



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Girasol (*Helianthus annuus l.*) como fitoextractor con adición de humus para suelo contaminado con plomo, peaje de Santa Anita, Lima, 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Br. Mejía Taboada, Marco Antonio (ORCID: 0000-0003-0229-3209)

Br. Sebastián Falcón, Samuel Vianny (ORCID: 0000-0001-7275-0554)

ASESORA:

Mg. Aliaga Martínez María Paulina (ORCID: 0000-0003-2767-4825)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y conservación de los recursos naturales

Lima - Perú

2019

## **DEDICATORIA**

La dedicatoria de este trabajo en primer lugar es para mi Madre, Carmen Taboada Benites, que fue y seguirá siendo mi motivación para continuar, además me brindó su apoyo a lo largo de mi carrera universitaria, a mi familia por el constante apoyo brindado y a mi asesora, ya que sin su apoyo no hubiera podido culminar este trabajo de investigación.

(Marco Antonio, Mejía Taboada)

A mis padres Yola y Julio que fueron los que me dieron vida, educación, consejos y su apoyo incondicional a lo largo de esta etapa de mi vida, para poder alcanzar esta meta.

A mis abuelos Marcelina y Demetrio que desde el cielo me dan fuerzas a seguir adelante para alcanzar esta meta.

A mi asesora que nos orientó con sus ideas y su conocimiento para el desarrollo de esta investigación.

(Samuel Vianny, Sebastián Falcón)

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer en primer lugar a mi familia por todo el apoyo brindado y sobre todo a mi Madre, Carmen Taboada Benites, por todo el sacrificio e impulso dado para poder llegar hasta esta última etapa de mi carrera profesional, por el apoyo incondicional que me dió y por su confianza.

También agradecer a mi asesora María Aliaga Martínez por la guía y apoyo brindado a lo largo de este último ciclo en el desarrollo de mi proyecto y a Samuel mi compañero de tesis por su esfuerzo dedicado y el trabajo conjunto que realizamos para sacar esto adelante.

(Marco Antonio, Mejía Taboada)

Para la culminación de esta tesis tuvieron un lugar importante todos aquellos que me apoyaron durante la realización de la misma y es un placer nombrarlas expresándoles mi eterno agradecimiento:

A mis padres Yola y Julio por el constante apoyo que me brindaron desde el inicio de la carrera, sus consejos, los principios y valores que inculcaron.

A mis hermanos Julio Cesar y Junior que siempre estuvieron a mi lado en cada momento.

A mí enamorada Pamela por su apoyo incondicional que me brindo en proceso de desarrollo de tesis.

A todos mis amigos incondicionales que estuvieron conmigo en las buenas y malas durante todo el camino, y a Marco mi compañero de tesis por su esfuerzo dedicado y el trabajo conjunto que realizamos para sacar esto adelante.

(Samuel Vianny, Sebastián Falcón)

# ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| DEDICATORIA .....   | ii   |
| AGRADECIMIENTO.....   | iii  |
| ÍNDICE .....  | iv   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....  | vi   |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | viii |
| RESUMEN.....  | lix  |
| ABSTRACT.....   | x    |
| I. INTRODUCCIÓN .....   | 1    |
| 1.1. Realidad problemática.....   | 1    |
| II. MÉTODO .....  | 18   |
| 2.1. Tipo y Diseño de investigación.....  | 18   |
| 2.2. Operacionalización de variables.....   | 20   |
| 2.3. Población, muestra y muestreo.....   | 22   |
| 2.3.1. Población.....   | 22   |
| 2.3.2. Muestra.....   | 22   |
| 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ..... | 23   |
| 2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....                        | 23   |
| 2.4.2. Validez .....  | 24   |
| 2.4.3. Confiabilidad.....   | 24   |
| 2.5. Procedimiento del trabajo.....   | 24   |
| 2.5.1. Ubicación del trabajo experimental.....                                      | 24   |
| 2.5.2. Elección de las parcelas.....  | 25   |
| 2.5.3. Preparación del humus .....  | 25   |
| 2.5.4. Análisis físico y químico del suelo.....                                     | 25   |
| 2.5.5. Fertilización del suelo. ....  | 25   |
| 2.5.6. Siembra del girasol o Tratamientos.....                                      | 25   |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 2.5.7. | Manejo de la planta hasta su crecimiento.....                                     | 26 |
| 2.5.8. | Análisis químico de la planta del girasol y el suelo después del tratamiento..... | 26 |
| 2.6.   | Métodos de análisis de datos .....  | 26 |
| 2.7.   | Aspectos éticos.....  | 27 |
| III.   | RESULTADOS.....   | 28 |
| 3.1.   | Análisis Iniciales (Humus y Suelo).....   | 28 |
| 3.1.1. | Características fisicoquímicas del humus.....                                     | 28 |
| 3.1.2. | Características fisicoquímicas del suelo antes del experimento.....               | 29 |
| 3.1.3. | Plomo en el suelo de la unidad de estudio.....                                    | 30 |
| 3.1.4. | Análisis CIC en el suelo .....  | 30 |
| 3.2.   | Análisis fisicoquímicos finales de Suelo.....                                     | 31 |
| 3.2.1. | Registro de análisis.....   | 31 |
| 3.2.2. | Métodos usados en análisis .....  | 32 |
| 3.2.3. | Equipos utilizados para los análisis.....   | 32 |
| 3.2.4. | Análisis fisicoquímico del suelo después del tratamiento .....                    | 33 |
| 3.2.5. | Análisis de cationes intercambiables.....   | 36 |
| 3.3.   | Análisis de plomo en el suelo después del tratamiento.....                        | 45 |
| 3.4.   | Análisis de plomo en las partes del girasol.....                                  | 47 |
| IV.    | DISCUSIÓN .....   | 52 |
| V.     | CONCLUSIONES .....  | 54 |
| VI.    | RECOMENDACIONES.....  | 55 |
|        | REFERENCIAS .....   | 56 |
|        | ANEXOS.....   | 62 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Operacionalización de variables.....   | 20 |
| Tabla 2. Cuadro de Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....                          | 23 |
| Tabla 3. Promedio de validación. ....   | 24 |
| Tabla 4. Expertos de validación. ....   | 24 |
| Tabla 5. Características de N, P, K en el humus. ....   | 28 |
| Tabla 6. Análisis físico-químico inicial del humus. ....  | 28 |
| Tabla 7. Características de N, P, K en el suelo.....  | 29 |
| Tabla 8. Análisis físico-químico inicial del suelo. ....  | 29 |
| Tabla 9. Análisis inicial para hallar el valor de plomo en suelo.....                             | 30 |
| Tabla 10. Capacidad de intercambio catiónico.....   | 31 |
| Tabla 11. Registro de ensayo N°02-M-2019.....   | 31 |
| Tabla 12. Registro de metodologías de análisis. ....  | 32 |
| Tabla 13. Registro de equipos utilizados para los análisis. ....                                  | 32 |
| Tabla 14. Análisis químico del suelo después del tratamiento.....                                 | 33 |
| Tabla 15. Resultados de los cationes intercambiables del suelo después del tratamiento... 36      |    |
| Tabla 16. Medidas físicas de plantas en tratamiento 1.....  | 37 |
| Tabla 17. Medidas físicas de plantas en tratamiento 2.....  | 38 |
| Tabla 18. Medidas físicas de plantas en tratamiento 3.....  | 38 |
| Tabla 19. Medidas físicas promedios de tratamientos.....  | 39 |
| Tabla 20. Análisis de varianza (ANOVA) para el tamaño o alto del girasol. ....                    | 40 |
| Tabla 21. Prueba de contraste de Tukey para tamaño del girasol. ....                              | 40 |
| Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) para el ancho de tallo del girasol.....                    | 41 |
| Tabla 23. Prueba de contraste de Tukey para el ancho de tallo.....                                | 42 |
| Tabla 24. Análisis de varianza (ANOVA) para el tamaño de raíz del girasol. ....                   | 42 |
| Tabla 25. Prueba de contraste de Tukey para tamaño de raíz. ....                                  | 43 |
| Tabla 26. Análisis de varianza (ANOVA) para el ancho de raíz del girasol.....                     | 43 |
| Tabla 27. Prueba de contraste de Tukey para ancho de raíz.....                                    | 43 |
| Tabla 28. Análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas del girasol. ....                  | 44 |
| Tabla 29. Resultados de plomo del suelo después del tratamiento. ....                             | 45 |
| Tabla 30. Análisis de varianza (ANOVA) de plomo en el del suelo después del tratamiento.<br>..... | 46 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 31. Prueba de contraste de Tukey para plomo en el suelo.....  | 46 |
| Tabla 32. Resultados totales por el número de plantas por tratamiento de plomo en las partes de hojas, tallo y raíz del girasol. .... | 47 |
| Tabla 33. Resultados de plomo en unidad por planta en cada parte de hojas, tallo y raíz del girasol. ....                             | 48 |
| Tabla 34. Prueba de varianza (ANOVA) para plomo en las hojas.....   | 48 |
| Tabla 35. Análisis de varianza (ANOVA) para la absorción de plomo en tallo. ....  | 49 |
| Tabla 36. Análisis de varianza (ANOVA) para la absorción de plomo en raíz. ....   | 50 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Girasol.....  | 12 |
| Figura 2. Tabla munsell.....  | 15 |
| Figura 3. Metodología de la investigación.....  | 19 |
| Figura 4. Parcela 1.....  | 22 |
| Figura 5. Ubicación satelital.....  | 25 |
| Figura 6. Gráfico de valores de análisis químicos del suelo en porcentajes de K, P, N, M.O. y H. .... | 34 |
| Figura 7. Gráfico de valores de pH en análisis químicos del suelo.....                                | 34 |
| Figura 8. Gráfico de valores de conductividad eléctrica en análisis químicos del suelo. ...           | 35 |
| Figura 9. Gráfico de valores de cationes intercambiables en análisis químicos del suelo. .            | 35 |
| Figura 10. Gráfico de efecto del tratamiento sobre los cationes intercambiables del suelo.            | 37 |
| Figura 11. Gráfico de crecimiento de planta. ....   | 40 |
| Figura 12. Gráfico de efecto del tratamiento sobre el tamaño en promedio del girasol.....             | 41 |
| Figura 13. Gráfico de efecto de los tratamientos en promedio sobre ancho de tallo.....                | 42 |
| Figura 14. Gráfico de efecto del tratamiento en promedio sobre el alto y ancho de raíz. ...           | 44 |
| Figura 15. Gráfico de efecto del tratamiento en promedio sobre el número de hojas.....                | 45 |
| Figura 16. Gráfico de efecto del tratamiento sobre el plomo en el suelo.....                          | 47 |
| Figura 17. Gráfico de efecto del tratamiento sobre la absorción del plomo en las hojas. ...           | 49 |
| Figura 18. Gráfico de efecto del tratamiento sobre la absorción del plomo en el tallo. ....           | 50 |
| Figura 19. Gráfico de efecto del tratamiento sobre la absorción del plomo en la raíz. ....            | 51 |



## RESUMEN

El propósito de esta investigación tuvo como fin corroborar la eficacia del uso de girasol (*Helianthus annuus L.*) como fitoextractor con adición de humus para el suelo contaminado con plomo en el área verde colindante al peaje en el distrito de Santa Anita, Lima, 2019. El tipo de investigación fue aplicada de enfoque cuantitativo y diseño experimental, ya que se usó para este trabajo un área de 30m<sup>2</sup> de las cuales se necesitó 9m<sup>2</sup> y se dividió en parcelas de 1m<sup>2</sup> cada una de ellas. Se colocaron plantas en las siguientes distribuciones: 2, 4 y 6 girasoles por parcela a las cuales se le denominó T1, T2 y T3 respectivamente. Haciendo un total de 3 repeticiones para cada proporción, las plantas fueron abonadas con humus, 250g. aproximadamente, para cada girasol. El análisis inicial de plomo en suelo tuvo lugar en el laboratorio utilizando el método de análisis de espectrofotometría de absorción atómica dando un resultado de 1814 mg./kg., luego se mandó a analizar las muestras de suelo para los parámetros nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), tanto de suelo como de humus en el laboratorio con el método de Kjeldahl, método Olsen modificado, extracción con acetato de amonio y lectura por espectrofotometría atómica respectivamente dando un resultado para humus de N: 1.90 %, P: 1.37 %, K: 0.82 % y para el suelo fue, N: 1,10 %, P: 0.408 %, K: 11.08 %. Toda la investigación se realizó in situ por lo cual se estuvo en constante monitoreo de acuerdo a los plazos establecidos para hacer las mediciones y conteos de las plantas tanto en crecimiento de tallo como en número de hojas, los cuales se colocaron en las fichas específicas. El riego que se dispuso fue de 1 vez por semana.

El resultado final de absorción de plomo en el suelo fue de 23% para T1, 41.78% para T2 y 60.08% para T3, con lo cual, en conclusión, el tratamiento 3, con 6 especies, es el óptimo para la descontaminación de este metal.

**Palabras Claves:** Girasol (*Helianthus annuus L.*), Humus, Fitoextractor, suelo contaminado.

## ABSTRACT

The purpose of this research was the use of sunflower (*Helianthus annus L*) as a phytoextractor with addition of humus for lead-contaminated soil in the green area adjacent to the toll booth in the district of Santa Anita, Lima, 2019. The type of research was applied quantitative approach and experimental design, since an area of 30m<sup>2</sup> was used for this work, of which 9m<sup>2</sup> was used and it was divided into plots of 1m<sup>2</sup> each, in which plants were placed in the following distributions: 2, 4 and 6 sunflowers per plot, which were called T1, T2 and T3 respectively. Doing a total of 3 repetitions for each proportion. The plants were fertilized with humus, 250g. Approximately, for each sunflower, the initial analysis of lead in soil took place in the laboratory using the atomic absorption spectrophotometry analysis method, giving a result of 1814 mg./kg., then the soil samples were analyzed for the parameter N, P, K of both soil and humus in the laboratory with the Kjeldahl method, modified Olsen method, extraction with ammonium acetate and reading by atomic spectrophotometry respectively giving a result for humus of N: 1.90%, P: 1.37 %, K: 0.82% and for the soil it was, N: 1.10%, P: 0.408%, K: 11.08%. All the research was carried out in situ, so it was constantly monitored according to the established deadlines to make the measurements and counts of the plants both in stem growth and in the number of leaves, which were placed in the specific files. The irrigation that was arranged was 1 time per week. The final result of lead absorption in the soil was 23% for T1, 41.78% for T2 and 60.08% for T3, with which, in conclusion, treatment 3, with 6 species, is the optimal one for the decontamination of this metal.

**Keywords:** Sunflower (*Helianthus annus L.*), Humus, Phytoextractor, contaminated soil.

# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad problemática

Con el pasar de los años a nivel mundial las actividades antropogénicas repercuten en el medio. En ello, se evidencia el gran incremento de contaminación ambiental y la repercusión que provoca en la población originada por metales pesados.

Según D'ANGELO (2016), existen 106 elementos, reconocidos teóricamente por la humanidad, 84 de estos componentes son metales, por lo que no nos debería asombrar que las posibilidades de aparición metálica en el ambiente sean de un número alarmante. La actividad minera e industrial originan metales tóxicos los cuales son liberados al medio ambiente, algunos de los metales pesados son Estaño (Sn), Níquel (Ni), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Cadmio (Cd), Zinc (Zn), Arsénico (As), Mercurio (Hg), Hierro (Fe), Cobalto (Co) y Plomo (Pb).

En la actualidad, es muy común encontrar con metales tóxicos de diversas formas, porque, constituyen una amplia gama de productos sin tomar en consideración del daño que estos originan cuando estos son dispersos. El plomo (Pb), es una aleación pesada muy empleado en la fabricación de combustibles, baterías, cerámicos, plásticos, etc. Debido a su composición, sus partículas son sedimentadas por su densidad que es mayor a la del agua ( $1\text{g/cm}^3$ ).

Para PRIETO, *et al.* (2009), los metales pesados se localizan de forma natural en la corteza terrestre, mediante la actividad humana. Estos metales pesados, pueden alterarse y convertirse en contaminantes para el medio ambiente. Las fuentes donde se generan las alteraciones de estos metales y producen contaminación, se presentan en los trabajos agrícolas (en el proceso de riego, uso de pesticidas, fertilización inorgánica y lodos residuales de depuradoras), en la formación de energía eléctrica (combustión de carbón es la más perjudicial ya que en este proceso la deposición de metales es directa en el suelo), en las actividades industriales (fábricas de hierro y acero, fabricación de baterías, las manufacturas de productos químicos, productos fármacos y tintes en el curtido de piel), la actividad minera (contaminación de suelos, aire y agua por relaves, vertimiento de desechos al ambiente, productos químicos arrojados a los cuerpos de agua, entre otros).

Por otro lado, el tamaño de las partículas de estos contaminantes (metales pesados), no podrán medir cuanto es lo que absorbe y sin darnos cuenta estamos acumulando en nuestro organismo la cual incluso puede causar la muerte, ya que los síntomas son generales los tratamientos en muchas ocasiones son erróneos. Como por ejemplo los dolores de cabeza, se diagnostica y dan medicamento para perder la sensibilidad, sin los análisis necesarios como para saber si es ocasionado por otros factores como la acumulación de Plomo (Pb) en el cuerpo, los metales pesados son incompatibles con el cuerpo humano, son muy difíciles de eliminar y tienden a acumularse en diferentes órganos del cuerpo lo cual termina en problemas de salud. Algunos de estos, como el Cobre (Cu), Selenio (Sn), Zinc (Zn), Hierro (Fe) son necesarios para el equilibrio del cuerpo humano sin embargo en altas concentraciones podrían ser perjudiciales para la salud.

En muchas ocasiones, se usan tecnologías o procesos para combatir la contaminación por Plomo (Pb), ya sea en suelos, aire o tierra. La fitoextracción es el método que se usa para menguar o mitigar la acumulación de Plomo en el suelo usando ciertas especies vegetales para batir las concentraciones de este metal pesado acumulándolo en sus raíces, tallos y hojas.

Para poder referenciar se buscan teorías, trabajos, tesis, entre otras. Las cuales ayudan en esta investigación, trabajos como el de **FAJARDO, MEJIA y RECHARTE** (2018), en su tesis *Fitorremediación con Ricinus communis para el tratamiento de suelos contaminados con plomo*, tuvo como objetivo proponer un tratamiento para suelos con plomo. A lo largo de los años, se ha pretendido demostrar el impacto ambiental que se genera por la presencia de las empresas dedicadas al reciclaje de baterías, de cobre, fundición de metales, detergentes y alimentos ubicados contiguamente al Asentamiento Humano Virgen de Guadalupe de Mi Perú-Callao. Por este problema, se realizó la presente tesis y se preparó suelos a diferentes concentraciones de plomo (Pb) a partir del nivel original; los cuales fueron de 458.62 mg/kg, 704.36 mg/kg, 955.94 mg/kg y 1210.32 mg/kg de plomo. Para lo cual, se consideró tres repeticiones por cada tratamiento, así se evaluó la tolerancia del *Ricinus communis* al plomo (Pb). Los resultados obtenidos indican que, el *Ricinus communis* fitorremedió mejor en suelos con concentración de plomo (Pb) entre 221.2 mg/kg y 458.62 mg/kg de Pb almacenado en su organismo vegetal un promedio de 57.41 mg/kg y 45.32 mg/kg de Pb respectivamente. Finalmente, se desarrolló los cálculos correspondientes para evaluar los

factores de translocación y bioconcentración. Donde, con el factor de bioconcentración se concluyó que el *Ricinus communis* no se considera como una planta hiperacumuladora. Finalmente, esta planta es un fitorremediador del tipo fitoestabilizador; porque, limita la absorción del contaminante por la raíz y disminuye el movimiento de este a otros tejidos de la planta; proponiendo esta planta para casos de contaminación de plomo en suelos que requiera de un tratamiento del tipo fitoestabilizador. Por consiguiente, se busca trabajos que hablan sobre el proceso de absorción, por lo que **REATEGUI Y REATEGUI** (2018), en su tesis “*Capacidad de absorción del Helianthus annuus en suelos agrícolas contaminados con cadmio*”, tuvo la finalidad de calcular la capacidad de recolección del cadmio en el girasol (*Helianthus annuus*) y así poder determinar su eficiencia para ser considerado como especie fitorremediadora de suelos contaminados con cadmio. El girasol fue recolectado por su alta asimilación de cadmio, reportada con anterioridad en estudios anteriores. De acuerdo a la metodología realizada, se concluyó que la acumulación de cadmio fue mayor en la raíz de la planta para los tres tratamientos de dosis de 10, 80 y 160 ppm. Debido a los resultados obtenidos, el girasol se puede considerar como planta fitoestabilizadora de suelos contaminados con cadmio, por su hiperacumulación y soportar estos metales en el tejido vegetal, por la alta producción de biomasa. Asimismo, como se describe **LABRA** (2018), en su tesis “*Fitoextracción con Helianthus annuus L. (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018*”, buscó comprobar la absorción del girasol (*Helianthus annuus L.*) para la fitoextracción de cadmio (Cd) en suelos estudiados en laboratorio, se desarrolló con un diseño experimental y longitudinal, se ejecutó bajo estos requisitos de operación: se pusieron 15 contenedores (macetas) que contiene 1 kg. de tierra en cada uno de ellas y se probó con 5 tratamientos y 3 repeticiones conteniendo el testigo, en diferentes concentraciones de cadmio (Cd) las cuales son (10, 20, 30, y 40 mg/l). La práctica comenzó en el mes de marzo, en cada contenedor se puso una semilla del girasol, la temperatura ambiental fluctuó entre 18 a 19 °C, se determinó por un lapso de 2 meses y se evaluó la acumulación en raíces y hojas, los resultados que se consiguieron fueron que el girasol (*Helianthus annuus L.*) absorbió en sus hojas una media de 17.12 mg/kg y en las raíces una media de 21.29 mg/kg de cadmio (Cd), también se logró evaluar que, el girasol tuvo un 15.62% de eficiencia en la absorción de cadmio (Cd) de suelos contaminados por la fitoextracción. Para la cual, nos muestra resultados **TREJO** (2018), en su tesis “*Fitoextracción de plomo en relaves oxidados mediante el uso de Ricinus communis y la adición de ácido fulvico como agente quelante, Rímac, 2018*”, dando como objetivo

determinar la medida de fitoextracción de plomo con la higuera (*Ricinus communis*) y la adición del ácido fúlvico como agente quelante de un relave oxidado muestreado en el Rímac, tratando de dar una posibilidad de recuperar recursos contaminados por la minería, ejecutando 3 tratamientos (cada uno con 3 repeticiones), más la muestra testigo (cada uno con 1 repetición), empleándose un total de 14 macetas experimentales. Para ello, la higuera se adaptó durante un periodo de 15 días, siendo favorable su adaptación, posterior a ello se llevó a las macetas codificadas por tratamiento y 1 - 2 meses, con 3 dosis distintas de 0, 2.5 y 5 ml de ácido fúlvico disuelto en 1 litro de agua. Demostrando que, del tratamiento de 2 meses el volumen más óptimo de ácido fúlvico es la dosis de 5ml disuelto en 1L de agua, ya que se muestra una efectividad en el crecimiento de la higuera. Concluyendo que, a partir de 2 meses la higuera se encuentra en óptimas condiciones para un eficiente fitoextracción de plomo en los relaves oxidados. Se demostró que, la higuera tuvo la capacidad para remover el plomo del relave oxidado a diferentes cantidades en las macetas, de ese modo hubo un progreso en la planta estimulándose en una gran medida con la adición del ácido fúlvico. Se disminuyó la contaminación del relave oxidado del Rímac, mostrando de este modo la ayuda ambiental que brinda este ser vivo (higuera) en estas situaciones y la trascendencia de preservar el ecosistema y los elementos que lo habitan. Se halló trabajos de acumulación como la de **DIAZ** (2017), en su tesis “*Capacidad de Acumulación de la ortiga (Urtica urens) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2016*”, donde nos muestra la capacidad que tiene la especie en mención para la acumulación de plomo (Pb) en sus tejidos. Esta investigación como refiere el título se realizó recolectando una muestra de las áreas contaminadas en las zonas residenciales de la Oroya – Junín. Se observó durante 2 meses el comportamiento de la planta para la absorción de plomo en hojas y raíces. Los análisis fueron realizados en el laboratorio con una continuidad de 5 repeticiones. Realizándolas antes de realizar el proceso y luego de haber colocado las especies en dichos suelos. Debido a los resultados se concluye que en efecto tiene la capacidad de acumulación disminuyendo así la contaminación por plomo en dicha zona, también tiene la capacidad de crecer en dichas áreas contaminadas por este metal pesado. Según lo que expuso **SUAÑA** (2017), en su tesis “*Capacidad del girasol (Helianthus annuus L.) para absorber cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado-Puno*”, el cual tuvo como objetivo aprovechar su capacidad para absorber y acumular contaminantes de cadmio por el girasol (*Helianthus annuus L.*) en pasivos ambientales mineros provenientes de un centro poblado, La Rinconada - Puno, se ejecutó en un ambiente observado (controlado)

en el interior del invernadero, comparado con el ambiente del exterior, considerando como un elemento principal la organografía vegetal de la planta (raíz, tallo y hojas), en 2 ambientes de cultivo usando 20 maceteros, 10 macetas de girasol con sustrato en el interior del invernadero y 10 con sustrato a la intemperie, el estudio del contenido de cadmio (Cd) tanto en la superficie y en los tejidos vegetales se desarrolló por la técnica de absorción atómica. Los resultados fueron: La acumulación media de cadmio (Cd) en la superficie de este invernadero se mostró una equivalencia media de 24.36 mg/kg, en el exterior se concluyó 21.76 mg/kg, no existiendo desigualdad estadística entre los ambientes de labranza ( $p=0.112$ ). En la organografía vegetal, la acumulación de cadmio (Cd) en el exterior, en la hoja se consiguió un promedio de 0.21 mg/kg, en raíz 0.88 y tallo 0.29, en ambiente interno hoja 0.29 mg/kg, raíz con 1.80 y tallo 0.27, siendo estadísticamente óptimo el contenido en la raíz ( $p<0.05$ ). En la zona radicular de las plantas de girasol presenta un promedio de absorción de cadmio de 5.716%, tallo con 1.217% y hojas 0.529% de absorción; la mayor absorción de cadmio (Cd) fue en la raíz. Así también, describe **CORDOVA** (2016), en su tesis “*Evaluación de la capacidad depuradora del marrubio (*Marrubium vulgare*) e higuierilla (*Ricinus communis* L.) mediante fitoextracción de suelos contaminados por metales pesados Plomo (Pb) en el distrito de Puente Piedra, 2016*”, desarrollando la evaluación de la capacidad depuradora de las especies en mención mediante la fitoextracción de plomo en suelos contaminados. Este estudio, se realizó con un diseño experimental, el área a muestrear fue de 5000 m<sup>2</sup> donde se consiguió una muestra de 1 kg. Para medir los datos resultantes, se usó la comprobación estadística T-student con un valor de 95%. Se concluye después del estudio realizado que las especies estudiadas son las idóneas para reparar los suelos contaminados por plomo (Pb). Otra propuesta fue la de **COYAGO Y BONILLA** (2016), en su artículo científico “*Absorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano*”, donde evaluó la capacidad de absorción de plomo en tres especies de plantas, *Beta Vulgaris* (acelga), *Amaranthus Hybridus* (amaranto) y *Medicago sativa* (alfalfa), dichas plantas fueron germinadas en semilleros, posteriormente fueron replantados en suelos contaminados artificialmente con acumulaciones de (2.5, 5 y 10%) de plomo (Pb). Se usaron dos tipos de tierra las cuales fueron tierra negra y tierra mezcla, pudiendo encontrar en los análisis que la capacidad de absorción de plomo fue mayor en las plantaciones realizadas en la tierra negra la cual tuvo un pH de 7.1; mientras que, la tierra mezcla conto con un pH de 7.5. se catalogan como suelo neutro bajo la norma ASTM D4972. Al final de todo el proceso concluyeron que

la especie *Amaranthus Hybridus* (amaranto) presentó el proceso de desintoxicación en la planta, esto quiere decir que, liberó plomo de su estructura hacia el suelo volviendo a contaminarlo; mientras que, la *Beta Vulgaris* (acelga) y *Medicago sativa* (alfalfa) durante 90 días que fue el tiempo de realización del estudio presento absorción sin el proceso de desintoxicación como en la especie anterior lo cual estaría indicando que serían especies hiperacumuladoras y serian peligrosas para su consumo. Como nos explica también **LIZARBE [et al.]** (2016), en su artículo científico “*Fitoextracción De Plomo, Zinc y Cadmio de Relaves Mineros Utilizando Helianthus annuus L. (Girasol)*”, tuvo como objetivo determinar el desarrollo de *Helianthus annuus L.* (girasol), especie bioacumuladora de metales pesados, el método que se uso fue un acondicionamiento de relaves mineros, fueron cuatro con distintas proporciones (100 - 0%, 75 - 25%, 50 - 50%, 25 - 75% respectivamente) de relave y acondicionamiento, se realizó 6 repeticiones con periodos de tiempo (30, 60 y 90 días en dos distintas maneras de siembras (directa y trasplante), se determinó la acumulación de Pb, Zn y Cd en el relave y las zonas vegetales del girasol, logro desarrollarse acumulando en sus tejidos y afectando a los metales pesados, Los resultados muestran que, el girasol en siembra directa fue mejor la cual tuvo mayores concentraciones de metales pesados y fue el órgano radicular que obtuvo una mayor acumulación Asimismo, se vio que los mejores resultados obtenidos se encuentran en el método 2 (75% de relave y 25% de acondicionador).

Según **MUÑOZ** (2016), en su tesis “*Adaptación del girasol (Helianthus annuus L.) a suelos contaminados con gasolina y tratados con estiércol*”, se propuso medir el potencial de adaptación del Girasol (*Helianthus annuus L.*) como fitorremediadora de suelos con estiércol contaminados con distintas dosis de hidrocarburos (gasolina). Se midieron variables del suelo y suelo mezclado con estiércol medidas en laboratorio. Las variables que se evaluaron fueron: Materia Orgánica, textura, Fósforo, Nitrógeno, pH, Conductividad Eléctrica y Carbonatos. Se organizaron los siguientes tratamientos: el tratamiento 1, el 2 y el 3 con suelo y estiércol a los que se les aplicó 50 ml, 100 ml y 150 ml de gasolina respectivamente. El tratamiento 4 al igual que los anteriores contuvo suelo y estiércol, pero no se le aplicó gasolina, siendo el testigo 1. El tratamiento 5 solo contuvo suelo y tampoco se le aplicó gasolina siendo el testigo 2. Para cada tratamiento se requirieron 4 repeticiones. En total fueron 20 macetas de girasol las que se emplearon en este experimento. Las variables evaluadas en las plantas fueron: Altura, tamaño de hojas y cantidad de hojas. Realizándose



dichas evaluaciones antes y después de las aplicaciones de la gasolina. Los resultados que se obtuvieron en el experimento se pudieron observar que el girasol (*Helianthus annuus* L.) se adaptó al suelo contaminado con el hidrocarburo (gasolina) esto se debió principalmente a que el estiércol ayudó en la adaptación de la planta a pesar de las condiciones a las que fueron sometidas. Se vio otras teorías como la de **GOMEZ** (2015), en su tesis “*Análisis de producción de tioles de bajo peso molecular en respuesta a varias concentraciones de absorción de Cr (VI) en H. annuus como mecanismo de defensa para conocer la concentración máxima de tolerancia*”, tuvo como finalidad hacer más eficaz los procesos de fitorremediación, sabiendo las rutas metabólicas de la captura y transporte de contaminantes, así como un mecanismo de tolerancia y en general la biotransformación de elementos potencialmente tóxicos en las plantas. Este estudio, se realizó en el estado de Guanajuato, en zonas acuíferas donde se halló concentraciones de Cr (VI). Para fitorremediar se usó el potencial del girasol (*Helianthus annuus*). la presente investigación determino la respuesta del girasol en la producción de tioles a diferentes concentraciones de Cr (VI) a (0, 2, 4, 8 ppm), se halló el crecimiento de la raíz y la zona aérea, para plantar se desinfecto las semillas para evitar la contaminación de hongos, se implementó el método hidropónico para analizar el uso del girasol (*Helianthus annuus*) para la rizofiltración de Cr (VI). Las lecturas se midieron mediante un espectrofotómetro de luz UV Nanodrop para microplacas a una longitud de onda de 412 nm. Se contempló que, conforme las concentraciones de Cr (VI) aumentan, luego se incrementó los niveles de compuestos que contienen tioles de bajo peso molecular. Se consiguieron las mayores concentraciones de estos a 8 ppm, con el mayor valor máximo de 2886  $\mu\text{mol/g}$  de tejido fresco en las hojas cotiledóneas. Asimismo, por efecto del Cr, se contempló la reducción del crecimiento de las plántulas, en donde la mínima longitud de 1.6 cm fue a los 2 ppm. Así mismo **PAIVA** (2015), en su tesis “*Fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando Amaranthus spinosus – Amaranthaceae en cusco del 2012*”, evaluó la eficiencia de la absorción y acumulación de esta planta para la remediación de suelos contaminados por metales pesados como el Cu, Pb, Zn, Cd, As, Ar, Hg. Los cuales no son degradables, por ende, el área afectada no podrá remediarse por sí sola, se tendrá que aplicar procedimientos nuevos o existentes para menguar o eliminar los contaminantes. Las pruebas realizadas fueron en laboratorio, colocando dicho suelo contaminado en masetas de igual tamaño para entrar en la fase de observación, luego de 136 días al culminar la floración se extrae la planta completa y se disgrega (raíz, tallo, hojas e inflorescencia) para su posterior análisis aplicando el método de (EAA) Espectrometría de

Absorción Atómica. Para realizar el análisis estadístico se usó el software IBM SPSS Statistics Versión 2.0. Al ingresar la data de los análisis y caracterizarlo como A (partes de la planta), B (Concentraciones de plomo), A\*B (Interacciones entre los factores) se concluyó que la especie (*Amaranthus spinosus*) Tiene la propiedad de acumulación de plomo en sus órganos creciendo en suelos afectados por este contaminante. Como también **CHAVEZ** (2014). en su tesis “*Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo*”, tuvo como finalidad fitorremediar los pasivos mineros (relaves) con especies nativas de la zona, se usó 37 muestras de 2 familias pertenecientes a los géneros *Calamagrostis* y *Nicotiana* de 12 puntos de lugar de la ciudad de la Oroya (Cerro de Pasco) y Lago Junín (Junín), en aquellos lugares encontramos pasivos mineros (relaves), el método usado fue con 3 niveles de plomo (Pb) las cuales fueron (700ppm, 1000ppm y 1200ppm). Se realizó el estudio y se encontró una alta acumulación de plomo (Pb) en el área (3180 ppm raíz y 143 ppm hoja, y 1883 ppm en flores y 2136 ppm en tallos). Por otro lado, se plantó el Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) con el objetivo de comparar su potencial fitorremediador. Se determinó que la especie *Nicotiana* tiene el mayor potencial de fitorremediación por su incremento de biomasa aérea, la alta aglomeración de biomasa (276.7 ppm en la raíz, y 96.5ppm en las hojas), extracción del metal (0.3 mg de Pb), posee un (Factor de Translocación: 0.39). En conclusión, las especies vegetales nativas son preferibles para fitorremediar. Para lo que **ESPARZA [et al.]** (2004), en su artículo científico “*Absorción y acumulación de metales pesados en tres especies vegetales en suelos enmendados con lodos de depuradora*”, buscó hallar la capacidad de concentración de metales pesados (Cr, Zn, Ni, Cu y Pb) en zona radicular (raíz) y zona aérea (tallos y hojas) con 3 especies vegetales, *Hordeum vulgare* (cebada), *Helianthus annuus* L. (girasol) y *Vicia sativa* L. (veza), sembradas en condiciones de invernadero en la parte Centro de España (Alcalá de Henares) con el propósito de hallar la absorción y traslocación. Se añadieron lodos compostados con residuos de podadura a un suelo rebajado de carácter elemental procedente de un cultivo abandonado. Se usó 3 métodos para cada especie vegetal: 1.- Dosis baja-media de lodo (42,5 t/ha) 2.- Dosis alta de lodo (85 t/ha) y un 3.-Testigo (sin adición de lodo); se realizó 3 repeticiones por tratamiento. De la misma manera se ha definido la probabilidad de uso de estas familias (especies) para la fitoextracción. Las acumulaciones en su totalidad de Cr, Cu, Zn y Pb en suelos aumentaron linealmente con la dosis de lodo aplicada. En el estudio se observó que, la cebada tuvo un elevado crecimiento de los metales (excepto el Zn) en la parte aérea (hojas) con el uso de lodos, pero, no afecto considerablemente en el girasol y la veza,

pese a que se elevó la concentración de los metales en las plantas con lodos. El contenido de metales totales en la zona radicular (raíz) de la cebada elevó con la dosis de lodo aplicada. El mismo caso ocurrió en la veza para el Pb, Zn y Cu, y en el girasol para el Cu. En lo absoluto, las cantidades de metales aglomerados en el vegetal fueron más elevadas en la cebada que en la veza y el girasol. Sin embargo, **VARGAS** (2012), en su tesis “*Capacidad de Absorción de Plomo del Girasol Ornamental (Helianthus annuus L.) Con la Adición de Ácidos Húmicos de Leonardita*”, consideró como propósito establecer la capacidad de absorción de plomo (Pb) del girasol (*Helianthus annuus L.*) ornamental con la adición de ácidos húmicos de Leonardita, en la remediación de un suelo contaminado con plomo (Pb), se colocó en macetas de plástico de 5 kg de este suelo, y se les adicionaron 5 diferentes tratamientos de Ácidos húmicos de Leonardita 1,2, 3, 4, y 5 ml. litros<sup>-1</sup> y un testigo absoluto (solo agua), en la siembra del girasol ornamental variedad cv. “Sunbrighth” (SAKATA Seeds de México, S. A. de C. V.), se aplicó la primera dosis en la siembra y la siguiente a los 15 días. La dosis media de los ácidos húmicos de Leonardita, realizó el superior efecto en la acumulación de plomo en raíz; las dosis bajas en la hoja y el tallo. Se concluye que con la adición de ácidos húmicos de Leonardita, es posible aumentar la capacidad de absorción de plomo por girasol ornamental (*Helianthus annuus L.*). La dosis media de los ácidos húmicos de Leonardita, realizó un efecto superior en la acumulación de plomo en raíz; las dosis bajas, lo hicieron en la hoja y el tallo. Dado que **CERNA [et al.]** (2012), en su artículo científico “*Capacidad remediadora de la raíz de girasol, Helianthus annuus, cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo*”. Se propuso la finalidad de revelar la capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*). Se escogieron plántulas de girasol con características iguales, se plantaron en contenedores de tecnopor de 1.5kg y cada una de ellas la cual contenía 50% de arena fina y 50% de arena gruesa. En cada maceta se plantó 3 plántulas, se estableció usar 20 plantas por proceso con 20 días de desarrollo, estas plántulas se expusieron en los siguientes procesos: 100 µM Pb/L, 200 µM Pb/L, 300 µM Pb/L, 400 µM Pb/L, 500 µM Pb/L. Al final del tratamiento las plantas fueron cortadas por la zona radicular y aérea para analizar la concentración de plomo (Pb). Cualquier anomalía morfológica se anotó. En conclusión, el girasol soporta concentraciones mayores a 500mg/l de Pb y la mayor concentración fue en la zona radicular.

Es necesario para poder conocer sobre el tema empezar con lo más básico como lo es la definición de **Fitorremediación** que es el uso de especies vegetales para disminuir en la

misma área (in situ) la acumulación y la toxicidad de contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos de los suelos, sedimentos, aguas y aire, desde tratamientos bioquímicos completados por los vegetales y los microorganismos asociados que llevan a la degradación, disminución, estabilización, mineralización y volatilización de estos contaminantes (MULAS, 2018). Donde, el **Proceso** de la fitodescontaminación es el desarrollo de tal forma que la acumulación de contaminantes del suelo se disminuye a escenarios admisibles por el mecanismo del acto de las especies vegetales, su microflora afiliada y de las técnicas agronómicas apropiadas. A su vez, comprende los siguientes desarrollos: **Fitoextracción** es el proceso en el cual se utiliza la capacidad de las especies vegetales para extraer y absorber algún contaminante del suelo o agua especialmente metales y acumularlos en sus hojas y tallos dando como resultado la limpieza permanente. Las fracciones de las especies vegetales donde se acumula el contaminante pueden ser destruidas y extraídas o recicladas a través de incineración o recuperación del contaminante sacando el metal del suelo, para juzgar de viable el proceso es primordial que la acumulación del contaminante tenga espacio en la parte aérea de la planta, también se considera la extracción de las raíces en algunos casos. Existen plantas que muestran hiperacumulación de contaminantes, es decir presentan depósito extremo de metales en sus tejidos aéreos. También, la **Fitovolatilización** que es el procedimiento por el cual las plantas y la actividad microbiana asociada, por medio de enzimas perfeccionados, tienen la posibilidad de cambiar, degradar y al final volatilizar los contaminantes desde el suelo hacia la atmósfera. La volatilización puede hacerse tanto desde el sistema radicular como desde la parte superficial del suelo. Asimismo, la **Fitodegradación** el cual es un procedimiento por el cual las plantas absorben el contaminante y lo metabolizan transformándolo en un material sin peligros para el medio natural, en tanto, la **Rizodegradación** consiste en el procedimiento por el cual las raíces de las plantas, su microflora asociada y/o los productos expulsados destruyen el contaminante en la región radicular. Gracias a los microorganismos que se encuentran en el suelo. (LÓPEZ, 2018).

Por consiguiente, se describe y define a la especie vegetal que utiliza, **Girasol** (*Helianthus annuus L.*) Especie vegetal de tallo alto, grueso y derecho, hojas pecioladas, en forma de corazón, flores amarillas y fruto con muchas semillas comestibles y negruzcas.

Esta planta es uno de los principales cultivos a nivel mundial, su germinación es de manera anual y es utilizada principalmente para la extracción de aceites (Figura 1). Tras las experiencias obtenidas esta especie puede ser sembrada después de una cosecha de maíz en

las tierras que sean propicias, debidamente analizadas. (BARRÓN, et al., 2017). Al describir sus partes se puede ver que la **Raíz** tiene un ágil avance en la fase cotiledonar, consigue de 4 a 8 centímetros de grande. Cuando muestra de 4 a 5 pares de hojas verdaderas puede lograr una hondura de 50 a 70 centímetros, tiene una raíz del tipo pivotante, compuesto por un eje central de donde brotan una cantidad enorme de raíces secundarias y terciarias, ésta puede lograr una hondura de hasta un metro y medio cuando las condiciones de humedad del suelo y el estado sobre nutrición del mismo lo benefician; propiedad que le otorga una capacidad de navegación del suelo con la intención de encontrar humedad y de nutrientes. El **Tallo** tiene un tallo exclusivo, de color verde, con una pubescencia cambiante conforme al cultivar, su interior está compuesto por un tejido popular como esclerénquima, que le adjudica un alto espacio de alojamiento de agua y nutrientes. El diámetro puede lograr a medir de 2 a 5 centímetros, en relación del cultivar, de la organización de las plantas en el campo, de la humedad y los nutrientes accesibles en el suelo. Necesitará de las condiciones nombradas antes, que el tallo logre conseguir hasta 2,20 metros de altura. No obstante, la altura idónea desde el criterio del manejo del cultivo, se posiciona cerca de los 1,70 y 2 metros, para beneficiar la cosecha mecánica. Las **Hojas** por lo general poseen una forma acorazonada, tienen una textura áspera con pubescencia o sin ella, lo cual necesita del cultivar. Las hojas de los 2 o 3 primeros pares del origen del tallo son opuestas y las otras alternas. El número alterna entre 20 y 40, en relación del cultivar y de las propiedades del ambiente donde se desarrolle la planta. La **Inflorescencia** es la composición reproductora donde se crean los granos o aquenios, se ajusta a una inflorescencia llamada capítulo que se posiciona en la parte de arriba del tallo, se compone por un receptáculo carnoso en el que se incluyen las flores y éstas últimas tienen la posibilidad de ser de dos tipos: *Flores liguladas o estériles* se muestran en un número entre 30 a 70, proporcionadas radialmente en una o dos filas. Las lígulas tienen de 6 a 10 centímetros de largo y de 2 a 3 centímetros de ancho. Su color alterna entre amarillo claro, amarillo dorado o amarillo anaranjado, son las que se sitúan en el perímetro del capítulo, ésta coloración las hace muy vistosas, lo cual le facilita atraer a los insectos polinizadores, y frecuentemente son llamadas “pétalos” y *Las flores fértiles* son abundantes y se sitúan en el centro del capítulo, se distribuyen concéntricamente hacia el elemento clave, cada una tiene un ovario y un solo óvulo de cuya fecundación se asegura el fruto (grano o aquenio). Por último, tenemos el **Fruto** que se ajusta a un fruto seco e indehiscente llamado aquenio, está constituido del pericarpio o cáscara que recubre la semilla verídica o almendra, el color del aquenio puede ser negro o blanco o una mezcla de los dos

en forma acanalado. (AVILA, 2016).



*Figura 1. Girasol.*

Es necesario también describir o definir a los **Metales pesados** que son llamadas también las aleaciones pesadas es una agrupación de componentes químicos que muestran una consistencia parcialmente alta y tóxica para los humanos. Contaminantes como las aleaciones pesadas tienen la aptitud de ocasionar evoluciones gracias a sus efectos perjudiciales en plantas. Ejemplos de metales pesados son el plomo (Pb), cobre (Cu), zinc (Zn), arsénico (As), mercurio (Hg), etc. Teniendo las siguientes características: Los metales pesados son elementos de la corteza terrestre, en un nivel reducido, se integran a nuestro cuerpo por medio de los comestibles, agua, aire, etc., no tienen la posibilidad de ser degradados o ser destrozados y los superiores inconvenientes asociados a la aparición de metales pesados son la bioacumulación y la biomagnificación. (MINAM, 2012).

Así mismo, el **plomo (Pb)** es un componente natural que está en reducidas proporciones en la corteza terrestre. En algunas situaciones, tiene algunos usos provechosos; no obstante, mayormente tienen la posibilidad de ser tóxicos para los animales y humanos; debido a que causan efectos en la salud y bioquímica de los organismos. Dicho metal pesado se puede hallar en todo nuestro ambiente - el suelo, el agua, el aire, y también dentro de los hogares. Parte importante de esta exposición procede de actividades humanas; una de ellas es la utilización de combustibles fósiles, introduciendo la utilización previa de la gasolina con plomo, algunos tipos de construcciones industriales y el empleo de la pintura con plomo en los hogares. El plomo y los compuestos de este se han usado en una extensa variedad de productos que están cerca de nuestros hogares, introduciendo cerámicas, pinturas, tuberías y

materiales de fontanería, gasolina, soldaduras, baterías, cosméticos y municiones. (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2016). Podemos describir las **Propiedades fisicoquímicas del Plomo (Pb)** de la siguiente manera, es una aleación pesada que se encuentra en la tierra, de estructura, a simple vista, blanda azulada, suele cambiar de color a gris y plateado, su consistencia es de 11.35g/cm<sup>3</sup>. Lo hallamos en el medio ambiente de forma pura, cuyas características son maleables y blandas, poco moldeable, mal conductor de la electricidad, en climas húmedos se oxida y su número de oxidación es 207.2, su grado de fusión es 324.4° C y su grado de eferescencia es de 1740°C. (Lenntech, 2015).

Usaremos un abono para poder enriquecer las propiedades del suelo y así poder nutrir de manera óptima nuestra especie vegetal en estudio, para esta ocasión usaremos el **Humus** el cual es un elemento compuesto de algunos componentes orgánicos de naturaleza disuelto, que se produce de la putrefacción de restos orgánicos por organismos y microorganismos beneficiosos (bacterias y hongos). Suele determinarse por su color negruzco dado a la inmensa cantidad de carbono que tiene. Se hallan especialmente en las partes superiores de suelos con acción orgánica. El humus de lombriz es el desenlace de la digestión de las lombrices de una sustancia orgánica, es una elaboración que, en años anteriores, es necesitada por sus propiedades químicas físicas, pero por más que nada por su pureza. La utilización del humus de lombriz es una satisfacción a los inconvenientes del uso de abonos químicos, no afecta el medio ambiente además es el abono orgánico más terminado e integral que se conoce, de fácil obtención y manejo. Es abundante en componentes minerales y energéticos, optimización la aireación, el drenaje y la porosidad del suelo. Puede ser usado como sustrato de impecable calidad para la conducción de semilleros de especies vegetales. (ESCOBAR, 2013). Describiremos a continuación las características de dicho abono: Es de color negro con un agradable olor a mantillo de bosque, tiene una alta carga bacteriana y enzimática, que incrementa la solubilización de los nutrientes realizando que logren ser aceptados por las raíces, por otro lado, evita que estos nutrientes sean llevados por el agua de riego y de esta forma los contiene más tiempo en el suelo, ayuda en forma objetiva en la germinación de las semillas y el avance de las especies vegetales, incrementa claramente el porte de estas plantas, árboles y arbustos comparados con otros de la misma edad. A lo largo del trasplante provee enfermedades e impide el shock por lesiones o cambios bruscos de humedad y temperatura, tiene prominente porcentaje de ácidos fúlvicos y húmicos, su acción combinada facilita una distribución instantánea de nutrientes asimilables y un impacto

regulador de nutrición, cuyo acto residual en el suelo dura hasta los cinco años, absorbe los elementos de reducción que se han originado en el lote por comprensión natural o artificial, contiene alta carga microbiana que restablece la actividad biológica del suelo, opera en el suelo renovando la composición, haciendo que este sea más permeable al aire y agua, creciendo la detención de agua y la aptitud de guardar y dejar en libertad los nutrientes requeridos por las especies vegetales, es un abono bioorgánico activo emite en el lote una acción biodinámica y optimización las propiedades organolépticas de las plantas, su pH es neutral y se puede utilizar en alguna dosis sin ningún peligro de quemar las plantas, puede guardarse a lo largo de un largo tiempo sin que sus características se vean alteradas, actúa progresando la textura, infiltración, estructura, porosidad de los pisos, dando permiso más grande avance del sistema radicular de los vegetales, mayor aptitud de contención hídrica, transmite hormonas, vitaminas, proteínas y otras fracciones humificadores de manera directa del lote a la planta. (TENECELA, 2012).

Si vamos a hablar sobre abono es importante definir el concepto de **suelo**, ya que es conocido también como la porción más superficial de la corteza terrestre, está constituida por residuos de rocas que quedan tras procesos de erosión y otros procesos fisicoquímicos.

Es la porción visible del planeta la cual usamos para la agricultura, construcción, entre otras actividades. Su **composición** se define de la siguiente manera: Sólidos (Rocas, óxidos de hierro y de aluminio, carbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos y solidos), líquidos (Agua no necesariamente en su estado puro cargadas de iones, sales y diversas sustancias orgánicas), gaseoso (Oxígeno, dióxido de carbono y dependiendo de la naturaleza: Metano y óxido nitroso). Sus **características** son: Variabilidad – Componentes poco homogéneos en tamaño y constitución, fertilidad – Relacionada con la presencia de agua y materia orgánica, mutabilidad – Constante cambio físico y químico, solidez – Distintas propiedades físicas, solidez y textura, color – Medido con la tabla Munsell.





Figura 2. Tabla munsell.

En la parte legal o **Marco Legal** mencionaremos a Ley General del Ambiente LEY N° 28611 con los siguientes artículos. **Artículo 1:** “Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país”. **Artículo 31:** Del Estándar de Calidad Ambiental - 31.1 El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la dimensión que establece el nivel de concentración o del grado de componentes, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no simboliza riesgo crítico para la salud de las personas ni al ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser expresada en máximos, mínimos o rangos (MINAM, 2005)

Con toda la información recopilada y analizada podemos ver la **formulación del problema** para poder plantearnos el **problema general:** ¿En qué porcentaje influenciará el girasol (*Helianthus annuus L*) como fitoextractor con adición de humus para suelo contaminado con plomo, peaje de Santa Anita, Lima, 2019?, Los **problemas específicos: P1:** ¿Cómo será el crecimiento del girasol para el tratamiento del suelo contaminado con plomo?, **P2:** ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas del humus para el tratamiento del suelo contaminado

con plomo?, **P3:** ¿Cuál será la densidad óptima de siembra en la parcela para el tratamiento del suelo contaminado con plomo?, **P4:** ¿Cuál será la concentración del plomo en el suelo antes y después del tratamiento con el girasol y humus?. La **justificación del problema** la podemos dividir en 4 tipos: **Justificación ambiental** la cual nos dice que esta investigación se basará en la contaminación de suelos por plomo (Pb). La contaminación de suelos, es la adición de cuerpos extraños como partículas de minerales, desechos orgánicos e inorgánicos, sedimentación de gases de hidrocarburos, etc. Los cuales dañan las características del suelo volviéndolas en su mayoría inútil para realizar plantación de vegetación, también la disminución de especies vegetales del lugar. La **Justificación económica** nos indica que esta investigación usa tecnología de bajo costo como es la Fitoextracción. Con este trabajo se quiere demostrar que al usar el girasol (*Helianthus annus L*) tendrá una eficacia de absorción en la disminución de concentración de plomo (Pb) en suelos contaminados. La presente investigación tiene un importante enfoque, económico, social y ambiental para un ambiente de calidad y conservación, hacia nuestro futuro. Esta investigación sirva como modelo para futuras investigaciones relacionadas a la Fitorremediación. La **Justificación teórica** indica que esta investigación se basó en teorías explícitas, relacionadas al tema desarrollado. El empleo del girasol (*Helianthus annus L*) más la adición de humus para disminuir la concentración de plomo en los suelos contaminados, será de manera experimental e in situ. La **Justificación social** nos dice que esta investigación se realizará para mejorar el ambiente de las personas, ya que el plomo genera muchas enfermedades y se busca su reducción con esta tecnología amigable con el ambiente ya que no usaremos ninguna sustancia química. Al tener claro nuestro problema general, específicos y nuestra justificación podemos realizar nuestra **hipótesis general** con su contraparte. **HG:** El girasol (*Helianthus annus L*) como fitoextractor con adición de humus influye directamente en el suelo contaminado con plomo, peaje de Santa Anita, Lima, 2019. **Ho:** El girasol (*Helianthus annus L*) como fitoextractor con adición de humus no influye directamente en el suelo contaminado con plomo, peaje de Santa Anita, Lima, 2019. Y las **hipótesis específicas** también con sus respectivas negaciones. **H1:** El crecimiento del girasol con humus mejora el tratamiento del suelo contaminado con plomo. **Ho:** El crecimiento del girasol con humus no mejora el tratamiento del suelo contaminado con plomo. **H2:** Las características fisicoquímicas del humus será óptima para el tratamiento del suelo contaminado con plomo. **Ho:** Las características fisicoquímicas del humus no será óptima para el tratamiento del suelo contaminado con plomo. **H3:** La densidad óptima de siembra es 6 plantas por parcela para el tratamiento del

suelo contaminado con plomo. **H<sub>0</sub>**: La densidad óptima de siembra no es 6 plantas por parcela para el tratamiento del suelo contaminado con plomo. **H<sub>4</sub>**: La concentración de plomo en el suelo disminuirá después del tratamiento con el girasol y humus. **H<sub>0</sub>**: La concentración de plomo en el suelo no disminuirá después del tratamiento con el girasol y humus. Para finalizar este capítulo nos planteamos los siguientes objetivos. **Objetivo general:** Evaluar el girasol (*Helianthus annuus L*) como fitoextractor con adición de humus en suelo contaminado con plomo, peaje de Santa Anita, Lima, 2019. Con sus **objetivos específicos:** **O<sub>1</sub>**: Determinar el crecimiento del girasol con humus para el tratamiento del suelo contaminado con plomo. **O<sub>2</sub>**: Determinar las características fisicoquímicas del humus para el tratamiento del suelo contaminado con plomo, **O<sub>3</sub>**: Determinar la densidad óptima de siembra en la parcela para el tratamiento del suelo contaminado con plomo, **O<sub>4</sub>**: Determinar la concentración de plomo en el suelo antes y después del tratamiento con el girasol y humus.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue aplicada con enfoque cuantitativo, al respecto Hernández (2014), nos menciona que, investigaciones de este tipo son ejecutadas de forma secuencial, con el objetivo que no se omita o salte pasos. Asimismo, con este enfoque se ejerce la recolección de datos, mediciones estandarizadas y el análisis de resultados, que permiten responder a la problemática y a la aceptación o rechazo de la hipótesis planteada en la investigación.

El diseño de la investigación fue experimental con pre prueba y post prueba, a fin de determinar el comportamiento de las variables, donde se establece el efecto a causa de la manipulación. El estudio, presentó un nivel explicativo, por ser un estudio que va más allá de la descripción de conceptos direccionados a responder causas de eventos, respondiendo al cómo y por qué se manifiestan y relacionan dichas variables. (Hernández, 2014).

Las pruebas se realizaron en las áreas verdes del peaje de Santa Anita “C1” luego se realizó el uso del girasol con la adición del humus “X”, por último, se verificó la densidad óptima obtenida en el proceso “C”.

$$C_1 \rightarrow X \rightarrow C_2 \dots\dots (1)$$

Donde:

C<sub>1</sub>: Concentración inicial

X: Tratamiento que se le utilizara

C<sub>2</sub>: Concentración final

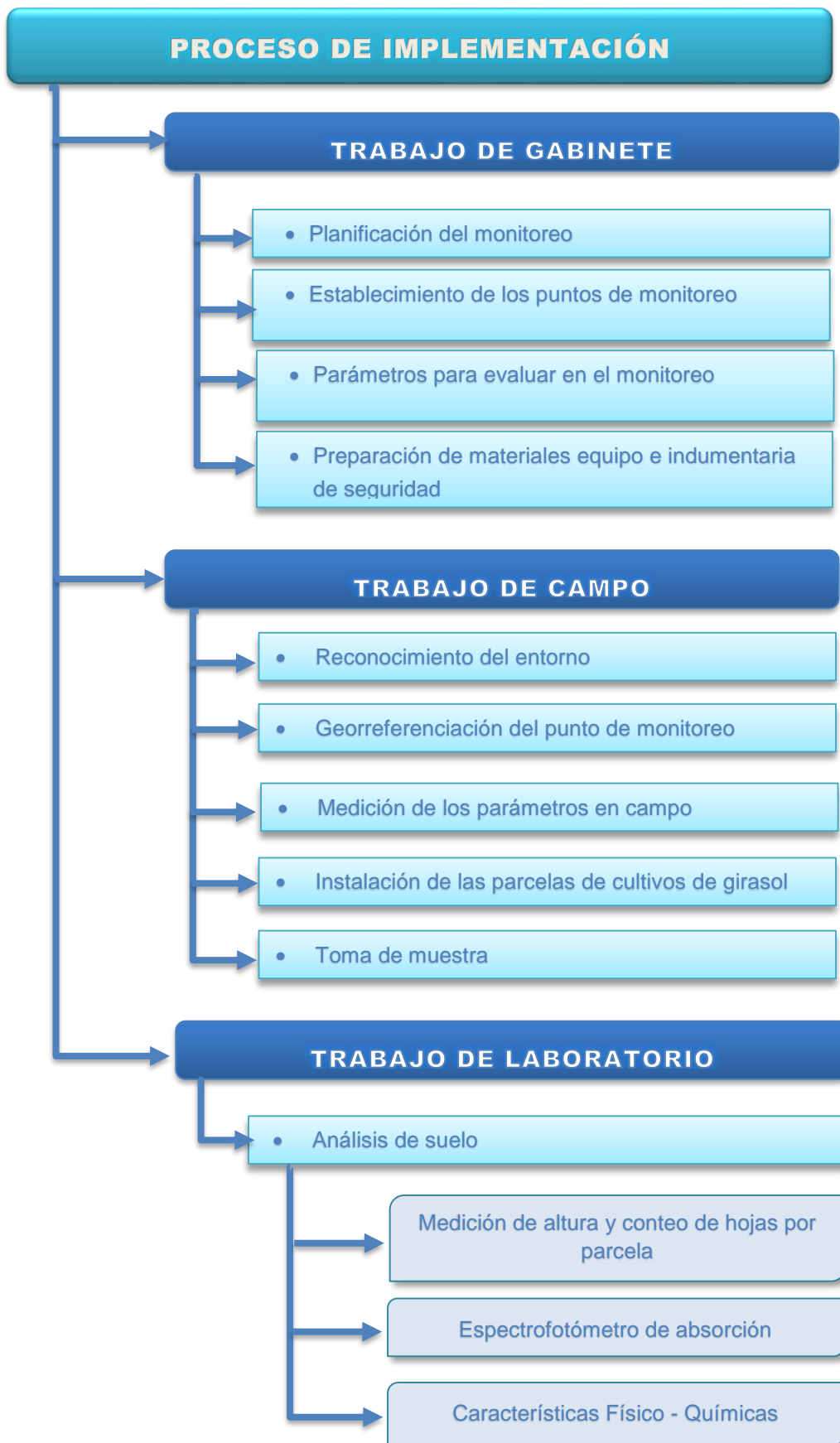


Figura 3. Metodología de la investigación.

## 2.2.Operacionalización de variables

V1: Capacidad fitoextractora del girasol con la adición de humus

V2: Fitorremediación de suelos con plomo

**Tabla 1.** Operacionalización de variables.

| TIPO DE VARIABLE | VARIABLE                               | DEFINICIÓN CONCEPTUAL  | DEFINICIÓN OPERACIONAL  | DIMENSIONES                               | INDICADORES         | UNIDAD                 |
|------------------|--|--|---|---|---------------------|------------------------|
| INDEPENDIENTE    | V1: Girasol como fitoextractor y humus | Las plantas de girasol pueden utilizarse con el fin de extraer contaminantes como plomo, zinc y cadmio. Esto lo realizan a través de sus hojas principalmente y sus raíces. (Chávez, 2014) | Para la fitorremediación al suelo contaminado se dividió en 9 parcelas de 1 m <sup>2</sup> , en ella primero se fertilizó con humus y luego se sembró de acuerdo a la densidad propuesto del girasol, en ella se midió el desarrollo de la planta y la absorción del plomo. | Crecimiento del girasol                   | Altura de la planta | cm                     |
|                  |  |  |   |   | Tamaño de raíz      | cm                     |
|                  |  |  |   |   | Número de hojas     | unidad                 |
|                  |  |  |   |   | Pb final            | mg/kg                  |
|                  |  |  |   | Características físico-químicas del humus | N,P,K               | %                      |
|                  |  |  |   |   | Conductividad       | uS/cm                  |
|                  |  |  |   |   | Humedad             | %                      |
|                  |  |  |   | Densidad de siembra en la parcela         | pH                  | Rango de 01-14         |
|                  |  |  |   |   | 2                   | plantas/m <sup>2</sup> |
|                  |  |  |   |   | 4                   |                        |
|                  | 6                                      |  |   |   |                     |                        |

|             |                                 |  |  |   |                             |                       |
|-------------|---------------------------------|--|--|---|-----------------------------|-----------------------|
| DEPENDIENTE | V2: Suelo contaminado por plomo | Es todo proceso que afecta al suelo en su capacidad y potencial debido a los metales pesados, se puede mencionar que es una degradación química. (Jiménez, 2017) | Para el análisis físico químico del suelo y plomo se realizó un análisis de laboratorio a través del método de espectrofotometría de absorción atómica, con ello se determinó la concentración del elemento buscado. | Características físico-químicas del suelo antes y después | Tipo de suelo               | Limo, Franco, Arenoso |
|             |                                 |  |  |   | pH                          | 1-14                  |
|             |                                 |  |  |   | Conductividad               | uS/cm                 |
|             |                                 |  |  |   | N, P, K                     | %                     |
|             |                                 |  |  |   | Color                       | Rango munsell         |
|             |                                 |  |  |   | CIC                         | meq/100g.             |
|             |                                 |  |  | Plomo antes y después                                     | % En el suelo               | mg/kg                 |
|             |                                 |  |  |   | % De retención de la planta | mg/kg                 |

## 2.3. Población, muestra y muestreo

### 2.3.1. Población

La población son los suelos contaminados por plomo dentro del área de estudio ubicado en las áreas verdes del peaje de Santa Anita la cual cuenta con un área de 30 m<sup>2</sup>

**Unidad de análisis:** Suelo contaminado con plomo

### 2.3.2. Muestra

El presente estudio se realizó basado en la técnica de muestreo probabilístico aleatorio simple la cual infiere que cogemos muestras al azar de suelo contaminado en diferentes puntos dentro del área de estudio, sólo se usó 9 m<sup>2</sup>, donde cada parcela fue fertilizada con humus y recibió un tratamiento que será la densidad de siembra.

### 2.3.3 Muestreo

T1 = 2 plantas

T2 = 4 plantas

T3 = 6 plantas

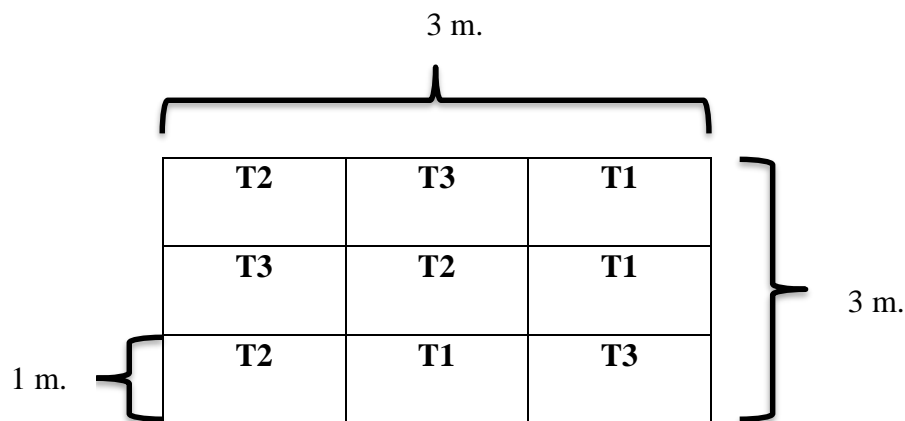


Figura 4. Parcela 1.



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

### 2.4.1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Los procesos o tareas para la recolección de datos que se realizaron se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Cuadro de Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

| ETAPAS   | FUENTES  | TECNICA     | INSTRUMENTO   | RESULTADO  |
|--|--|-------------|---|--|
| Identificación de área de estudio  | Suelo en las áreas verdes del peaje de Santa Anita | Observación | Registro de visita de campo                                       | Permisos solicitados para uso de área.   |
| Análisis inicial de las muestras de suelo en las áreas verdes del peaje de Santa Anita | Laboratorio acreditado                             | Observación | Ficha de registro de las características fisicoquímicas del suelo | Concentración inicial del plomo en el suelo  |
| Características físico químicas del suelo en las áreas verdes del peaje de Santa Anita | Laboratorio acreditado                             | Observación | Ficha de registro de las características fisicoquímicas del suelo | Características fisicoquímicas del suelo   |
| Análisis de la absorción del girasol fertilizado con humus                             | Laboratorio acreditado                             | Observación | Ficha de registro final del tratamiento                           | Capacidad de absorción   |
| Análisis de la muestra del suelo recuperada  | Laboratorio acreditado                             | Observación | Ficha de registro de las características fisicoquímicas del suelo | Concentración de plomo final en el suelo   |
| Procesamiento de datos   | Microsoft Excel.                                   | Observación | Análisis e interpretación de datos.                               | Comprobar la capacidad de extracción del girasol con humus en el suelo de áreas verdes del peaje de Santa Anita. |

### 2.4.2. Validez

La validez de los instrumentos, se realizó mediante la validación por 3 expertos, quienes estimaron la coherencia y pertinencia de los instrumentos presentados (fichas técnicas de recolección de datos).

Los instrumentos validados se muestran en los anexos y están descritos a continuación

**Tabla 3.** Promedio de validación.

| Instrumentos | Porcentaje de validación (%) |           |           | Promedio |
|--------------|------------------------------|-----------|-----------|----------|
|              | Experto 1                    | Experto 2 | Experto 3 |          |
| FICHA 1      | 95%                          | 86.5%     | 90%       | 90.5%    |
| FICHA 2      | 95%                          | 87%       | 90%       | 90.6%    |
| FICHA 3      | 94.5%                        | 86.5%     | 90%       | 90.3%    |

Los expertos que validaron los instrumentos fueron:

**Tabla 4.** Expertos de validación.

| Expertos                          |                                    |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Ingeniero Químico:                | Ingeniero Agrónomo:                | Ingeniero Zootecnista:             |
| Mg. María Paulina Aliaga Martínez | Dr. César Eduardo Jiménez Calderón | Ing. Wilber Samuel Quijano Pacheco |
| CIP: N° 59433                     | CIP: N° 42355                      | CIP: N° 90140                      |

### 2.4.3. Confiabilidad

La confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos es de acuerdo a los resultados que hemos obtenido tras usar el laboratorio de química de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO para los análisis requeridos, contratando los servicios de análisis de otras universidades como la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA (Facultado de Ingeniería, Geología, Minera y Metalúrgica) y la UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA (Facultado de Agronomía), usando equipos que están calibrados, en constante mantenimiento y certificados por el ente correspondiente (INACAL).

## 2.5. Procedimiento del trabajo

### 2.5.1. Ubicación del trabajo experimental

El trabajo experimental se realizó en las instalaciones del área verde del peaje perteneciente al distrito de Santa Anita, Lima.



*Figura 5. Ubicación satelital.*

### **2.5.2. Elección de las parcelas**

Dentro del área elegida está una parcela de 9 m<sup>2</sup>, el cual se dividió en 9 parcelas de 1 m<sup>2</sup>, que será dividido con cordeles para hacer que las parcelas se distribuyan al azar.

### **2.5.3. Preparación del humus**

El humus que se usó en el trabajo de investigación fue adquirido del mercado de flores Rímac-Lima, cantidad de 10 kilogramos, este abono orgánico se agregó 1 kg/m<sup>2</sup> a cada parcela para darle las condiciones necesarias a la planta. (250 g. por planta).

### **2.5.4. Análisis físico y químico del suelo**

La muestra obtenida de un muestreo al azar tanto del humus como del suelo para el análisis del N, P, K se realizó en la Universidad Agraria La Molina en el laboratorio de suelos; y para el análisis del plomo se realizó en la UNI, En el laboratorio de espectrometría.

### **2.5.5. Fertilización del suelo.**

Antes de la siembra del girasol en las unidades experimentales se agregó 1 kilogramo de humus por metro cuadrado, con la finalidad de cubrir las necesidades nutritivas del girasol haciendo que este crezca fuerte y pueda absorber la mayor cantidad de plomo.

### **2.5.6. Siembra del girasol o Tratamientos.**

Los tratamientos que se usarán en el presente trabajo fue la densidad de siembra por cada unidad experimental o parcela contaminada con plomo y se distribuyó de la siguiente

manera:

T1 = 2 plantas/parcela

T2 = 4 plantas//parcela

T3 = 6 Planta//parcela

Cada tratamiento tendrá 3 repeticiones, siendo en total 9 parcelas.

### **2.5.7. Manejo de la planta hasta su crecimiento.**

Para el manejo de la planta durante el crecimiento, después del brote de las semillas se tuvo cuidado en el riego y este fue semanal y cuando el clima era caluroso se regó cada 2 días, también se tuvo cuidado que el efecto solo sea del girasol para ello se realizó el deshierbo de las malezas haciendo que sólo crezca el girasol.

### **2.5.8. Análisis químico de la planta del girasol y el suelo después del tratamiento.**

Para el cuál se tomó 2 plantas de cada tratamiento y por parcela o unidad experimental, donde se envió a los laboratorios de la UNI para el análisis de plomo, así como el suelo. Además, para el suelo se enviaron las muestras al laboratorio de suelos de la UANLM donde se analizó las características químicas y físicas del suelo.

## **2.6. Métodos de análisis de datos**

El trabajo de investigación se planteó bajo el diseño estadístico completamente al azar (DCA), donde habrá tres tratamientos con tres repeticiones siendo una parcela como unidad experimental, cuyo modelo aditivo lineal será:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij};$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Efecto del i-ésimo tratamiento de la J-ésima repetición

U = Medial poblacional

$E_{ij}$  = Error experimental.

Para el análisis de varianza se utilizó el SAS y para la comparación de medias se usó la prueba de contraste de Tukey. Para las tablas y gráficos se usó el programa Excel.

## **2.7. Aspectos éticos**

La presente investigación fue experimental, ya que mostrará la eficiencia del uso del girasol (*Helianthus annuus* L.) con adición de humus para la Fitorremediación de suelos contaminados con plomo realizando procedimientos y métodos para la obtención de resultados. Posteriormente estos serán utilizados como base de información o antecedentes, ya que los datos obtenidos no serán alterados o manipulados por lo cual los hacen datos fehacientes.

Además, en el presente trabajo de investigación se realizó la recolección de información de conocimientos existentes en la ciencia, para su posterior aplicación en el presente trabajo de investigación, respetándose el derecho de autor de las fuentes realizando apropiadamente la citación.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis Iniciales (Humus y Suelo)

##### 3.1.1. Características fisicoquímicas del humus

**Referencia:** H.R. 67836

**Boleta:** 2836

**Fecha:** 23/04/2019

**Metodologías usadas:**

- Nitrógeno: Método de Kjeldahl.
- Fósforo: Método del azul de molibdeno. Método alternativo: Amarillo del Vanadato Molibdato.
- Potasio: Espectrofotometría de absorción atómica.

**Tabla 5.** *Características de N, P, K en el humus.*

| Nº | Parámetros    | Valor | Unidad |
|----|---------------|-------|--------|
| 1  | Nitrógeno (N) | 1.90  | %      |
| 2  | Fósforo (P)   | 1.37  | %      |
| 3  | Potasio (K)   | 0.82  | %      |

De la Tabla 5, se observa que los valores obtenidos de los nutrientes del humus a usar para enriquecer el suelo, poseen resultados del N, P y K como son 1.90, 1.37 y 0.82 en porcentaje respectivamente, valores que son típicos de humus de lombriz de buena calidad.

**Tabla 6.** *Análisis físico-químico inicial del humus.*

| Nº | Parámetros               | Valor | Unidad |
|----|--------------------------|-------|--------|
| 1  | Potencial Hidrogeno (pH) | 8.19  | 1 - 14 |
| 2  | Temperatura (C° )        | 23.80 | C°     |
| 3  | Conductividad            | 2057  | uS/m   |
| 4  | Materia Orgánica (M.O.)  | 20.25 | %      |
| 5  | Humedad                  | 58.13 | %      |
| 6  | Color                    | 2.51  | 7.5YR  |

De la Tabla 6, se observó el valor de los parámetros químicos evaluados del humus para fertilizar el suelo, del cual podemos observar poseen valores típicos de humus de buena calidad.

### 3.1.2. Características fisicoquímicas del suelo antes del experimento

**Referencia:** H.R. 67835

**Boleta:** 2836

**Fecha:** 16/04/2019

**Metodología usada:**

- Nitrógeno total: Método de Kjeldahl.
- Fósforo disponible: Método de Olsen modificado, extracción con NaHCO<sub>3</sub> 0.5N, pH 8.5.
- Potasio disponible: Extracción con acetato de amonio y lectura por espectrofotometría de absorción atómica.

**Tabla 7.** Características de N, P, K en el suelo.

| Nº | Parámetros    | Valor   | Unidad |
|----|---------------|---------|--------|
| 1  | Nitrógeno (N) | 0.11000 | %      |
| 2  | Fosforo (P)   | 0.00408 | %      |
| 3  | Potasio (K)   | 0.11080 | %      |

La Tabla 7, presentó los valores del suelo a usar para sembrar el girasol estos valores son en N, P y K de 0.11, 0.00408 y 0.1108 en porcentaje; se observa que es un suelo empobrecido.

**Tabla 8.** Análisis físico-químico inicial del suelo.

| Nº | Parámetros               | Valor | Unidad |
|----|--------------------------|-------|--------|
| 1  | Potencial Hidrogeno (pH) | 8.00  | 1 - 14 |
| 2  | Temperatura (C°)         | 25.00 | C°     |
| 3  | Conductividad            | 445.0 | uS/m   |
| 4  | Materia Orgánica (M.O.)  | 3.54  | %      |
| 5  | Humedad                  | 10.37 | %      |
| 6  | Color                    | 4/2   | 7.5YR  |

De la Tabla 8, se apreció que los valores de los parámetros obtenidos del suelo a usar están empobrecidos y además posee pH alto y bajo en materia orgánica, por lo que es necesario la incorporación de humus.

### 3.1.3. Plomo en el suelo de la unidad de estudio

**Boleta:** B004 - 00093188

**Fecha:** 10/04/2019

**Metodología usada:**

- Espectrofotometría de absorción atómica.

**Tabla 9.** *Análisis inicial para hallar el valor de plomo en suelo.*

| Nº | Parámetros | Valor  | Unidad |
|----|------------|--------|--------|
| 1  | Plomo (Pb) | 0.1814 | %      |

De la Tabla 9, se observó que los valores de plomo en el suelo supera los límites permisibles, con ello se determinó que el suelo está contaminado con plomo (Pb) y se puede usar la técnica de la fitorremediación.

### 3.1.4. Análisis CIC en el suelo

**Referencia:** H.R. 68407

**Boleta:** 3013

**Fecha:** 31/05/2019

**Metodología usada:**

- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): Saturación del complejo arcillo – húmico con acetato de amonio, y posterior destilación del nitrógeno por Kjeldahl.
- Cationes intercambiables (Ca, Mg, K, Na): Reemplazo de los cationes adsorbidos con el acetato de amonio y posterior cuantificación de los cationes por espectrofotometría de absorción atómica.



**Tabla 10.** *Capacidad de intercambio catiónico.*

| Lab. | CIC   | Cationes intercambiables |      |      |      | Suma de cationes | % Sat. de Bases |
|------|-------|--------------------------|------|------|------|------------------|-----------------|
|      |       | Ca                       | Mg   | K    | Na   |                  |                 |
| 1738 | 10.24 | meq/100g                 |      |      |      | 10.24            | 100             |
|      |       | 7.26                     | 1.68 | 0.92 | 0.38 |                  |                 |

### 3.2. Análisis fisicoquímicos finales de Suelo

#### 3.2.1. Registro de análisis

El análisis fisicoquímico final del suelo, se desarrolló en el laboratorio de mecánica de suelos y materiales de la Universidad César Vallejo, donde para ejercer el análisis de la muestra de suelo, se registró dentro del ensayo N°02-M-2019, la siguiente información:

**Tabla 11.** *Registro de ensayo N°02-M-2019.*

|   |   |
|---|---|
| <b>Dirección:</b>                         | Lima/Lima/Santa Anita   |
| <b>Tipo de ensayo:</b>                    | Análisis de suelos  |
| <b>Matriz:</b>                            | Suelos  |
| <b>Descripción de la muestra:</b>         | Suelo tratado con Girasol ( <i>Helianthus annuus L.</i> ) como fitoextractor de plomo |
| <b>Muestra tomada por:</b>                | - Marco A. Mejía Taboada<br>- Samuel V. Sebastián Falcon                              |
| <b>Fecha de ingreso de la muestra:</b>    | 01/06/2019  |
| <b>Lugar donde se analizó la muestra:</b> | Laboratorio de Química – UCV  |

### 3.2.2. Métodos usados en análisis

**Tabla 12.** Registro de metodologías de análisis.

|                                |   |
|--------------------------------|---|
| <b>Metodología de análisis</b> | Método de Kjeldahl  |
|                                | Método del Olsen, extracción con NaHCO <sub>3</sub> =0.5M, p H 8.5                |
|                                | Extracción con acetato de amonio (CH <sub>3</sub> -COONH <sub>4</sub> )N, p H 7.0 |
|                                | Saturación con acetato de amonio (CH <sub>3</sub> -COONH <sub>4</sub> )N, p H 7.0 |
|                                | APHA-AWWA-WEF (2012) 5210 B   |
|                                | APHA-AWWA-WEF (2012) 5220 B   |
|                                | APHA-AWWA-WEF (2005) método 4500 HB.  |
|                                | Standard Methods for the examination of water and wastewater. AWWA-1992.          |
|                                | SMEWW.APHA-AWWA 2510 B. (2017)  |
|                                | CANCELA A LA NMX-AA-012-1980. Espectrofotometría de absorción atómica.            |

### 3.2.3. Equipos utilizados para los análisis

**Tabla 13.** Registro de equipos utilizados para los análisis.

| <b>Equipo Utilizado</b>                 | <b>Código interno</b> |
|---|-----------------------|
| Multiparámetro Hanna Edge               | 6053633               |
| Espectrofotómetro UV                    | 6007328               |
| Equipo de filtración con bomba de vacío | 653626                |
| Equipo Kjeldahl                         | 600956                |
| Equipo de destilación de gases          | 6009523               |
| Mufla                                   | 6009521               |

### 3.2.4. Análisis fisicoquímico del suelo después del tratamiento

**Tabla 14.** Análisis químico del suelo después del tratamiento.

| Tratamiento     | Repeticiones | pH          | T         | C.E            | H            | M.O         | N           | P           | K           | CI           |
|-----------------|--------------|-------------|-----------|----------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
|                 |              |             | °C        | μS/cm          | %            | %           | %           | %           | %           | (meq/100g)   |
| 1               | 1            | 7.60        | 25        | 671.00         | 13.04        | 3.84        | 2.42        | 2.05        | 1.75        | 10.21        |
|                 | 2            | 7.54        | 25        | 691.00         | 10.07        | 3.72        | 2.35        | 2.12        | 1.83        | 10.54        |
|                 | 3            | 7.55        | 25        | 653.00         | 9.56         | 3.92        | 2.41        | 2.09        | 1.73        | 10.25        |
| <b>Promedio</b> |              | <b>7.56</b> | <b>25</b> | <b>671.67</b>  | <b>10.89</b> | <b>3.83</b> | <b>2.39</b> | <b>2.09</b> | <b>1.77</b> | <b>10.33</b> |
| 2               | 1            | 7.45        | 25        | 747.00         | 11.03        | 4.62        | 2.62        | 2.17        | 1.86        | 10.27        |
|                 | 2            | 7.42        | 25        | 782.00         | 10.53        | 4.17        | 2.58        | 2.14        | 1.87        | 10.24        |
|                 | 3            | 7.45        | 25        | 751.00         | 13.21        | 4.68        | 2.49        | 2.16        | 1.84        | 10.35        |
| <b>Promedio</b> |              | <b>7.44</b> | <b>25</b> | <b>760.00</b>  | <b>11.59</b> | <b>4.49</b> | <b>2.56</b> | <b>2.16</b> | <b>1.86</b> | <b>10.29</b> |
| 3               | 1            | 7.24        | 25        | 1111.00        | 10.12        | 4.92        | 2.94        | 2.27        | 1.83        | 10.74        |
|                 | 2            | 7.34        | 25        | 1092.00        | 8.09         | 4.87        | 2.73        | 2.34        | 1.89        | 10.4         |
|                 | 3            | 7.36        | 25        | 1047.00        | 7.06         | 4.81        | 2.71        | 2.32        | 1.79        | 10.47        |
| <b>Promedio</b> |              | <b>7.31</b> | <b>25</b> | <b>1083.30</b> | <b>8.42</b>  | <b>4.87</b> | <b>2.79</b> | <b>2.31</b> | <b>1.84</b> | <b>10.54</b> |

Los resultados presentados en la Tabla 14, muestran los análisis químicos del suelo después de aplicado el tratamiento o después de la siembra del girasol, como se observa los resultados mejoraron en todos los parámetros químicos del suelo, con ello se puede inferir que no sólo es un extractor de metales pesados, sino también puede ser aplicado como mejorador de suelo.

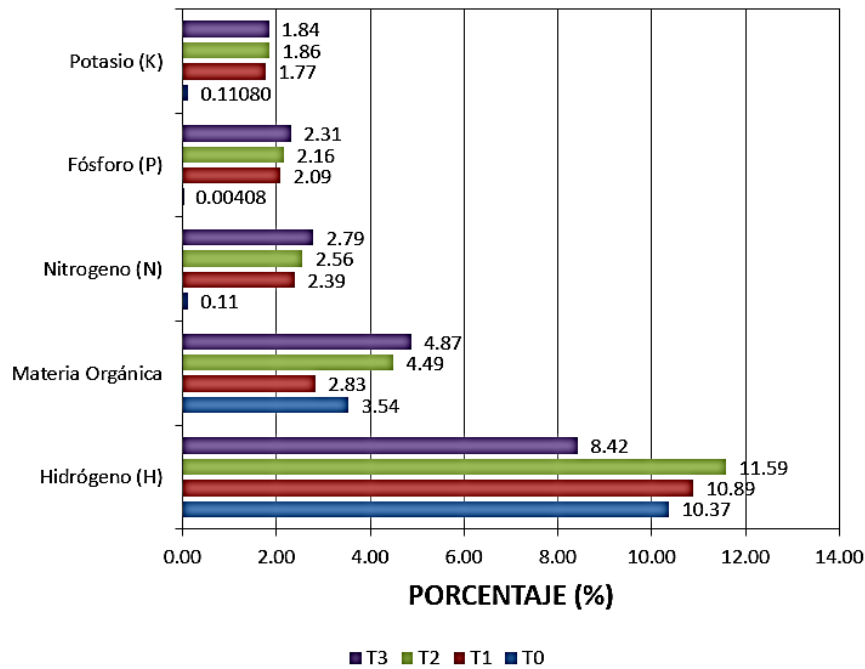


Figura 6. Gráfico de valores de análisis químicos del suelo en porcentajes de K, P, N, M.O. y H.

En la Figura 6, se presentó los resultados en porcentaje del análisis químico de potasio (K), fósforo (P), nitrógeno (N), materia orgánica (M.O.) e hidrogeno (H), después de aplicado los tratamientos mejoran en todos los parámetros evaluados del suelo, en comparación con el testigo o inicial.

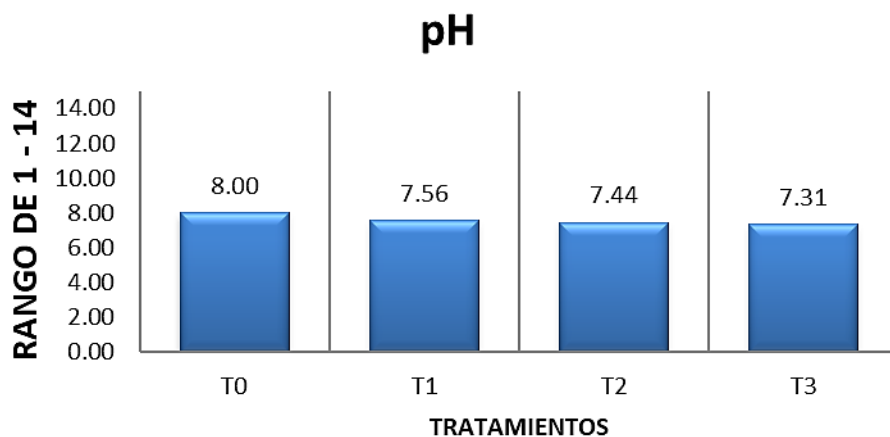
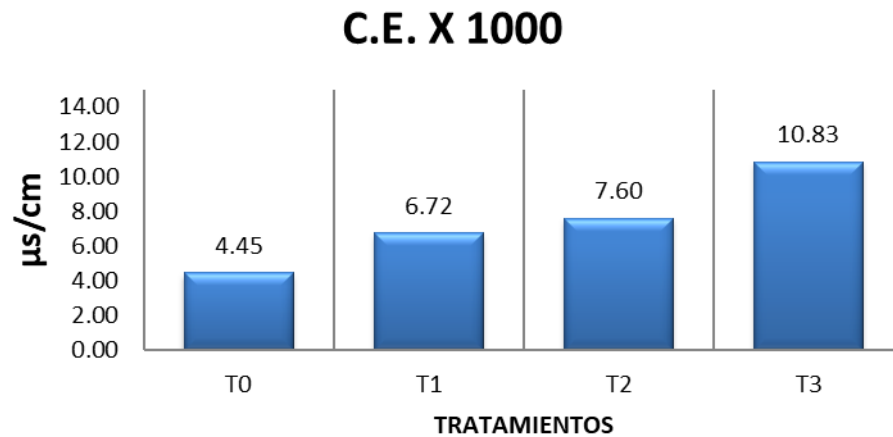


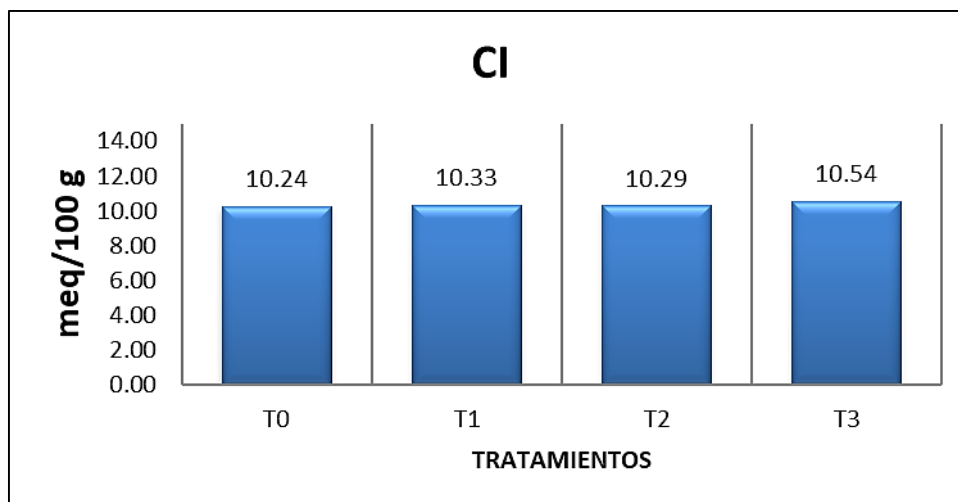
Figura 7. Gráfico de valores de pH en análisis químicos del suelo.

En Figura 7, se observó como el resultado en los valores de pH del análisis químico, después de aplicado el tratamiento mejora en dicho parámetro evaluado del suelo, en comparación con el testigo o inicial.



*Figura 8.* Gráfico de valores de conductividad eléctrica en análisis químicos del suelo.

En la *Figura 8*, se apreció como el resultado en los valores de CE del análisis químico, después de aplicado el tratamiento mejora en dicho parámetro evaluado del suelo, en comparación con el testigo o inicial.



*Figura 9.* Gráfico de valores de cationes intercambiables en análisis químicos del suelo.

La *Figura 9*, reflejó el resultado en los valores de CI del análisis químico, después de aplicado el tratamiento mejora en dicho parámetro evaluado del suelo, en comparación con el testigo o inicial.

### 3.2.5. Análisis de cationes intercambiables

Los resultados de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) se presenta en la Tabla 15, estos valores son después de los tratamientos de la fitorremediación con el girasol.

**Tabla 15.** Resultados de los cationes intercambiables del suelo después del tratamiento.

| Tratamiento     | Repeticiones | Cationes intercambiables |             |             |             |
|-----------------|--------------|--------------------------|-------------|-------------|-------------|
|                 |              | Ca                       | Mg          | K           | Na          |
|                 |              | (meq/100g)               | (meq/100g)  | (meq/100g)  | (meq/100g)  |
| 1               | 1            | 5.41                     | 2.04        | 1.22        | 1.54        |
|                 | 2            | 5.67                     | 2.09        | 1.36        | 1.42        |
|                 | 3            | 5.42                     | 2.07        | 1.23        | 1.53        |
| <b>Promedio</b> |              | <b>5.50</b>              | <b>2.07</b> | <b>1.27</b> | <b>1.50</b> |
| 2               | 1            | 5.45                     | 2.21        | 1.09        | 1.52        |
|                 | 2            | 5.62                     | 1.94        | 1.17        | 1.51        |
|                 | 3            | 5.67                     | 2.10        | 1.11        | 1.47        |
| <b>Promedio</b> |              | <b>5.58</b>              | <b>2.08</b> | <b>1.12</b> | <b>1.50</b> |
| 3               | 1            | 5.64                     | 2.27        | 1.09        | 1.74        |
|                 | 2            | 5.63                     | 2.12        | 1.12        | 1.53        |
|                 | 3            | 5.62                     | 2.21        | 1.09        | 1.55        |
| <b>Promedio</b> |              | <b>5.63</b>              | <b>2.20</b> | <b>1.10</b> | <b>1.61</b> |

En los resultados presentados en la Tabla 15, se observó que los cationes intercambiables están en un balance adecuado, que permite a la planta nutrirse o que los minerales están biodisponibles.

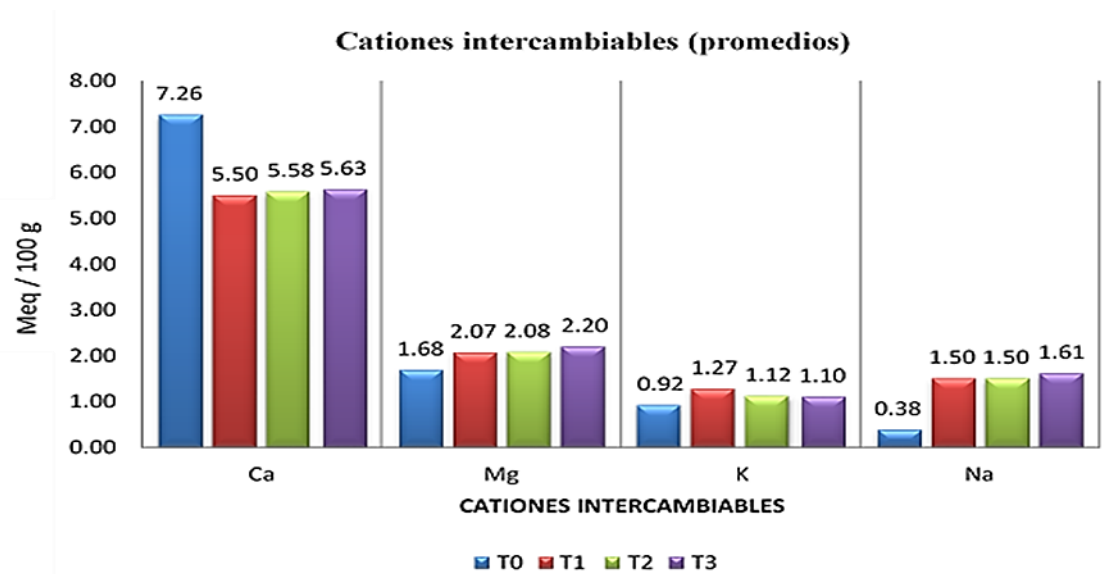


Figura 10. Gráfico de efecto del tratamiento sobre los cationes intercambiables del suelo.

Con la Figura 10, se corroboró que los cationes intercambiables están balanceados en el suelo o que permite ser absorbido por la planta en este caso el desarrollo del girasol, se observa que el tratamiento 3 posee el mejor resultado.

### 3.3 Evaluación de crecimiento del Girasol

Tabla 16. Medidas físicas de plantas en tratamiento 1.

| Tratamiento     | Planta | Tallo          |             | Raíz           |             | Hojas        |
|-----------------|--------|----------------|-------------|----------------|-------------|--------------|
|                 |        | Longitud (cm.) | Ancho (cm.) | Longitud (cm.) | Ancho (cm.) | Unidad       |
| 1.1             | 1      | 42.00          | 1.50        | 10.00          | 7.00        | 16           |
|                 | 2      | 63.00          | 1.00        | 10.00          | 5.00        | 18           |
| 1.2             | 1      | 49.00          | 1.50        | 13.00          | 7.00        | 18           |
|                 | 2      | 52.00          | 1.80        | 14.00          | 7.00        | 16           |
| 1.3             | 1      | 22.00          | 1.00        | 9.80           | 3.00        | 10           |
|                 | 2      | 52.00          | 2.00        | 14.00          | 6.50        | 21           |
| <b>Promedio</b> |        | <b>46.67</b>   | <b>1.47</b> | <b>11.80</b>   | <b>5.92</b> | <b>16.50</b> |

**Tabla 17.** *Medidas físicas de plantas en tratamiento 2.*

| Tratamiento     | Planta | Tallo         |                | Raíz          |                | Hojas        |
|-----------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|--------------|
|                 |        | Alto<br>(cm.) | Ancho<br>(cm.) | Alto<br>(cm.) | Ancho<br>(cm.) | Unidad       |
| 2.1             | 1      | 56.00         | 2.00           | 15.00         | 6.50           | 21           |
|                 | 2      | 39.00         | 1.80           | 9.00          | 5.00           | 14           |
|                 | 3      | 35.00         | 0.90           | 10.00         | 3.00           | 13           |
|                 | 4      | 45.00         | 2.00           | 16.00         | 7.00           | 25           |
| 2.2             | 1      | 55.00         | 1.50           | 13.00         | 9.00           | 17           |
|                 | 2      | 66.00         | 1.50           | 15.00         | 9.00           | 23           |
|                 | 3      | 61.00         | 0.80           | 24.00         | 5.00           | 17           |
|                 | 4      | 49.00         | 0.50           | 18.00         | 6.00           | 13           |
| 2.3             | 1      | 43.00         | 1.00           | 8.50          | 6.00           | 14           |
|                 | 2      | 48.00         | 1.50           | 8.50          | 6.00           | 18           |
|                 | 3      | 60.00         | 1.50           | 10.00         | 9.00           | 21           |
|                 | 4      | 50.00         | 0.80           | 9.00          | 3.60           | 10           |
| <b>Promedio</b> |        | <b>50.58</b>  | <b>1.32</b>    | <b>13.00</b>  | <b>6.26</b>    | <b>17.17</b> |

**Tabla 18.** *Medidas físicas de plantas en tratamiento 3.*

| Tratamiento | Planta | Tallo         |                | Raíz          |                | Hojas  |
|-------------|--------|---------------|----------------|---------------|----------------|--------|
|             |        | Alto<br>(cm.) | Ancho<br>(cm.) | Alto<br>(cm.) | Ancho<br>(cm.) | Unidad |
| 3.1         | 1      | 45.00         | 1.50           | 15.10         | 5.90           | 21     |
|             | 2      | 30.00         | 0.80           | 8.00          | 3.50           | 11     |
|             | 3      | 31.00         | 0.70           | 5.50          | 5.00           | 15     |
|             | 4      | 33.30         | 1.10           | 13.50         | 5.80           | 15     |
|             | 5      | 27.00         | 0.80           | 7.60          | 3.40           | 10     |
|             | 6      | 42.00         | 1.90           | 16.40         | 7.20           | 28     |
| 3.2         | 1      | 45.00         | 1.30           | 15.40         | 7.60           | 19     |
|             | 2      | 42.00         | 0.90           | 19.20         | 6.30           | 14     |
|             | 3      | 36.50         | 0.40           | 13.60         | 3.60           | 15     |
|             | 4      | 47.50         | 1.20           | 3.30          | 7.10           | 15     |



|                 |   |              |             |              |             |              |
|-----------------|---|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|                 | 5 | 44.20        | 1.30        | 16.60        | 11.40       | 23           |
|                 | 6 | 55.00        | 2.10        | 7.20         | 13.00       | 27           |
| 3.3             | 1 | 30.90        | 0.30        | 12.00        | 4.00        | 10           |
|                 | 2 | 32.80        | 0.50        | 10.00        | 3.50        | 18           |
|                 | 3 | 30.40        | 0.50        | 12.00        | 4.50        | 10           |
|                 | 4 | 52.00        | 1.50        | 18.00        | 8.10        | 21           |
|                 | 5 | 30.70        | 0.60        | 10.00        | 6.60        | 16           |
|                 | 6 | 33.30        | 0.80        | 10.90        | 5.50        | 14           |
| <b>Promedio</b> |   | <b>38.26</b> | <b>1.01</b> | <b>11.91</b> | <b>6.22</b> | <b>16.78</b> |

**Tabla 19.** *Medidas físicas promedios de tratamientos.*

| Tratamientos | Repeticiones    | TALLO        |             | RAÍZ         |             | HOJAS        |
|--------------|-----------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
|              |                 | Alto (cm.)   | Ancho (cm.) | Alto (cm.)   | Ancho (cm.) | Unidad       |
| T1           | R1              | 52.50        | 1.25        | 10.00        | 6.00        | 17.00        |
|              | R2              | 50.50        | 1.65        | 13.50        | 7.00        | 17.00        |
|              | R3              | 37.00        | 1.50        | 11.90        | 4.75        | 15.50        |
|              | <b>Promedio</b> | <b>46.67</b> | <b>1.47</b> | <b>11.80</b> | <b>5.92</b> | <b>16.50</b> |
| T2           | R1              | 43.75        | 1.68        | 12.50        | 5.38        | 18.25        |
|              | R2              | 57.75        | 1.08        | 17.50        | 7.25        | 17.50        |
|              | R3              | 50.25        | 1.20        | 9.00         | 6.15        | 15.75        |
|              | <b>Promedio</b> | <b>50.58</b> | <b>1.32</b> | <b>13.00</b> | <b>6.26</b> | <b>17.17</b> |
| T3           | R1              | 34.72        | 1.13        | 12.55        | 5.13        | 16.67        |
|              | R2              | 45.03        | 1.20        | 12.15        | 8.17        | 18.83        |
|              | R3              | 35.02        | 0.70        | 11.91        | 5.37        | 14.83        |
|              | <b>Promedio</b> | <b>38.26</b> | <b>1.01</b> | <b>12.83</b> | <b>6.22</b> | <b>16.78</b> |

De la Tabla 19, se observó que los resultados del crecimiento del girasol para el tallo el tamaño o alto y ancho se obtuvo valores de 46.67 y 1.47; 44.29 y 1.32 y 43.17 y 1.01 para los tratamientos del 1 al 3 respectivamente, y este fue acuerdo a la densidad de siembra; para la raíz tanto el alto como el ancho se obtuvo valores de 11.80 y 5.92; 12.67 y 5.28 y 12.83 y

6.17 para los tratamientos 1 al 3 respectivamente y para el número de hojas 16.50, 17.17 y 16.61 para los tratamientos del 1 al 3 respectivamente.

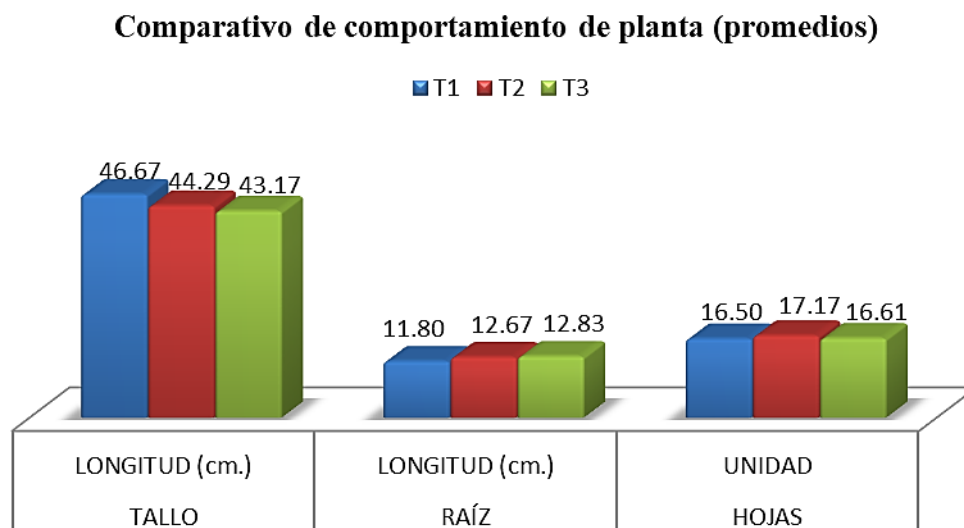


Figura 11. Gráfico de crecimiento de planta.

**Tabla 20.** Análisis de varianza (ANOVA) para el tamaño o alto del girasol.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | f valor | Pr > f |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|--------|
| Entre Tratamientos  | 2                  | 495.9966889       | 247.9983444    | 5.81    | 0.0395 |
| Error               | 6                  | 256.1896000       | 42.6982667     |         |        |
| Suma Total          | 8                  | 752.1862889       |                |         |        |

Al análisis de varianza (Tabla 20), se observó que existe diferencia significativa para el tamaño o el alto del girasol, lo que quiere decir es que los tratamientos son diferentes o que de acuerdo a la densidad de siembra existe diferencias en el tamaño del girasol.

**Tabla 21.** Prueba de contraste de Tukey para tamaño del girasol.

| Tratamientos | Promedios | Significancia |
|--------------|-----------|---------------|
| T2           | 50.58     | A             |
| T1           | 46.67     | AB            |
| T3           | 38.26     | B             |

Como salió significativo al análisis de varianza, los promedios fueron sometidos a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 21), resultando significativo, letras desiguales con ello se puede indicar que tratamiento es mejor, por lo que el tratamiento 2 con 4 girasoles de densidad de siembra resultó mayor que los otros tratamientos.

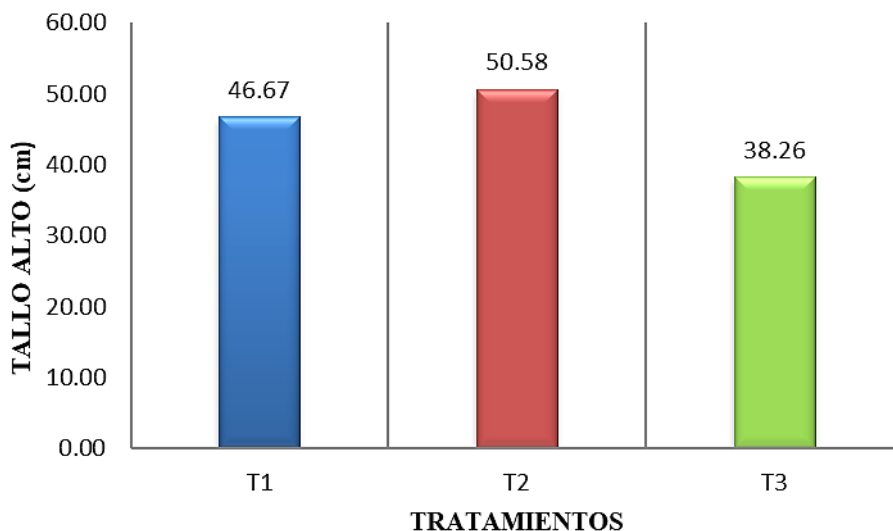


Figura 12. Gráfico de efecto del tratamiento sobre el tamaño en promedio del girasol.

De la Figura 12, se corroboró con la prueba de contraste por lo que el tratamiento 2 con 4 plantas de densidad de siembra, es mejor que los otros tratamientos en el tamaño de planta.

Tabla 22. Análisis de varianza (ANOVA) para el ancho de tallo del girasol.

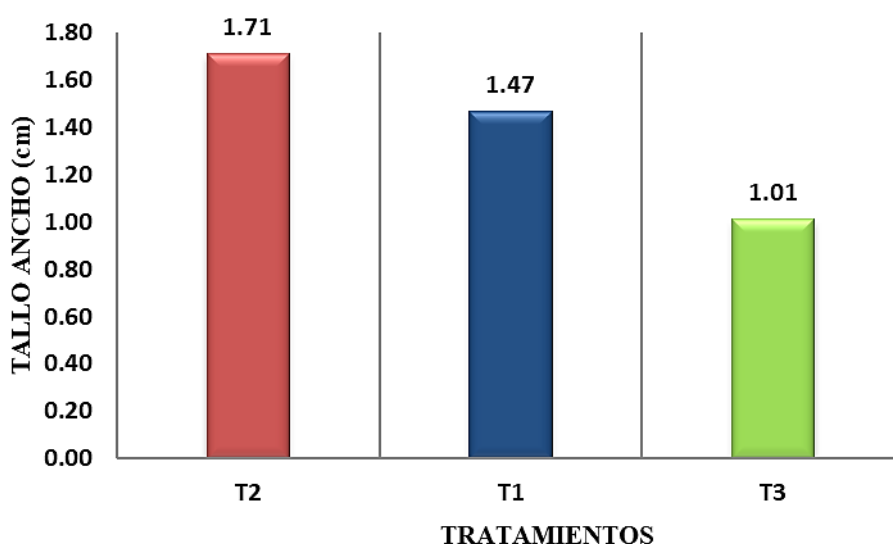
| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | F Valor | Pr > F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|--------|
| Entre Tratamientos  | 2                  | 0.75775556        | 0.37887778     | 9.85    | 0.0127 |
| Error               | 6                  | 0.23086667        | 0.03847778     |         |        |
| Suma Total          | 8                  | 0.98862222        |                |         |        |

Al análisis de varianza para el ancho del tallo (Tabla 22) se observa que existe diferencia estadística, que significa que hay diferencia en los tratamientos.

**Tabla 23.** Prueba de contraste de Tukey para el ancho de tallo.

| Tratamientos | Promedios | Significancia |
|--------------|-----------|---------------|
| T2           | 1.71      | A             |
| T1           | 1.47      | AB            |
| T3           | 1.01      | B             |

Como salió significativo al análisis de varianza para el ancho de tallo, los promedios fueron sometidos a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 23), resultando significativo porque existen letras desiguales, con ello se puede indicar que tratamiento 2 con 4 girasoles de densidad de siembra resultó ser el mejor que los otros tratamientos.



*Figura 13.* Gráfico de efecto de los tratamientos en promedio sobre ancho de tallo.

De la *Figura 13*, se corroboró con la prueba de contraste por lo que el tratamiento 2 con 4 plantas de densidad de siembra, es mejor que los otros tratamientos en el tamaño de planta.

**Tabla 24.** Análisis de varianza (ANOVA) para el tamaño de raíz del girasol.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | f Valor | Pr > F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|--------|
| Entre tratamientos  | 2                  | 40.86008889       | 20.43004444    | 33.5    | 0.0006 |
| Error               | 6                  | 3.65926667        | 0.60987778     |         |        |
| Suma total          | 8                  | 44.51935556       |                |         |        |

Al análisis de varianza (Tabla 24) para el tamaño de raíz del girasol resulto ser significativo ( $P>0.05$ ), que significa que los tratamientos son desiguales y que existe uno de los tratamientos ser mejor.

**Tabla 25.** Prueba de contraste de Tukey para tamaño de raíz.

| Tratamientos | Promedios | Significancia |
|--------------|-----------|---------------|
| T2           | 16.33     | A             |
| T1           | 12.80     | B             |
| T3           | 11.24     | B             |

Como salió significativo al análisis de varianza para el tamaño de raíz, los promedios fueron sometidos a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 25), resultando significativo porque existen letras desiguales, con ello se puede indicar que tratamiento 2 con 4 girasoles de densidad de siembra resultó ser el mejor que los otros tratamientos.

**Tabla 26.** Análisis de varianza (ANOVA) para el ancho de raíz del girasol.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | f Valor | Pr > F |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|--------|
| Entre Tratamientos  | 2                  | 0.74215556        | 0.37107778     | 0.45    | 0.6551 |
| Error               | 6                  | 4.90133333        | 0.81688889     |         |        |
| Suma Total          | 8                  | 5.64348889        |                |         |        |

Al análisis de varianza (Tabla 26) para el ancho de raíz del girasol resulto ser no significativo ( $P>0.05$ ), que significa que los tratamientos son iguales y que ningún tratamiento es mejor.

**Tabla 27.** Prueba de contraste de Tukey para ancho de raíz.

| Tratamientos | Promedios | Significancia |
|--------------|-----------|---------------|
| T2           | 6.26      | A             |
| T1           | 5.92      | A             |
| T3           | 5.56      | A             |

Como salió no significativo al análisis de varianza para el ancho de raíz, los promedios fueron sometidos a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 27), resultando no significativo porque existen letras iguales, con ello se puede indicar que los tratamientos son iguales para el ancho de los girasoles sea la densidad de siembra que sea.

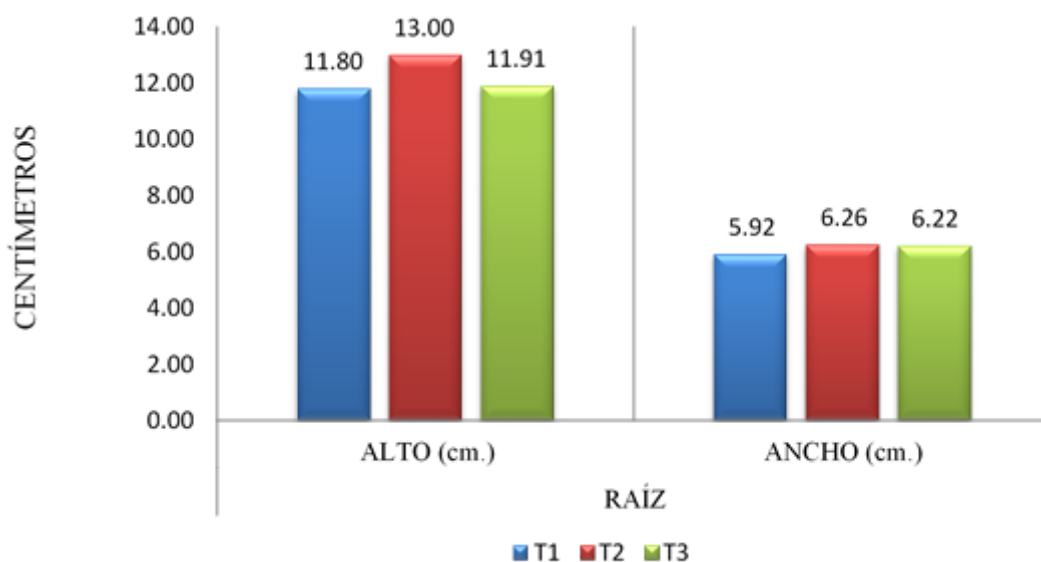


Figura 14. Gráfico de efecto del tratamiento en promedio sobre el alto y ancho de raíz.

De la Figura 14, se corroboró con la prueba de contraste para el alto raíz por lo que el tratamiento 2 con 4 plantas de densidad de siembra, es mejor que los otros tratamientos en el tamaño de planta, sin embargo, para ancho de la raíz es no significativa estadísticamente, pero numéricamente se observa que también el tratamiento 2 es mayor que los otros tratamientos.

Tabla 28. Análisis de varianza (ANOVA) para el número de hojas del girasol.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | f valor | Pr > f |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|--------|
| Entre tratamientos  | 2                  | 0.67308889        | 0.33654444     | 0.16    | 0.8576 |
| Error               | 6                  | 12.80873333       | 2.13478889     |         |        |
| Suma total          | 8                  | 13.48182222       |                |         |        |

Al análisis de varianza (Tabla 28) para el número de hojas del girasol resulto no significativo ( $P > 0.05$ ), que significa que los tratamientos son iguales y que sea la densidad de planta estas poseen el mismo número de hojas de la planta de girasol.

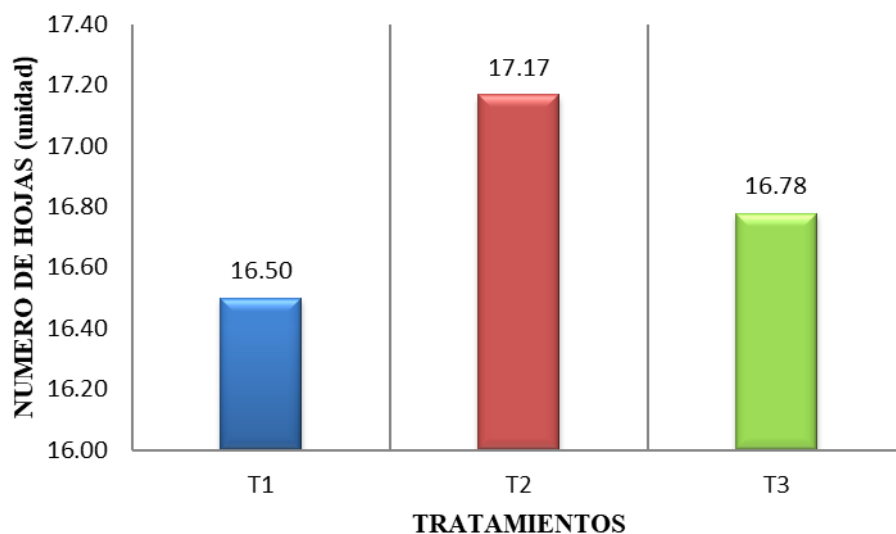


Figura 15. Gráfico de efecto del tratamiento en promedio sobre el número de hojas.

Al comparar los promedios de los tratamientos (Figura 13) se observó que los tratamientos si bien son iguales estadísticamente, pero numéricamente el tratamiento 2 es mejor o posee el mayor número de hojas.

### 3.3. Análisis de plomo en el suelo después del tratamiento.

Los resultados de los análisis después del tratamiento que fue la densidad de siembra del girasol se presentan en la Tabla 29.

Tabla 29. Resultados de plomo del suelo después del tratamiento.

| Tratamientos | Repeticiones | Pb (mg./kg.) |
|--------------|--------------|--------------|
| <b>T1</b>    | 1            | 1388.2       |
|              | 2            | 1477.95      |
|              | 3            | 1324.25      |
| <b>T2</b>    | 1            | 1030.62      |
|              | 2            | 1005.33      |
|              | 3            | 1132.22      |
| <b>T3</b>    | 1            | 725.6        |
|              | 2            | 710.21       |
|              | 3            | 736.4        |

De la Tabla 29, se observó que el plomo en el suelo después del tratamiento posee los valores promedios de 1396.80, 1056.06 y de 724.07 mg/kg para los tratamientos del 1 al 3 respectivamente, los tratamientos fueron la densidad de siembra de los girasoles por metro cuadrado.

**Tabla 30.** *Análisis de varianza (ANOVA) de plomo en el del suelo después del tratamiento.*

| <b>Fuente de Variación</b> | <b>Grados de Libertad</b> | <b>Suma de Cuadrados</b> | <b>Cuadrado Medio</b> | <b>f valor</b> | <b>Pr &gt; f</b> |
|----------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|------------------|
| Entre Tratamientos         | 2                         | 678886.819               | 339443.4095           | 95.66          | <.0001           |
| Error                      | 6                         | 21290.3265               | 3548.3877             |                |                  |
| Suma Total                 | 8                         | 700177.1454              |                       |                |                  |

Al análisis de varianza (Tabla 30) aplicado a los valores de plomo en el suelo se obtuvo que hay diferencia significativa, lo que indica que los resultados para los diferentes tratamientos fueron diferentes.

*Tabla 31. Prueba de contraste de Tukey para plomo en el suelo.*

| <b>Tratamientos</b> | <b>Promedios</b> | <b>Significancia</b> |
|---------------------|------------------|----------------------|
| T1                  | 1396.80          | A                    |
| T2                  | 1056.06          | B                    |
| T3                  | 724.07           | C                    |

Como salió significativo en el ANOVA los promedios se sometieron a la prueba de contraste de Tukey (Tabla 31) donde se observa que si efectivamente hay diferencia entre tratamientos, porque existen letras diferente, aquí se conoce que tratamiento es el que menor cantidad de plomo posee y es en el tratamiento 3, donde hubieron 6 plantas por metro cuadrado, con ello asumimos que si hubo influencia del tratamiento en la absorción del plomo.



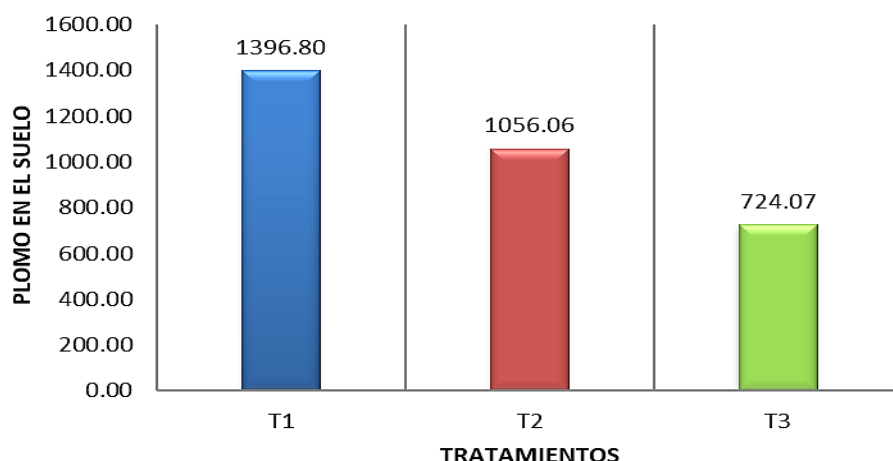


Figura 16. Gráfico de efecto del tratamiento sobre el plomo en el suelo.

De la *Figura 16* se corroboró que si existe diferencia significativa entre los tratamientos y que el tratamiento 3 es el que posee menor cantidad de plomo en el suelo seguido del tratamiento 2 y finalmente el tratamiento 1, lo que significa que a mayor número de plantas hay mayor absorción y que no existe competencia entre plantas.

### 3.4. Análisis de plomo en las partes del girasol.

Los resultados totales de los análisis de la planta de girasol son presentados conforme a la cantidad de plomo absorbida y acumulada en cada una de sus partes como son la hoja, tallo y raíz (Ver Tabla 32), esto es por tratamientos con el número total de plantas.

**Tabla 32.** Resultados totales por el número de plantas por tratamiento de plomo en las partes de hojas, tallo y raíz del girasol.

| Partes del Girasol | Repeticiones | T1           | T2           | T3           |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
|                    |              | Pb (mg./kg.) | Pb (mg./kg.) | Pb (mg./kg.) |
| Hojas              | 1            | 47.32        | 101.81       | 141.70       |
|                    | 2            | 50.22        | 100.25       | 147.20       |
|                    | 3            | 53.24        | 103.34       | 143.60       |
| Tallo              | 1            | 42.01        | 87.20        | 126.87       |
|                    | 2            | 46.11        | 82.66        | 133.75       |
|                    | 3            | 50.11        | 88.45        | 129.70       |
| Raíz               | 1            | 25.60        | 52.15        | 70.81        |
|                    | 2            | 27.72        | 50.45        | 78.15        |
|                    | 3            | 31.19        | 53.20        | 76.70        |

En la Tabla 32, se observó el total acumulado del plomo encontrado, es por el número total de plantas que contiene cada tratamiento (2, 4 y 6 plantas por parcela), por lo que en promedio el tratamiento 3 es el que mejor ha absorbido en total.

**Tabla 33.** Resultados de plomo en unidad por planta en cada parte de hojas, tallo y raíz del girasol.

| Partes del Girasol | Repeticiones    | T1           | T2           | T3           |
|--------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|
|                    |                 | Pb (mg./kg.) | Pb (mg./kg.) | Pb (mg./kg.) |
| Hojas              | 1               | 23.66        | 25.45        | 23.62        |
|                    | 2               | 25.11        | 25.06        | 24.53        |
|                    | 3               | 26.62        | 25.84        | 23.93        |
|                    | <b>Promedio</b> | <b>25.13</b> | <b>25.45</b> | <b>24.03</b> |
| Tallo              | 1               | 21.01        | 21.80        | 21.15        |
|                    | 2               | 23.06        | 20.67        | 22.29        |
|                    | 3               | 25.06        | 22.11        | 21.62        |
|                    | <b>Promedio</b> | <b>23.04</b> | <b>21.53</b> | <b>21.68</b> |
| Raíz               | 1               | 12.80        | 13.04        | 11.80        |
|                    | 2               | 13.86        | 12.61        | 13.03        |
|                    | 3               | 15.60        | 13.30        | 12.78        |
|                    | <b>Promedio</b> | <b>14.09</b> | <b>12.98</b> | <b>12.54</b> |

De la Tabla 33, se consideró los resultados de plomo para mejor comparación y poder determinar la absorción y si existe competencia entre las plantas, se ha hecho esta tabla y se observa que los resultados son casi similares, por lo que cada parte de la planta se sometió al análisis de varianza.

**Tabla 34.** Prueba de varianza (ANOVA) para plomo en las hojas.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | f valor | Pr > f |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|--------|
| Entre Tratamientos  | 2                  | 3.34562222        | 1.96000000     | 95.87   | 0.2209 |
| Error               | 6                  | 5.11366667        | 0.85227778     |         |        |
| Suma Total          | 8                  | 8.45928889        |                |         |        |

La Tabla 34, contiene el análisis de varianza aplicado a los valores de plomo en las hojas de planta de girasol se determinó que no hay diferencia significativa, lo que indica que los resultados para los diferentes tratamientos son iguales. Sin embargo, al graficar los promedios se observó que numéricamente el tratamiento 3 es el que obtiene mejor resultado que los otros tratamientos.

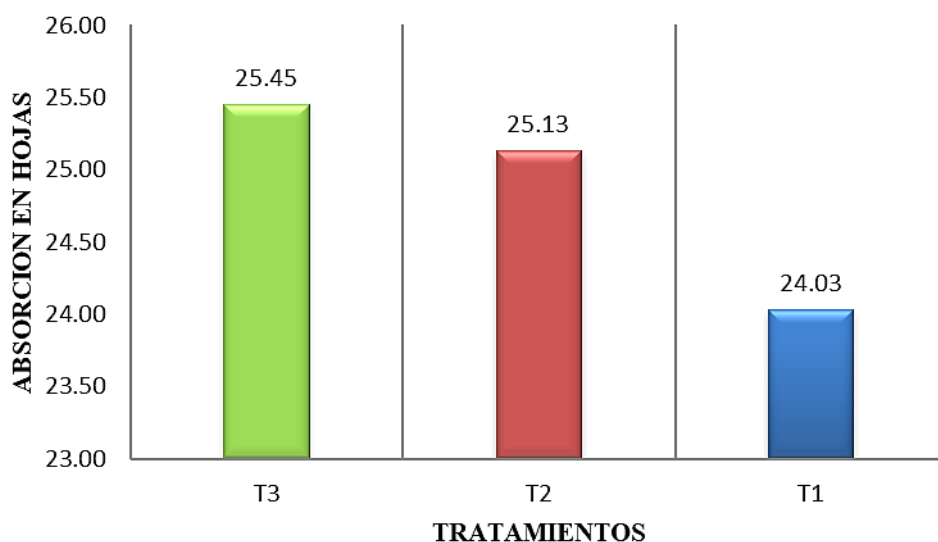


Figura 17. Gráfico de efecto del tratamiento sobre la absorción del plomo en las hojas.

**Tabla 35.** Análisis de varianza (ANOVA) para la absorción de plomo en tallo.

| Fuente de Variación | Grados de Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | f valor | Pr >f |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|-------|
| Entre Tratamientos  | 2                  | 4.16642222        | 2.08321111     | 1.25    | 0.352 |
| Error               | 6                  | 10.00700000       | 1.66783333     |         |       |
| Suma Total          | 8                  | 14.17342222       |                |         |       |

De la Tabla 35, se observó que el análisis de varianza aplicado a los valores de plomo en el tallo de la planta de girasol se determinó que no hay diferencia significativa, lo que indica que los resultados para los diferentes tratamientos son iguales.

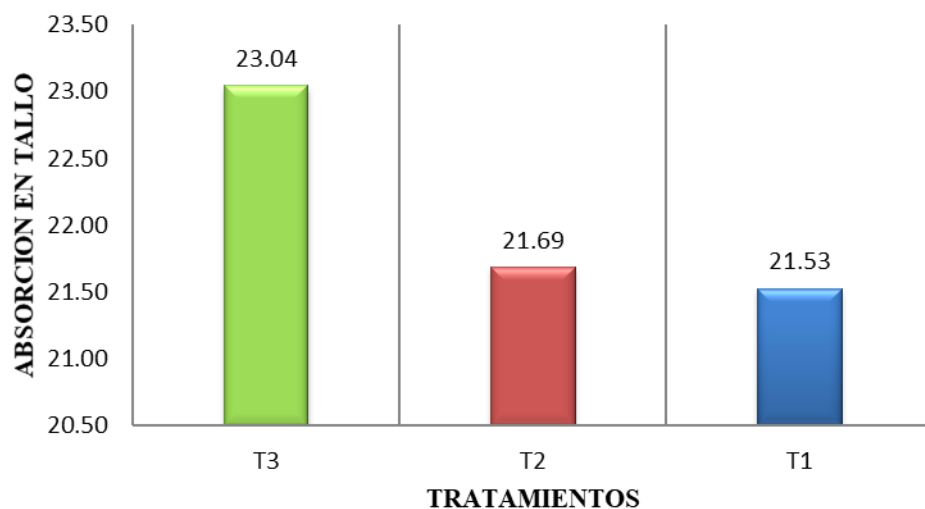


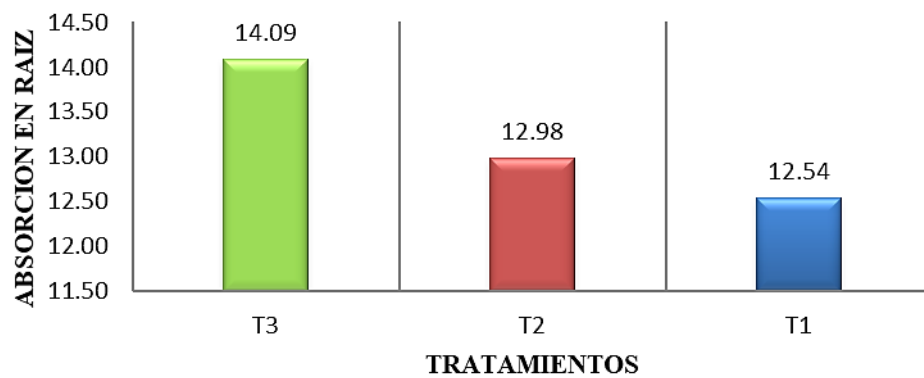
Figura 18. Gráfico de efecto del tratamiento sobre la absorción del plomo en el tallo.

La Figura 18, mostró los promedios que, si bien no hay diferencia estadística, pero se observa que numéricamente el tratamiento 3 es el que obtiene mejor resultado que los otros tratamientos.

Tabla 36. Análisis de varianza (ANOVA) para la absorción de plomo en raíz.

| Fuente de Variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrado Medio | f valor | Pr > f |
|---------------------|--------------------|-------------------|----------------|---------|--------|
| Entre Tratamientos  | 2                  | 3.81935556        | 1.90967778     | 2.25    | 0.1862 |
| Error               | 6                  | 5.08520000        | 0.84753333     |         |        |
| Suma Total          | 8                  | 8.90455556        |                |         |        |

En la Tabla 36, se apreció el análisis de varianza aplicado a los valores de plomo en la raíz de la planta de girasol, donde se determinó que no hay diferencia significativa, lo que indica que los resultados para los diferentes tratamientos son iguales.



*Figura 19.* Gráfico de efecto del tratamiento sobre la absorción del plomo en la raíz.

La *Figura 19*, mostró que los promedios no presentan diferencia estadística, pero se observó que numéricamente el tratamiento 3 es el que obtiene mejor resultado que los otros tratamientos.

#### IV. DISCUSIÓN

De la absorción del plomo a través de tratamientos se observó que en el total existe diferencia estadística con promedios de 1396.80, 1056.06 y de 724.07 mg/kg para los tratamientos del 1 al 3 respectivamente, siendo los tratamientos la densidad de siembra de los girasoles (2, 4 y 6 plantas por parcela) siendo el tratamiento 3 con 6 plantas las que mayor plomo absorbieron. En cambio, al realizar el análisis para cada planta en promedio no hubo diferencia estadística en la absorción de plomo por las hojas, el tallo y la raíz. Pero al observar numéricamente el tratamiento 3 es el que mayor ha absorbido el plomo, demostrando que, si existe influencia en la absorción el plomo del suelo, la densidad de siembra, trabajos similares con esta planta fueron desarrollados por LIZARBE *et al.*, 2016 y Suaña, 2017 obteniendo resultados similares en la absorción de plomo del suelo; Asu vez, otros trabajos usando otros tipos de plantas (FAJARDO, *et al.*, 2018; REATEGUI y REATEGUI, 2018; PAIVA, 2015), obtuvieron resultados similares.

Del análisis de los nutrientes del humus se obtuvo valores de 1.90% N , 1.37% P y 0.82% K, valores que son típicos de humus de lombriz de buena calidad, según ESCOBAR (2013), es producto es abundante en elementos energéticos y minerales, que permite la optimización del drenaje, aireación y mejora la porosidad del suelo, facilitando su posibilidad de uso como sustrato de impecable calidad para la conducción de semilleros de especies vegetales, esto comparado con los trabajos además estos valores son típicos de humus de buena calidad, resultados que son iguales a los reportados por (TENECELA, 2012).

Al realizar el análisis de los suelos usados, se obtuvo valores de N, P y K de 0.11, 0.00408 y 0.1108 en porcentaje respectivamente; con estos valores se deduce que es un suelo empobrecido y salino con pH alto y bajo en materia orgánica, por lo que es necesario la incorporación de humus, para el crecimiento del girasol, por esta razón se incorporó este tipo de materia orgánica, trabajo similar realizado por MUÑOZ (2016), para la siembra del *girasol (Helianthus annuus L.)* usó estiércol para enriquecer los suelos y con ello realizó la fitorremediación,

Luego de aplicado el tratamiento al suelo con la siembra del girasol se evaluó el crecimiento, al análisis de varianza se observó que existe diferencia significativa para el tamaño o el alto, igual para ancho de tallo y tamaño de raíz, lo que quiere decir que los tratamientos tuvieron

efecto y son diferentes de acuerdo a la densidad de siembra, sin embargo no para el ancho de raíz que no existe diferencias, para los parámetros de evaluación descritos se puede deducir que el tratamiento o la densidad que mejor respondió fue el tratamiento 2 que posee 4 plantas como densidad de siembra, para la fitorremediación del suelo contaminado de plomo, resultados similares obtuvieron DIAZ (2017) usando ortiga, PAIVA (2015) usando *Amaranthus*.

Sobre los análisis químico del suelo después del tratamiento o después de la siembra del girasol, los resultados mejoraron en todos los parámetros químicos del suelo, incluso con los cationes intercambiables están en un balance adecuado, que permite a la planta nutrirse o que los minerales están biodisponibles, con ello se puede inferir que no sólo es un extractor de metales pesados, sino como mejorador de suelo, esto se logró mejor con el tratamiento 2 con 4 plantas como densidad de siembra por parcela, similares resultados obtuvieron FAJARDO *et al* (2018), REATEGUI y REATEGUI (2018), PAIVA (2015), con resultados similares.

## V. CONCLUSIONES

El crecimiento del girasol con humus se desarrolló con normalidad, pero el análisis de varianza fue significativo y a través de la prueba de contraste de Tukey (Tabla 18), se comprobó que el tratamiento 2 con 4 girasoles de densidad de siembra resultó con mayor crecimiento.

Las características fisicoquímicas del humus resultaron con valores en sus nutrientes típicos de humus de lombriz de buena calidad, para enriquecer el suelo.

La densidad óptima de siembra en la parcela fue el tratamiento 3 con densidad de siembra de 6 plantas por parcela.

La concentración de plomo en el suelo antes fue de 1814 mg/kg y después del tratamiento con el girasol y humus se obtuvo valores 1396.80, 1056.06 y 724.07 mg/kg. con rendimientos de para el T1 de 23.00%, el T2 con 41.78% y para el T3 con 60.08%, siendo el tratamiento 3 el mejor.



## **VI. RECOMENDACIONES**

Considerar en próximos estudios el uso de densidad de siembra de 6 plantas por parcela para remediar suelos contaminados con plomo por los resultados obtenidos.

Se recomienda contemplar el lixiviado generado por el riego y factores climáticos del área de trabajo, ya que podría contener el metal en estudio.

Realizar con mayor densidad de siembra para observar la absorción real del plomo.

## REFERENCIAS

- ADESODUN, J. [et al.]. Phytoremediation Potentials of Sunflowers (*Tithonia diversifolia* and *Helianthus annuus*) for Metals in Soils Contaminated with Zinc and Lead Nitrates. [en línea]. [Fecha de consulta: 22/09/2018]. Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11270-009-0128-3>.
- AVILA, J. Manual para el cultivo del girasol. Maracay, Venezuela: Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, 2009. pp. 8-11. ISBN: 978-980-318-254-0
- ALABOUDI, A. [et al.]. Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. [en línea]. [Fecha de consulta: 02/10/2018]. Disponible: [https://www.researchgate.net/publication/325849043\\_Phytoremediation\\_of\\_Pb\\_and\\_Cd\\_contaminated\\_soils\\_by\\_using\\_sunflower\\_Helianthus\\_annuus\\_plant](https://www.researchgate.net/publication/325849043_Phytoremediation_of_Pb_and_Cd_contaminated_soils_by_using_sunflower_Helianthus_annuus_plant)
- AL-JOBORI, K. Y KADHIM, A. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) for phytoremediation of lead contaminated soil. Irak: University of Baghdad. (2019).
- ASHRAF, M. Phytoextraction of lead (Pb) by EDTA application through sunflower (*Helianthus annuus* l.) cultivation: seedling growth studies. Pakistan: University of Agriculture, Faisalabad. (2006).
- BARRÓN, R. et al. Evaluación de híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en régimen de temporal en el Valle del Mezquital, Hidalgo. México: Universidad politécnica de francisco I. madero. (2017). ISBN: 978-607-9260-17-0
- BHATTI, H. Potential of sunflower (*Helianthus annuus* l.) for phytoremediation of nickle (Ni) and lead (Pb) contaminated wáter. Pakistan:University of Sargodha, (2010).
- BOFFE, P. [et al.]. Potencial fitoextrator da espécie vegetal *Helianthus annuus* l. em solo contaminado por chumbo. ESPACIOS. [en línea]. 2017. N° 9. [Fecha de consulta: 15/10/2018]. ISSN 0798 1015.
- BONILLA, S. y CAYAGO, E. Absorción de plomo de suelos altamente contaminados en especies vegetativas usadas para consumo animal y humano. La Granja: Revista de Ciencias de la Vida. 2016 pp. 35-46. ISSN: 1390-3799.

- BÜCHEL, G. [et al.]. Sunflower (*Helianthus annuus*): Phytoextraction capacity for heavy metals on a mining influenced area in Thuringia, Germany [en línea] Germany. [Fecha de consulta: 07/10/2018]. Disponible:  
[https://www.researchgate.net/publication/261133318\\_Sunflower\\_Helianthus\\_annuus\\_Phytoextraction\\_capacity\\_for\\_heavy\\_metals\\_on\\_a\\_mining-influenced\\_area\\_in\\_Thuringia\\_Germany](https://www.researchgate.net/publication/261133318_Sunflower_Helianthus_annuus_Phytoextraction_capacity_for_heavy_metals_on_a_mining-influenced_area_in_Thuringia_Germany)
- CERNA. L. [et al.]. *Capacidad remediadora de la raíz de girasol, Helianthus annuus, cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo.* [en línea] Trujillo [Fecha de consulta: 07/10/2018]. Disponible:  
<https://es.scribd.com/document/243007638/Capacidad-remediadora-de-la-raiz-de-girasol-pdf>.
- CHAVEZ, L. *Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo.* Tesis (título para obtener el grado de ingeniero ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. (2014)
- CHHOTU D. y MADHUSUDAN H. *Phytoremediation: The application of vermicompost to remove zinc, cadmium, copper, nickel and lead by sunflower plant.* India: University of Mumbai. (2008).
- CORDOVA, M. *Evaluación de la capacidad depuradora del marrubio (*Marrubium vulgare*) e higuierilla (*Ricinus communis L.*) mediante fitoextracción de suelos contaminados por metales pesados Plomo (Pb) en el distrito de Puente Piedra,* 2016. Tesis (Título para obtener el grado de ingeniero ambiental). Perú: Universidad Cesar Vallejo. (2016).
- DIAZ, M. *Capacidad de Acumulación de la ortiga (*urtica urens*) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017.* Tesis (Título para obtener el grado de ingeniero en procesos ambientales). México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (2016).
- ELFEKY, S; EL- SHINTINAWY, F. Y SEWALEM, N. *Phytoremediation of Lead and Cadmium Contaminated Soils using Sunflower Plant.* Arabia Saudita: Taif University. (2013).

- ESCOBAR, A. Usos potenciales del humus (*abono orgánico lixiviado y sólido*) en la empresa fertilombriz. Trabajo de práctica empresarial. Colombia: Corporación universitaria La Sallista. (2013)
- ESPARZA, F. [et al.]. *Absorción y acumulación de metales pesados en tres especies vegetales en suelos enmendados con lodos de depuradora*. [en línea] México. [Fecha de consulta: 07/10/2018]. Disponible: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/52285/1/absorcionyacu2004852.pdf>
- FAJARDO, V; MEJIA, R. Y RECHARTE, F. *Fitorremediación con Ricinus communis para el tratamiento de suelos contaminados con plomo*. Tesis (título para obtener el grado de ingeniero ambiental y de recursos naturales). Callao: Universidad Nacional del Callao. (2018).
- GOMEZ, T. Análisis de producción de tioles de bajo peso molecular en respuesta a varias concentraciones de absorción de Cr(VI) en *H. annuus* como mecanismo de defensa para conocer la concentración máxima de tolerancia. Tesis (para obtener el título de ingeniero en biotecnología). México: Instituto Politécnico Nacional. (2015).
- HENRY, J. An Overview of the Phytoremediation of Lead and Mercury. EE.UU. Washington, D.C. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Solid Waste and Emergency Response y Technology Innovation office. 2000.
- HERZIG, R. [et al.]. Endophytic bacteria take the challenge to improve Cu phytoextraction by sunflower. [en línea]. [Fecha de consulta: 07/10/2018]. Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-014-4006-1>
- JIMENEZ, R. Introducción a la contaminación de suelos. Madrid: España. Mundi-Prensa. Pp 3 – 5. ISBN: 9788484767893
- LABRA, S. *Fitoextracción con Helianthus annuus L. (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018*. Tesis (título para obtener el grado de ingeniero ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo. (2018).
- LIZARBE, K. [et al.]. Fitoextracción De Plomo, Zinc y Cadmio de Relaves Mineros

Utilizando *Helianthus annuus* L. (Girasol). Huacho, 2016 6(2).

LOPEZ, A. Biorremediación y Fitorremediación en suelos contaminados. [en línea]. [Fecha de consulta: 07/10/2018].

Disponible:<https://www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/598/615>

LICINIO, A. Phyto-extraction du zinc et de l'arsenic par différentes espèces de plantes. Tesis. (du grade de Maître ès sciences en sciences biologiques). Canada: Université de Montréal. 2017.

Ministerio del Ambiente. Glosario de Términos para la Formulación de Proyectos Ambientales. Lima: MINAM. (2012).

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Guías para el Manejo de Productos Químicos y Desechos Peligrosos [en línea] Guatemala. [Fecha de consulta: 07/10/2018].  
Disponible: <http://www.marn.gob.gt/Multimedios/1994.pdf>

MISRA, V. [et al.]. EDTA-enhanced lead phytoremediation in sunflower (*Helianthus annuus* L.) hydroponic culture. [en línea]. [Fecha de consulta: 15/09/2018].  
Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-011-0841-8>.

Metales pesados [en línea] Argentina. [Fecha de consulta: 15/11/2018]. Disponible: <https://gwc.com.ar/etiquetas/metales-pesados/>

MUÑOZ, C. Adaptación del girasol (*Helianthus annuus* L.) a suelos contaminados con gasolina y tratados con estiércol. Tesis (Título para obtener el grado de ingeniero ambiental). Perú: Universidad Cesar Vallejo. (2017).

MULAS, R. Fitorremediación de suelos. [en línea] Universidad de Valladolid [Fecha de consulta: 07/10/2018].  
Disponible:[http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM\\_fitorremediacion\\_Valladolid\\_25615.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/IQM_fitorremediacion_Valladolid_25615.pdf)

PAIVA, G. Fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando *Amaranthus spinosus* – *Amaranthaceae* en cusco del 2012. Tesis (Título para obtener el grado de Doctor en ciencias ambientales). Perú: Universidad Católica de Santa María. (2015).


- Plomo-Pb. [en línea]. Web Water Treatment, Lenntech. [Fecha de consulta: 07/10/2018].  
Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/pb.htm>
- PRIETO, J. [et al.]. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. España, 2009. pp.29-44.
- RAMIREZ, R. Propiedades físicas químicas y biológicas de los suelos. Santa Fe de Bogotá: Colombia. Produmedios. 1997. pp 9-17. ISBN:9986803182556
- REATEGUI, C. y REATEGUI, L. *capacidad de absorción del Helianthus annuus en suelos agrícolas contaminados con cadmio*. Tesis (título para obtener el grado de ingeniero ambiental y de recursos naturales). Callao: Universidad Nacional del Callao. (2018).
- Salud y consumo [en línea] España. [Fecha de consulta: 15/11/2018]. Disponible: <https://buscandolaverdad.es/2017/09/03/venenos-en-el-cuerpo-intoxicados-por-todas-partes/>
- SENOU, I. Phytoextraction du cadmium, du cuivre, du plomb et du zinc par cinq espèces végétales (*Vetiveria nigritana* (Benth.), *Oxytenanthera abyssinica* (A. Rich.) Munro, *Barleria repens* (Ness), *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf et *Lantana camara* Linn. Cultivées sur des sols ferrugineux tropicaux et vertiques. Tesis (para optar el grado académico de doctorat unique en developpement rural). Burkina Faso: Universite Polytechnique de Bobo-Dioulasso.2014.
- SOCIÉTÉ QUÉBÉCOISE DE PHYTOTECNOLOGIE. La Phytoremédiation. 2013. pp. 8-12.
- SUAÑA, M. Capacidad del girasol (*Helianthus annus* L.) para absorber cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado-Puno. Tesis (para optar el grado académico de doctor en ciencia, tecnología y medio ambiente). Puno: Universidad Nacional del Altiplano. (2017).
- TENECELA, X. Producción de humus de lombriz mediante el aprovechamiento y manejo de los residuos orgánicos. Tesis (título de Ingeniero Agrónomo). Cuenca: Universidad de Cuenca. 2012. pp.49-52

TREJO, L. Fitoextracción de plomo en relaves oxidados mediante el uso de *Ricinus communis* y la adición de ácido fulvico como agente quelante, Rímac, 2018. Tesis (para obtener el título profesional de ingeniería ambiental). Perú: Universidad Cesar Vallejo. (2018).

VARGAS, X. Capacidad de Absorción de Plomo del Girasol Ornamental (*Helianthus annuus* L.) Con la Adición de Ácidos Húmicos de Leonardita. Tesis (Título de ingeniero agrónomo en producción). México: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. (2012).

## ANEXOS

### Anexo 1: Formato de ficha de crecimiento de girasol

|   |   |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
|---|---|--|----------|--------------|----------|----------|-------------|----------|-----------------|--|
|  |   | <b>FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION</b> |          |              |          |          |             |          | <b>REVISADO</b> |  |
| <b>DATOS GENERALES</b>  |   |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
| <b>TITULO:</b>  | Girasol ( <i>Helianthus annuus L</i> ) como fitoextractor con adición de humus para el tratamiento del suelo contaminado con plomo, Peaje de Santa Anita 2018 |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
| <b>LINEA DE INVESTIGACION:</b>  | Calidad y conservación de los recursos naturales  |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
| <b>FACULTAD:</b>  | Ingeniería  |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
| <b>INTEGRANTES:</b>   | Mejía Taboada, Marco Antonio<br>Sebastián Falcón, Samuel Vianny   |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
| <b>ASESOR:</b>  | Mg. Ing. María Aliaga Martínez  |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
| <b>FICHA:</b>   |   |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
| <b>CRECIMIENTO DE GIRASOL</b>   |   |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
|   | <b>HOJAS (und.)</b>   |  |          | <b>TALLO</b> |          |          | <b>RAIZ</b> |          |                 |  |
| <b>Repeticiones</b>   | <b>1</b>  | <b>2</b>                               | <b>3</b> | <b>1</b>     | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>1</b>    | <b>2</b> | <b>3</b>        |  |
| <b>T1</b>   |   |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
| <b>T2</b>   |   |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
| <b>T3</b>   |   |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |
| <b>PROM.</b>  |   |  |          |              |          |          |             |          |                 |  |



**Anexo 2: Validación de instrumento (Ficha de crecimiento de girasol)**

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Aliaga Martínez María Paulina  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de crecimiento de girasol  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Mara Aurora Mejía Tabares - Samuel Vany Sebastián Falcon

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

|   |
|---|
| ✓ |
|   |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

95 %

Lima, ...03 de Junio... del 2019

Maria Paulina  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 CIP 59443

DNI No. 08663264 Telf.: 999935068

### Anexo 3: Validación de instrumento (Ficha de crecimiento de girasol)

#### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Durjano Preciado, Nilaya S.  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de crecimiento de girasol  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Marco Antonio Mejía Tabares - Samuel Vianuy Sebastián Falcon

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

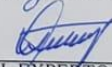
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

|   |
|---|
| / |
|   |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

90 %

Lima, 15 de junio del 2017

  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 86082400 Telf. 966648428

**Anexo 4: Validación de instrumento (Ficha de crecimiento de girasol)**



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón César Eduardo  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Agroonomía  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de crecimiento de girasol  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Autores: Mejía Tabares - Samuel, Vazony, Sebastian Falco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

X

86.5 %


Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

Lima, 03 de Junio del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 16.436.847 Telf.: 979.564.114

**Anexo 5:** Formato de ficha de características fisicoquímicas del suelo.

|   |   |  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
|---|---|--|---|---|---------------|---|---|------|---|---|-------------|---|---|---------|---|---|-----|---|---|-------|------|
|  |   | FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
|   |   | DATOS GENERALES  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
| PROYECTO DE INVESTIGACION:  |   | Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> L) como fitoextractor con adición de humus para el tratamiento del suelo contaminado con plomo, Peaje de Santa Anita 2018 |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
| LINEA DE INVESTIGACION:   |   | Tratamiento y Gestión de Residuos  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
| FACULTAD:   |   | Ingeniería   |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
| INTEGRANTES:  |   | Mejía Taboada, Marco Antonio<br>Sebastián Falcón, Samuel Vianny  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
| ASESOR:   |   | Mg. Ing. María Aliaga Martínez   |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
| FICHA:  |   |  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
|   |   | CARACTERISTICAS FISICO QUIMICOS DEL SUELO  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
|   |   | pH   |   |   | Conductividad |   |   | M.O. |   |   | Temperatura |   |   | Humedad |   |   | CIC |   |   | Color | Tipo |
| REPETICIONES  | 1 | 2  | 3 | 1 | 2             | 3 | 1 | 2    | 3 | 1 | 2           | 3 | 1 | 2       | 3 | 1 | 2   | 3 | 1 | 1     |      |
| T1  |   |  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
| T2  |   |  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
| T3  |   |  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |
| Prom.   |   |  |   |   |               |   |   |      |   |   |             |   |   |         |   |   |     |   |   |       |      |

**Anexo 6: Validación de instrumento (Ficha de características fisicoquímicas del suelo)**



**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Aliaga Martínez María Paulina  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de características fisicoquímicas del suelo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Marco Antonio Mejía Tabares - Samuel Vianco Sebastián Falco

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

|   |
|---|
| X |
|   |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

95 %

Lima, 03 de Junio del 2019

*Handwritten signature*

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
CIP 59443

DNI No. 08663264 Telf.: 99935088

## Anexo 7: Validación de instrumento (Ficha de características fisicoquímicas del suelo)



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Quintana Paredes, Wilson  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Características Fisicoquímicas del Suelo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Marco Antonio Mejía Tabares - Samuel Vianuy - Sebastián Falcón

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

|   |
|---|
| / |
|   |

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :


90 %

Lima, 15 de junio del 2019

  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 06082600 Telf.: 966648428

## Anexo 8: Validación de instrumento (Ficha de características fisicoquímicas del suelo)

 UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón César Eduardo

1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV

1.3. Especialidad o línea de investigación: Agronomía

1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Características Fisicoquímicas del Suelo

1.5. Autor(A) de Instrumento: Marco Antonio Mejía Tabaresa - Saúl Ugony Sebastián Falcon

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

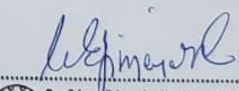
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

87

%


X

  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

Lima, 03 de Junio del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 DNI No. 16436847 Telf.: 939 564 114

**Anexo 9:** Formato de ficha de análisis de Plomo antes y después de tratamiento

|  |  | FORMATO DE FICHA DE OBSERVACION |   |       |             | REVISADO                   |      |      |       |
|---|--|---------------------------------|---|-------|-------------|----------------------------|------|------|-------|
| DATOS GENERALES   |  |                                 |   |       |             |                            |      |      |       |
| TITULO:   | Girasol ( <i>Helianthus annuus</i> L) como fitoextractor con adición de humus para el tratamiento del suelo contaminado con plomo, Peaje de Santa Anita 2018 |                                 |   |       |             |                            |      |      |       |
| LINEA DE INVESTIGACION:   | Calidad y conservación de los recursos naturales   |                                 |   |       |             |                            |      |      |       |
| FACULTAD:   | Ingeniería   |                                 |   |       |             |                            |      |      |       |
| INTEGRANTES:  | Mejía Taboada, Marco Antonio<br>Sebastián Falcón, Samuel Vianny  |                                 |   |       |             |                            |      |      |       |
| ASESOR:   | Mg. Ing. Maria Aliaga Martinez   |                                 |   |       |             |                            |      |      |       |
| FECHA:  |  |                                 |   |       |             |                            |      |      |       |
| ANÁLISIS DE PLOMO   |  |                                 |   |       |             |                            |      |      |       |
| Tratamiento   | Plomo en el suelo final  |                                 |   |       | Tratamiento | Plomo en la planta (final) |      |      |       |
|   | 1  | 2                               | 3 | Prom. |             | TALLO                      | HOJA | RAIZ | Prom. |
| RESUL.1   |  |                                 |   |       | RESUL.T1.1  |                            |      |      |       |
|   |  |                                 |   |       | RESUL.T1.2  |                            |      |      |       |
|   |  |                                 |   |       | RESUL.T1.3  |                            |      |      |       |
| RESUL.2   |  |                                 |   |       | RESUL.T2.1  |                            |      |      |       |
|   |  |                                 |   |       | RESUL.T2.2  |                            |      |      |       |
|   |  |                                 |   |       | RESUL.T2.3  |                            |      |      |       |
| RESUL.3   |  |                                 |   |       | RESUL.T3.1  |                            |      |      |       |
|   |  |                                 |   |       | RESUL.T3.2  |                            |      |      |       |
|   |  |                                 |   |       | RESUL.T3.3  |                            |      |      |       |



## Anexo 10: Validación de instrumento (Ficha de análisis de Plomo)



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Alfara Martínez María Paulina  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Análisis de Plomo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Marco Antonio Mejía Taboada - Samuel Vinny Sebastián Falcón

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

|   |
|---|
| X |
|   |

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

94.5 %

Lima, 03 de Julio del 2019

[Firma]  
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 CIP 59443

DNI No. 08662264 Telf. 9999 35088

## Anexo 11: Validación de instrumento (Ficha de análisis de Plomo)



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

**I. DATOS GENERALES**

1.1. Apellidos y Nombres: Antonio Pacheco Wilson S.  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Análisis de Plomo  
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Alvaro Antonio Mejía Taborda - Samuel Usury Sebastian Polcan

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

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

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

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

|   |
|---|
| ✓ |
|   |

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :**

90 %

Lima, 15 de junio del 2017

*[Firma]*  
FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No 86082600 Telf.: 266648428

## Anexo 12: Validación de instrumento (Ficha de análisis de Plomo)

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: Jiménez Calderón César Eduardo  
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente - UCV  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Agronomía  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Análisis de Plomo  
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Marco Antonio Mejía Tabares - Samuel V. Suvy - Sebastián Falcon

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

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

|   |
|---|
| X |
|   |

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

86.5 %



*César Jiménez*  
 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón  
 CIP. 42355

Lima, 03 de Junio del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 16436847 Telf. 979564114

## Anexo 13: Análisis de muestra mineral



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**

**Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica**

Laboratorio de Espectrometría

### ANALISIS DE MUESTRA MINERAL

SOLICITADO POR : **MARCO ANTONIO MEJÍA TABOADA**

Procedencia de muestra : P4-Villa Evitamiento-Ate Vitarte

Recepción de muestra : Lima, 5 de Marzo del 2019

### RESULTADO DEL ANÁLISIS DE MUESTRA

| Muestra         | %Pb    |
|-----------------|--------|
| Muestra inicial | 0.1814 |

Lima, 8 de Marzo del 2019

MSc. Atilio Mendoza A.  
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú  
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245  
e-mail: labespectro@uni.edu.pe

## Anexo 14: Análisis especial en suelo



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : MARCO MEJÍA TABOADA  
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ SANTA ANITA  
REFERENCIA : H.R. 67835  
BOLETA : 2836  
FECHA : 16/04/2019

| Número Muestra |                      | N<br>% | P<br>ppm | K<br>ppm |
|----------------|----------------------|--------|----------|----------|
| Lab            | Claves               |        |          |          |
| 1080           | P4-peaje Santa Anita | 0.11   | 40.8     | 1108     |

**Metodología empleada:**

- Nitrógeno total: Método de Kjeldahl.
- Fósforo disponible: Método de Olsen modificado, extracción con  $\text{NaHCO}_3$  0.5N, pH 8.5.
- Potasio disponible: Extracción con acetato de amonio y lectura por espectrofotometría de absorción atómica.



Dr. Sady García Bendezú  
Jefe del Laboratorio

## Anexo 15: Análisis especial de materia orgánica



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL DE MATERIA ORGANICA

SOLICITANTE : MARCO MEJÍA TABOADA  
PROCEDENCIA : LIMA/ LIMA/ SANTA ANITA  
MUESTRA DE : HUMUS  
REFERENCIA : H.R. 67836  
BOLETA : 2836  
FECHA : 23/04/19

| N°<br>LAB | CLAVES | N<br>% | P<br>% | K<br>% |
|-----------|--------|--------|--------|--------|
| 316       |        | 1.90   | 1.37   | 0.82   |

#### Metodologías empleadas:

- Nitrógeno: Método de Kjeldahl.
- Fósforo: Método del azul de molibdeno. Método alternativo: Amarillo del Vanadato Molibdato.
- Potasio: Espectrofotometría de absorción atómica.



Dr. Sady García Bendejú  
Jefe de Laboratorio

## Anexo 16: Material Fotográfico - Campo

### 1. Identificación de área.



Al verificar la congestión que se genera a todas horas y con mucha más agresividad en horas punta, se escogió esta área la cual está a lado del peaje de Santa Anita, se pidió los permisos correspondientes para poder realizar los estudios iniciales.

2. Punto inicial de muestra de suelo.



Se tomó la muestra según los procedimientos aprendidos en clase, la profundidad fue de 15cm. Para poder tener un resultado confiable



### 3. Muestra Inicial de suelo



Se realizó el método de cuarteo para la selección de muestra, la cual consistió en dividir en 4 partes el suelo juntado y combinar los diagonales opuestos.

#### 4. Preparación del área de trabajo



Se midió el área a trabajar.

5. Retiro de mala hierba y cerco de área a trabajar.



Se preparó el área de trabajo retirando la mala hierba que existía y el gras, se cercó colocando mallas de seguridad.

6. Medición para división de parcelas.



Se dividieron las parcelas según esquema planificado. Cada parcela tiene 1m<sup>2</sup>.

7. Acondicionamiento de suelo para el depósito de semillas.



Se hizo una cavidad de aproximadamente 10cm.

8. Depósito de semillas.



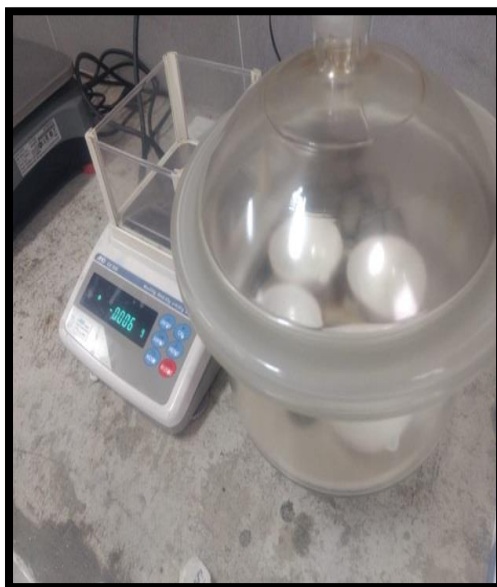
Se dispuso del humus antes de poner las semillas.

## Anexo 17: Material Fotográfico - Laboratorio

### 1. Tamizado de suelo a 2 micras.



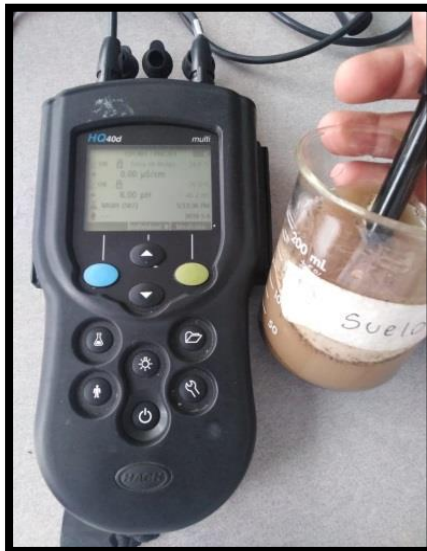
### 2. Deshumecedor



### 3. Adición de suelo tamizado – 50 gr.

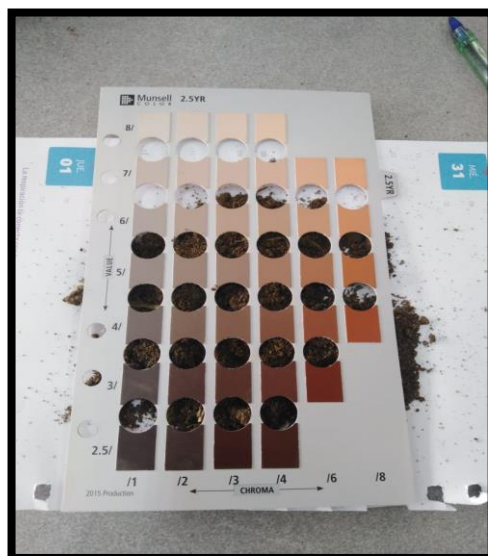


### 4. Uso de multiparámetro para muestra de suelo

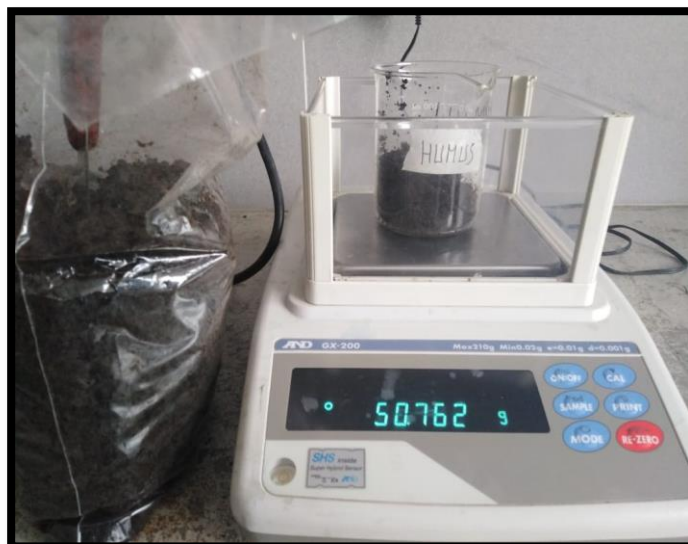




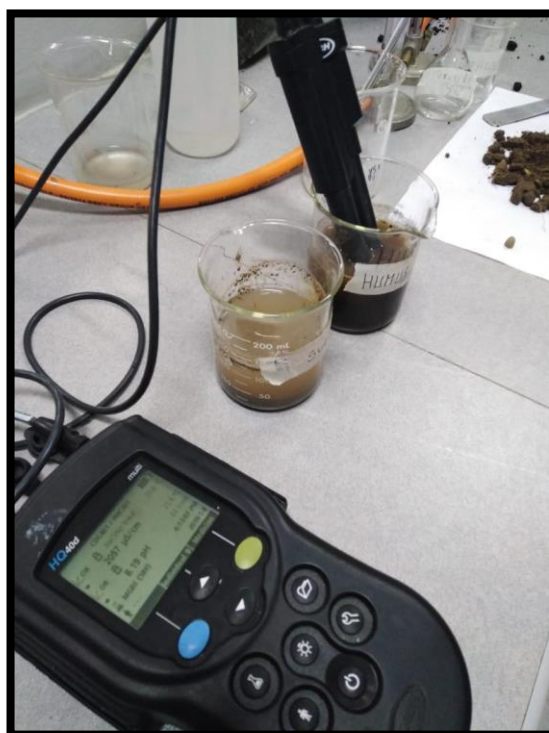
## 5. Uso de Tabla Munsell para identificar color de suelo



## 6. Peso de muestra de humus.



7. Uso de multiparámetro para hallar valores en muestra de Humus.



## 8. Condiciones Físicas de Girasol.



## 9. Análisis de parámetros fisicoquímicos finales.



10. Secado de muestras para envío a laboratorio.



**Anexo 18:** Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental  
(ECA) para Suelo

| ESTANDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO        |                               |   |  |   |
|---|-------------------------------|---|--|---|
| Parámetros en mg/kg PS <sup>(2)</sup>                   | Usos del Suelo <sup>(1)</sup> |   |  | Métodos de ensayo <sup>(7) (8)</sup>  |
|   | Suelo Agrícola <sup>(3)</sup> | Suelo Residencial/ Parques <sup>(6)</sup> | Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(4)</sup> |   |
| <b>ORGÁNICOS</b>  |                               |   |  |   |
| <b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>               |                               |   |  |   |
| Benceno   | 0,03                          | 0,03                                      | 0,03   | EPA 8260 <sup>(8)</sup><br>EPA 8021   |
| Tolueno   | 0,37                          | 0,37                                      | 0,37   | EPA 8260<br>EPA 8021  |
| Etilbenceno   | 0,082                         | 0,082                                     | 0,082  | EPA 8260<br>EPA 8021  |
| Xilenos <sup>(12)</sup>                                 | 11                            | 11  | 11   | EPA 8260<br>EPA 8021  |
| <b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>                     |                               |   |  |   |
| Naftaleno   | 0,1                           | 0,6                                       | 22   | EPA 8260<br>EPA 8021<br>EPA 8270  |
| Benzo(a) pireno   | 0,1                           | 0,7                                       | 0,7  | EPA 8270  |
| <b>Hidrocarburos de Petróleo</b>                        |                               |   |  |   |
| Fraición de hidrocarburos F1 <sup>(9)</sup> (C6-C10)    | 200                           | 200                                       | 500  | EPA 8015  |
| Fraición de hidrocarburos F2 <sup>(10)</sup> (>C10-C28) | 1200                          | 1200                                      | 5000   | EPA 8015  |
| Fraición de hidrocarburos F3 <sup>(11)</sup> (>C28-C40) | 3000                          | 3000                                      | 6000   | EPA 8015  |
| <b>Compuestos Organoclorados</b>                        |                               |   |  |   |
| Bifenilos policlorados - PCB <sup>(14)</sup>            | 0,5                           | 1,3                                       | 33   | EPA 8082<br>EPA 8270  |
| Tetracloroetileno                                       | 0,1                           | 0,2                                       | 0,5  | EPA 8260  |
| Tricloroetileno   | 0,01                          | 0,01                                      | 0,01   | EPA 8260  |
| <b>INORGÁNICOS</b>                                      |                               |   |  |   |
| Arsénico  | 50                            | 50  | 140  | EPA 3050<br>EPA 3051  |
| Bario total <sup>(15)</sup>                             | 750                           | 500                                       | 2 000  | EPA 3050<br>EPA 3051  |
| Cadmio  | 1,4                           | 10  | 22   | EPA 3050<br>EPA 3051  |
| Cromo total   | **                            | 400                                       | 1 000  | EPA 3050<br>EPA 3051  |
| Cromo VI  | 0,4                           | 0,4                                       | 1,4  | EPA 3060/<br>EPA 7199 ó<br>DIN EN 15192 <sup>(16)</sup>                     |
| Mercurio  | 6,6                           | 6,6                                       | 24   | EPA 7471<br>EPA 6020 ó 200.8  |
| Plomo   | 70                            | 140                                       | 800  | EPA 3050<br>EPA 3051  |
| Cianuro Libre   | 0,9                           | 0,9                                       | 8  | EPA 9013<br>SEM/WW-AWWA-WEF 4500 CN F ó<br>ASTM D7237 y/o<br>ISO 17690:2015 |

