Químico:

					ANÁLISIS TEXTURAL (g/kg)				CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (cmol/kg)							M.O %
Muestra	*pH	**C.E (ds/m)	P Disp. mg/kg	K Disp. mg/kg	ARENA	LIMO	ARCILLA	CLASE TEXTURAL	Ca**	Mg**	K*	Na*	Al+3	SUMA DE CATIONES	C.I.C.	
Suelo Agrícola	8,00	0,202	21,06	149	26,0	40,0	34,0	Franco Arcilloso	5,50	1,80	0,14	0,08	<0,01	7,52	7,52	4,08

** Extracto Saturado
* Relación 1:2,5

Metales totales por ICP-MS:

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	19 277
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	28,27
	Bario	0,015	mg/kg	160,4
	Berilio	0,015	mg/kg	<0,015
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	4,099
	Cobalto	0,030	mg/kg	<0,030
	Cobre	0,030	mg/kg	26,90

LD: Límite de detección.

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE 003

INFORME DE ENSAYO N° 1-03921/18

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Cromo	0,050	mg/kg	<0,050
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	95,14
	Litio	0,025	mg/kg	27,58
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	<0,020
	Niquel	0,035	mg/kg	18,12
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	40,91
	Selenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,025
	Titanio	0,050	mg/kg	11,05
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	35,15
	Zinc	0,050	mg/kg	300,71

LD: Límite de detección.

MÉTODOS

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A. Revisión 1.2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051 A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)

(*) PH: Comisión de Normalización y Acreditación Sociedad Chilena de la ciencia del suelo Rev2004.Comisión de Normalización y Acreditación. 3 PH. 3.1 Suspensión y determinación potenciométrica.

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 27 de abril de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.
ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03602/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**RAIZ DE CALABAZA**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 200 g **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LUGAR: LOTE CAMINO INCA** **INSTITUTO REGIONAL DE DESARROLLO AGRARIA LA MOLINA, CONCEPCIÓN - JUNIN** **SECT0R MATAHUASI RAIZ** **FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018**
Forma de Presentación	:	En bolsa de papel cerrado
Fecha de recepción	:	2018 - 04 - 25
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 04 - 26
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 05 - 03
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S 18004361 (EXAG-06288-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	809
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	2,81
	Bario	0,015	mg/kg	11,5
	Berilio	0,015	mg/kg	<0,015
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	0,3
	Cobalto	0,030	mg/kg	<0,030
	Cromo	0,050	mg/kg	0,7
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	34,3
	Litio	0,025	mg/kg	4,06
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	1,13
	Níquel	0,035	mg/kg	0,8
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	1,39
	Setenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,025
	Titanio	0,050	mg/kg	8,73
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	1,75

LD: Límite de detección

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 1-03602/18

MÉTODO

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A. Revisión 1.2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 07 de mayo de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03603/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**TALLO DE CALABAZA**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 200 g **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LUGAR: LOTE CAMINO INCA** **INSTITUTO REGIONAL DE DESARROLLO AGRARIA LA MOLINA, CONCEPCIÓN - JUNIN** **SECTOR MATAHUASI TALLO** **FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018**
Forma de Presentación	:	En bolsa de papel cerrado
Fecha de recepción	:	2018 - 04 - 25
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 04 - 26
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 05 - 03
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S 18004361 (EXAG-06288-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	109,4
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	<0,050
	Bario	0,015	mg/kg	5,12
	Berilio	0,015	mg/kg	<0,015
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	0,04
	Cobalto	0,030	mg/kg	<0,030
	Cromo	0,050	mg/kg	<0,050
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	48,03
	Litio	0,025	mg/kg	0,21
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	0,3
	Níquel	0,035	mg/kg	0,13
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	<0,020
	Setenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,025
	Titanio	0,050	mg/kg	<0,050
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	<0,050

LD: Límite de detección

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03603/18

MÉTODO

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A. Revisión 1.2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 07 de mayo de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03604/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**HOJA DE CALABAZA**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 200 g **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LUGAR: LOTE CAMINO INCA** **INSTITUTO REGIONAL DE DESARROLLO AGRARIA LA MOLINA, CONCEPCIÓN - JUNIN** **SECTOR MATAHUASI HOJA** **FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018**
Forma de Presentación	:	En bolsa de papel cerrado
Fecha de recepción	:	2018 - 04 - 25
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 04 - 26
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 05 - 03
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S 18004361 (EXAG-06288-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	651
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	1,20
	Bario	0,015	mg/kg	41,9
	Berilio	0,015	mg/kg	<0,015
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	0,08
	Cobalto	0,030	mg/kg	<0,030
	Cromo	0,050	mg/kg	0.5
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	256
	Litio	0,025	mg/kg	0,8
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	6,48
	Niquel	0,035	mg/kg	0,6
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	0,5
	Selenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,025
	Titanio	0,050	mg/kg	1,0
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	1,10

LD: Límite de detección

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

INFORME DE ENSAYO N° 1-03604/18

MÉTODO

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A. Revisión 1.2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 07 de mayo de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03605/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**FRUTO DE CALABAZA**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 2.5 kg **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LUGAR: LOTE CAMINO INCA** **INSTITUTO REGIONAL DE DESARROLLO AGRARIA LA MOLINA, CONCEPCIÓN - JUNIN** **SECTOR MATAHUASI FRUTO** **FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018**
Forma de Presentación	:	En bolsa de papel cerrado
Fecha de recepción	:	2018 - 04 - 25
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 04 - 26
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 05 - 03
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S 18004361 (EXAG-06288-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	0,6
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	<0,050
	Bario	0,015	mg/kg	0,2
	Berilio	0,015	mg/kg	<0,015
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	<0,020
	Cobalto	0,030	mg/kg	<0,030
	Cromo	0,050	mg/kg	<0,050
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	1,26
	Litio	0,025	mg/kg	<0,025
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	0,1
	Níquel	0,035	mg/kg	<0,035
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	<0,020
	Selenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,025
	Titanio	0,050	mg/kg	<0,050
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	<0,050

LD: Límite de detección

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03605/18

MÉTODO

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A, Revisión 1,2007, Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 07 de mayo de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03769/18

Solicitante	:	**ROSALES TABRAJ, BORIS ENRIQUE**
Domicilio legal	:	Jr. Arequipa Nro. 430 Int. 404 Cercado - Huancayo - Huancayo - Junín
Producto declarado	:	**SUELO**
Cantidad de Muestras para el Ensayo	:	1 muestra x 950 g **Muestra proporcionada por el solicitante**
Identificación de la muestra	:	**LUGAR: LOTE CAMINO INCA SECTOR MATAHUASI DEL INSTITUTO REGIONAL DE DESARROLLO AGRARIA LA MOLINA, CONCEPCION, JUNIN** **FECHA DE MUESTREO: 17/04/2018**
Forma de Presentación	:	En bolsa de polietileno, cerrada y ccnservada a temperatura ambiente
Fecha de recepción	:	2018 - 05 - 09
Fecha de inicio del ensayo	:	2018 - 05 - 10
Fecha de término del ensayo	:	2018 - 05 - 15
Ensayo realizado en	:	Laboratorio Ambiental
Identificado con	:	**H/S18004944 (EXAG-07100-2018)**
Validez del documento	:	Este documento es válido solo para la muestra descrita

Ensayo		LD	Unidad	Resultados
Metales Totales ICP-Masa	Aluminio	0,050	mg/kg	18 745
	Antimonio	0,020	mg/kg	<0,020
	Arsénico	0,050	mg/kg	22,20
	Bario	0,015	mg/kg	162,7
	Berilio	0,015	mg/kg	0,8128
	Bismuto	0,050	mg/kg	<0,050
	Cadmio	0,020	mg/kg	2,062
	Cobalto	0,030	mg/xg	8,101
	Cromo	0,050	mg/xg	14,35
	Estaño	0,025	mg/kg	<0,0250
	Estroncio	0,045	mg/kg	81,48
	Litio	0,025	mg/kg	22,56
	Mercurio	0,010	mg/kg	<0,010
	Molibdeno	0,020	mg/kg	<0,020
	Niquel	0,035	mg/kg	18,03
	Plata	0,005	mg/kg	<0,0050
	Plomo	0,020	mg/kg	20,82
	Selenio	0,050	mg/kg	<0,050
	Talio	0,025	mg/kg	<0,0250
	Titanio	0,050	mg/kg	20,23
	Uranio	0,005	mg/kg	<0,0050
	Vanadio	0,050	mg/kg	26,94

LD: Límite de detección.

LABORATORIO V° B° CERPER

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

CERPER
CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

INFORME DE ENSAYO N° 1-03769/18

MÉTODO

Metales Totales ICP-Masa: EPA METHOD 6020A. 2007. Inductively coupled plasma-mass spectrometry (Preparación de muestra EPA: Method 3051 A. Microwave assisted acid digestión of Sediments, sludges, soils, and oils)

OBSERVACIONES

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe, sin la autorización escrita de CERPER S.A.
Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de la calidad de la entidad que lo produce.

Callao, 18 de mayo de 2018
SP

CERTIFICACIONES DEL PERU S.A.

ING. ROSA PALOMINO LOO
C.I.P. N° 40302
JEFE DE COORDINACIÓN DE LABORATORIOS

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"