



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**

“Efecto de los microorganismos eficientes en la actividad fitoextractora de *Helianthus annuus l.* en suelos contaminados con metales pesados por minería en Samne.”

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

**AUTOR:**

Melgarejo Caballero, Marbelit Natividad

**ASESOR:**

Dr. Fernando Ugaz Odar

**LINEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**TRUJILLO – PERU**

**2018**

**PÁGINA DEL JURADO**

---

**Ing. José Alfredo Cruz Monzón**

**PRESIDENTE**

---

**Ing. Isidoro Valderrama Ramos**

**SECRETARIO**

---

**Ing. Fernando Enrique Ugaz Odar**

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

Le dedico a Dios con todo mi amor y cariño por darme vida y salud para llegar a cumplir esta meta.

También a mis padres que creyeron en mí y estuvieron en todo momento apoyándome para hacer realidad este sueño, ellos son el pilar fundamental de todo lo que vengo logrando. Les amo con todo mi corazón y este logro es para ustedes, aquí está todo lo que me brindaron es solamente el principio de un largo camino.

A mis hermanas (os) por su apoyo y amor incondicional en todo el transcurso de mi formación académica, por brindarme fuerzas de aliento a no rendirme.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiarme y acompañarme en el camino.

A mis padres y hermanos (os) por ser el pilar en mi formación universitaria, y por alentarme a ser cada día mejor y así llegar a culminar una meta más planeada.

Un agradecimiento muy especial al Dr. Fernando Enrique Ugáz Odar por aceptar ser mi asesor para realizar esta tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Ambiental, por su apoyo y su gran capacidad para guiar mis ideas.

La clave de este trabajo fue el esfuerzo y la dedicación con la que lo hemos realizado.

## **DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Melgarejo Caballero Marbelit Natividad con DNI N° 76817094 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 10 de junio del 2018

---

Melgarejo Caballero Marbelit Natividad  
DNI: 76817094

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la tesis titulada “Efecto de los microorganismos eficientes en la actividad fitoextractora de *helianthus annuus l.* en suelos contaminados con metales pesados por minería en Samne”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

El Autor

---

Melgarejo Caballero Marbelit Natividad

DNI: 76817094

## INDICE

INDICE DE TABLAS.....	8
INDICE DE FIGURAS.....	8
RESUMEN.....	9
ABSTRACT .....	10
I. INTRODUCCION.....	11
1.1. Realidad problemática.....	11
1.2. Trabajos previos .....	12
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	15
1.4. Formulación del problema .....	20
1.5. Justificación del estudio.....	20
1.6. Hipótesis.....	20
1.7. Objetivos .....	21
II. MÉTODO .....	21
2.1. Diseño de investigación.....	21
2.2. Matriz de operacionalización de variables.....	25
2.3. Población y muestra .....	26
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	28
2.5. Método de análisis de datos .....	28
2.6. Aspectos éticos .....	28
III. RESULTADOS.....	29
IV. DISCUSIÓN .....	32
V. CONCLUSIONES.....	35
VI. RECOMENDACIONES .....	36
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	37
VIII. ANEXOS.....	42

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	25
Tabla 2: Frecuencia de riego para añadir las dosis de microorganismos eficientes en los maceteros de <i>helianthus annuus l.</i> ....	27
Tabla 3: Tratamientos .....	27
Tabla 4: Análisis físico químico del suelo (pre prueba).....	29
Tabla 5: Análisis químico del suelo para determinar la presencia de metales pesados.....	29
Tabla 6: Indicadores químicos.....	42
Tabla 7: Crecimiento de <i>helianthus annuus l</i> y número de hojas.....	43
Tabla 8: Porcentaje de remoción de metales pesados .....	44
Tabla 9: Supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas modificada para el porcentaje de remoción de metales pesados y altura de planta de <i>helianthus annuus l.</i> ....	45
Tabla 10: Análisis de varianza aplicada a los valores para el porcentaje de remoción de metales pesados. ....	51
Tabla 11: Análisis de varianza aplicada a los valores para crecimiento de <i>helianthus annuus l.</i> .....	52
Tabla 12: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Pb .....	52
Tabla 13 : Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Mn.....	52
Tabla 14: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Cu .....	53
Tabla 15: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Cd .....	53
Tabla 16: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Zn.....	53
Tabla 17: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Hg .....	54
Tabla 18: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Cr .....	54
Tabla 19: Método de Tukey para altura de planta <i>helianthus annuus l</i> .....	54

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Porcentaje de remoción de metales pesados. ....	30
Figura 2: Crecimiento de <i>helianthus annuus l</i> en cm. ....	31
Figura 3: De probabilidad para el Pb .....	46
Figura 4: De probabilidad para el Fe .....	46
Figura 5: De probabilidad para el Mn.....	47
Figura 6: De probabilidad para el Cu.....	47
Figura 7: De probabilidad para el Cd.....	48
Figura 8: De probabilidad para el Zn .....	48
Figura 9 : De probabilidad para el Hg.....	49
Figura 10: De probabilidad para el Cr.....	49
Figura 11: De probabilidad para altura de planta.....	50
Figura 12: Ubicación Samne .....	55
Figura 13: Análisis químico del suelo pre y post.....	56
Figura 14: Pre análisis físico químico del suelo .....	57



## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó con la finalidad de fitoextraer los metales pesados de suelos contaminados de Samne mediante los tratamiento de microorganismos eficientes junto a *helianthus annuus l.* El tipo de diseño que tubo esta investigación fue un diseño cuasi experimental, con pre prueba- post prueba y grupo control. Con muestra de 5 puntos representativos de suelo contaminado con metales pesados de Samne. El método de procesamiento de análisis estadísticas correspondió a un diseño completamente aleatorizado. Se realizó el análisis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Anderson-Darling y Levene, respectivamente; posteriormente al cumplirse estos supuestos se realizó las pruebas paramétricas de análisis de varianza (ANVA), y a continuación, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software Minitab versión 18. La determinación de las concentraciones de la pre-prueba y la post-prueba de los metales pesados se realizó en el laboratorio Servicios de Analisis y Asesoría DELTA, con el método absorción atómica a la llama, en conclusión, existe un efecto positivo en los tratamientos de microorganismos eficientes y *helianthus annuus l.* ya que si poseen la capacidad de fitoextraer metales pesados tales como: Pb (44.95%), seguido de Fe (30.94%), Cu (29.91%), Cr (28%), Hg (26%), Mn (23%), Cd (15.95%) con la aplicación de la dosis de microorganismos eficientes al 10%. En menor cuantía los microorganismos eficientes removieron Zn, con la concentración de 10% fue de 12.40%. cabe recalcar que de los siete metales remediados solo tres considera el ECA-Suelo (D.S. N°002-2013-MINAM) que son Cd, Hg y Pb quienes han logrado disminuir sus concentraciones.

**Palabras clave:** Capacidad fitoextractora, metales pesados, *helianthus annuus l.*  
microorganismos eficientes

## ABSTRACT

The present research work was carried out with the purpose of phytoextracting the heavy metals from contaminated soils of Samne through the treatment of efficient microorganisms together with *helianthus annuus* L. The type of design that this research pipe was a quasi-experimental design, with pre-test - post test and control group. With sample of 5 representative points of soil contaminated with heavy metals from Samne. The statistical analysis processing method corresponded to a completely randomized design. The analysis of the assumptions of normality and homogeneity of variances was carried out through the Anderson-Darling and Levene tests, respectively; Subsequently, when these assumptions were fulfilled, the parametric tests of variance analysis (ANVA) were performed, and then Tukey's multiple comparisons test, which compared the results through the formation of subgroups. All statistical analyzes were performed with a confidence level of 95%. Minitab software version 18 was used to process the data. The determination of the concentrations of the pre-test and the post-test of the heavy metals was performed in the DELTA Analysis and Consulting Services laboratory, with the atomic absorption method In conclusion, there is a positive effect in the treatments of efficient microorganisms and *helianthus annuus l.* since if they possess the ability to fitoextraer heavy metals such as: Pb (44.95%), followed by Fe (30.94%), Cu (29.91%), Cr (28%), Hg (26%), Mn (23%) , Cd (15.95%) with the application of the dose of efficient microorganisms at 10%. To a lesser extent, the efficient microorganisms removed Zn, with the concentration of 10% was 12.40%. It should be noted that of the seven metals remediated only three consider the ECA-Soil (D.S. No. 002-2013-MINAM) which are Cd, Hg and Pb who have managed to reduce their concentrations.

**Key words:** Phytoextraction capacity, heavy metals, *helianthus annuus l.* efficient microorganisms

## **I. INTRODUCCION**

### **1.1. Realidad problemática**

A nivel global el Perú es un país eminentemente minero, debido a su ubicación geográfica, ya que está situado en una zona rica en minerales tales como: Oro, cobre, zinc, hierro, carbón, mineral, etc. Por lo tanto, esto ha posicionado a la actividad minera como la principal fuente generadora de diversos ingresos económicos de nuestro país. Sin embargo, en el país afecta a la Amazonía y a muchas regiones de la costa y sierra peruana. Se genera un gran daño a los ecosistemas como aire, agua y suelo; también cabe rescatar que se da situaciones de explotación, tráfico de personas. (Moscol, 2001, p6)

Los metales pesados se encuentran de manera natural en la corteza terrestre, algunos de estos metales como el cobre, manganeso y zinc son indispensables para el metabolismo de los mamíferos y otros para la conservación de la composición química de los seres vivos. Sin embargo, existen otros procesos de origen antropogénico o causado por la mano del hombre, entre ellas tenemos las siguientes actividades: industriales, mineras, ganaderas; otra principal causa es el propio tráfico, que de igual manera deben ser consideradas como fuentes de metales pesados. Los metales pesados presentan un carácter acumulativo y permanente, y no solo se encuentran en los diferentes compartimentos ambientales como (aire, agua, suelos, flora y fauna), sino también se puede encontrar en el organismo humano. (Ferre et al., 2006, p2)

Las diferentes actividades realizadas por la minería que contaminan el suelo son las siguientes: contaminación con relaves, el proceso de cianuración inadecuado. Inestabilidad de labores mineras, alteración del paisaje y acumulación de desmonte. Las actividades que mayormente causan impactos en el suelo son la contaminación por relaves y el proceso de cianuración debido a su capacidad de reacción frente a otros lixiviantes, prevalece más de 100 años debido a su gran versatilidad. Los relaves mineros mediante el método de cianuración contienen sustancias tóxicas como el cadmio, arsénico, plomo, selenio entre otros que al tener contacto con el agua y el sub suelo altera su composición. Entonces desde

el punto de vista ambiental este método de lixiviación que vienen realizando las empresas mineras, ocasionan la destrucción de la flora y fauna en los cuerpos de suelo receptores que descargan estos efluentes contaminados. (Gálvez, 2002,p12)

Por ello se busca realizar un método eficaz y a la vez rentable para poder absorber los metales pesados y bajar sus concentraciones. Por lo tanto, una de las formas es la fitoextracción a través de la planta del *helianthus annuus l* (girasol) perteneciente a las Asteráceas; la cual es una especie acumuladora de metales pesados ya que absorberá en sus raíces tallo y follaje. (Villavicencio, 2001,p81)

## **1.2.Trabajos previos**

**VARGAS, Gonzalo (2013,p.1,14,32,60)**, en su trabajo titulado “influencia de las micorrizas arbusculares en la fitoextracción con girasol en suelos contaminados por Pb y Cd. tuvo como objetivo evaluar la capacidad fitoextractora del girasol (*helianthus annuus l.*) asociada con micorrizas arbusculares en un suelo contaminado por Pb y Cd a nivel de invernadero, como una alternativa para la remediación de suelo contaminado por metales pesados; para ello uso 8 tratamientos con 5 repeticiones por cada metal y como resultado obtuvo que el Cd con o sin la adición de micorrizas arbusculares a la planta no absorbe este metal, esto sugiere que el girasol y *Rizophagus intraradices* presentan cierta tolerancia al Cd.

**ALCAINO, Guillermo (2012,p.1,2)**, en su investigación “Análisis y comparación de tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales” tuvo como objetivo comparación y análisis de tecnologías de remediación de suelos contaminados con metales, para ello uso los siguientes materiales: bolsas para sacar las muestras, ácido fosfórico y sulfúrico, y como resultado obtuvo que mediante el porcentaje de remoción y/o estabilización según el caso, la tecnología con resultados más satisfactorios es el lavado de suelos.

**TOALOMBO, Rita (2012, p.1,18,47,58)**, en su investigación “evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca

(*Allium fistulosum*)”; tuvo como objetivo determinar las ventajas de la aplicación de microorganismos eficientes autóctonos, en el cultivo de (*Allium fistulosum L.*) que permita incrementar su producción y productividad. Para ello uso 9 tratamientos más 1 testigo con 3 repeticiones y como resultado obtuvo que al evaluar las diferentes dosis y frecuencias se obtuvo que los tratamientos (con EM) y el testigo (sin EM), son estadísticamente iguales.

**Hernández, Rosario (2004,p.1,19,100)**, en su investigación “presencia de hongos micorrizicos arbusculares y contribución de *glmus intraradices* en la absorción y translocación del cinc y cobre en *helianthus annuus l.* girasol crecido en un suelo contaminado con residuos de mina” tuvo como objetivo evaluar la presencia de hongos micorrizicos arbusculares y contribución de *glmus intraradices* en la absorción y translocación del cinc y cobre en *helianthus annuus l.* crecido en un suelo contaminado con residuos de mina. Para ello se realizó 2 muestreos, como resultado se obtuvo que el suelo de la laguna de oxidación se registraron las concentraciones más altas de Cu y de Zn, sin dejar de ser importante la presencia de Pb, Cd, Cu. Además, en las raíces del *helianthus annuus l* el cobre fue más absorbido que el zinc.

**BELTRAN, Margarita (2001, p.1,2)**, En su trabajo titulado “fitoextracción en suelos contaminados en cadmio y zinc usando especies vegetales comestibles”, tuvo como objetivo evaluar la capacidad de asimilación y concentración de cadmio y zinc por especies vegetales comestibles para ello uso fitoextracción de suelos contaminados, los materiales fueron semillas suelo y el resultado obtenido fue que el girasol trasloco el cadmio y el zinc a los tallos y hojas.

**PINEDA, Rosario (2015,p.1,12)**, en su trabajo titulado “evaluación de microorganismos eficientes autóctonos en el rendimiento del cultivo de tomate (*lycopersicum esculentum, mill*) en San Gabriel – Abancay”; tuvo como objetivo evaluar la aplicación de los microorganismos eficientes autóctonos en el rendimiento del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum, mill*), en el sector de San Gabriel – Abancay para ello uso 10 tratamientos con 3 réplicas y como

resultado obtuvo que producto de las aplicaciones de los tratamientos sobre el cultivo de tomate, evidenciaron la existencia de respuestas distintas sobre la altura de la planta, número de tallos, número de flores, área foliar y el rendimiento.

**RODRÍGUEZ, Luciana (2014,p.1,9)**, en su investigación “fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo” tuvo como objetivo determinar la capacidad fitorremediadora de especies de flora nativa encontradas en zonas de contaminación por plomo; para ello usó los siguientes materiales: bolsas de papel, macetas, semillas, plantones, 3 tratamientos y como resultados obtuvo Las especies vegetales nativas con potencial fitorremediador encontradas en campo pertenecen a los géneros *Calamagrostis*, *Nicotiana*, *Glandularia*, *Muhlenbergia*, *Desmodium*, donde las *Calamagrostis* y *Nicotiana* son mayormente acumuladoras de plomo.

**CARHUARICRA, Carmen (2013, p.1,19,88)**, en su investigación “Eficacia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en villa de Pasco” tuvo como objetivo determinar las especies fitoextractoras más eficaces para remediar los suelos contaminados por elementos metálicos, producidos por la actividad minera en Villa de Paseo, durante los meses de enero a julio del 2012. Para ello uso dos repeticiones. De acuerdo a los resultados se demostró que las especies fitoextractoras, *Sonchus oleraceus* (especie A), *Lepidium bipinnatifidum* (especie B), *Plantago orbignyana* (especie e) y el *Bidens triplinervia* (especie D), son más eficaces para remediar los suelos de Villa de Pasco que están contaminados por As, Cd, Pb y Zn provenientes de la actividad minera.

**LIZARBE Asmat; et al., (2013, p.1,12)**, en su trabajo titulado “optimización del crecimiento de *helianthus annuus l.* para la fitoextracción del plomo, zinc y cadmio de relaves minero artesanal del caserío de Zarumilla, Pataz”, tuvo como objetivo optimizar el crecimiento del girasol para su fitoextracción del plomo, cadmio y zinc presentes en relaves mineros, para ello uso 4 tratamientos y como

resultados obtuvieron que el método directo de siembra fue el que logro mayor concentración de Pb, Cd, Zn, siendo la raíz el órgano de mayor bio-acumulación.

**GARCIA, Liz (2009,p.1,12)**, en su trabajo titulado “Capacidad remediadora y bioacumuladora de los órganos de *helianthus annuus l.* (girasol) cuando son sometidas a diferentes concentraciones de plomo” tuvo como objetivo conocer la capacidad remediadora y biocumuladora de los órganos de *helianthus annuus l.* cuando son sometidas a diferentes concentraciones de plomo y evaluar su posible efecto y crecimiento; para ello se realizaron tres repeticiones y como resultados se obtuvo que cuando son sometidas a diferentes concentraciones de plomo (500 mg/Lt y 1000mg/Lt) muestra que la raíz es el órgano que acumulo la mayor cantidad de plomo en todos los tratamientos.

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

#### **Contaminación de suelos**

Un suelo está contaminado cuando este ha superado su capacidad de amortiguación para todas las sustancias existentes propias de este medio y como consecuencia de esto pasa de ser un sistema defensor a actuar como causa de problemas para el recurso agua, la atmosfera y los organismos vivos. Después de que se introduce dicho agente también se modifican sus equilibrios biogeoquímicos y empiezan a aparecer cantidades anómalas de determinados componentes las cuales originan modificaciones de gran importancia en las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo. (Salvador, 2007, p2)

#### **Contaminación de suelos por metales pesados**

Los metales pesados se definen como aquellos elementos químicos que tienen una densidad mayor o igual a  $5 \text{ g cm}^3$  o cuyo número atómico es superior a 20. La actividad minera a través de sus diferentes procesos produce una serie de contaminantes gaseosos, líquidos y sólidos, que de cualquier forma van a parar al suelo y se estaría contaminando este cuerpo receptor provocando la desertificación y no solo eso también dañaría cultivos y microorganismos que no pueden sobrevivir a dichas concentraciones. (Romero et al., 2008, p2)

## **Presencia de metales pesados en el suelo**

Los metales pesados están presentes en el suelo de dos diferentes formas tales como componentes naturales del mismo o como actividades del ser humano. Si bien es cierto las actividades geológicas naturales representan una gran cantidad de aportaciones de metales pesados en el sistema suelo, aunque a comparación de las actividades antropogénicas no sean tan perjudiciales estas son desgastes de cerros y volcanes. Las diversas actividades generadas por la mano del hombre entre ellas encontramos la actividad minera, que actualmente es caracterizada como una de las principales actividades que generan mayores concentraciones de metales pesados (Pineda, 2004, p1).

Algunos metales pueden ser altamente tóxicos como el Pb, Hg, Cd, Ni, V, Cr, Cu, Al, As, Ag en altas concentraciones.

Según (Huertos y Baena, 2004, p4) para conocer mejor el comportamiento de metales pesados en el suelo es conveniente considerar las siguientes propiedades del suelo:

pH: Los metales están disponibles a un pH ácido, por ende, si hay un descenso se mejora la absorción por las raíces de las plantas y la solubilidad de los metales.

Textura: Se puede contaminar el nivel freático cuando se trata de suelos arenosos y el suelo arcilloso retiene más metales.

Materia orgánica: Absorbe metales pesados; sin embargo, su toxicidad de estos puede formar complejos organometalicos, y así facilitar la dispersión y solubilidad.

Capacidad de intercambio catiónico: Al haber un aumento de capacidad de intercambio catiónico aumenta la capacidad del suelo de fijar metales.

Conductividad eléctrica: Estima la cantidad de sales que contiene el suelo, en caso de encontrar grandes cantidades afectara la germinación normal de las semillas.



## **Movilidad en el suelo de los metales pesados**

Sus comportamientos de estos metales no son estáticos ni inalterables sino movibles. Su dinámica de estos son los siguientes:

- Absorción por las plantas e incorporación a las cadenas tróficas
- Movilización a las aguas superficiales o subterráneas
- Retención de metales pesados por adsorción, complicación y precipitación.
- Transferencia a la atmosfera por volitizacion. (Mejia,2011, p)

## **Fitorremediación**

La fitorremediación de áreas contaminadas es una ecotecnología, que se fundamenta en la capacidad de algunas plantas para absorber, tolerar, acumular, excluir y degradar compuestos contaminantes en afán de la recuperación de suelos, aguas o del aire contaminados producto de las diferentes actividades humanas; actualmente esta ecotecnología viene siendo aplicada en diferentes países para recuperar suelos contaminados tanto con compuestos orgánicos e inorgánicos. (Larenas y De Viana, 2005, p20).

Está compuesta por una serie de fitotecnologías las más principales (fitoextracción, fitovolatilización, fitodegradación, rizofiltración, fitoestabilización y fitoestimulación.) (Carpena et al., 2007, p1)

## **Fitoextracción**

Es la absorción de contaminantes del suelo que va realizar la planta a través de las raíces, y posteriormente se transportará a las partes aéreas de esta, y así se estará eliminando contaminantes, pero será una limpieza a largo plazo ya que se dará en el periodo del crecimiento de dicha planta.

Las plantas que tienen la característica de acumular metales deben ser plantadas en las zonas contaminadas donde se debe prestar el clima para un buen

crecimiento; para obtener como resultado, una fracción de metal pesado eliminado del sistema.

El resultado óptimo de la fitoextracción como técnica de absorción potencial de metales pesados depende de diferentes factores entre ellos está la disponibilidad de los metales, también encontramos la capacidad de las plantas para absorber y acumular los metales en las raíces y partes aéreas. Las plantas ideales para realizar la fitoextracción deben tener la habilidad de producir grandes cantidades de biomasa, ya que es muy esencial para la acumulación de metales pesados, ser fáciles de recolectar. Sin embargo, en la actualidad se desconoce que una planta cumpla con todos los criterios para que se logre una fitoextracción eficiente, en este proceso no se deben absorber los metales pesados rápidamente, sino se deberían ir transportando desde las raíces hacia las partes aéreas y se realiza en un periodo de tiempo conforme al crecimiento de la planta que se elija.

Por tanto, el objetivo de la fitoextracción es sencillamente acumular los metales pesados en sus raíces de suelos contaminados y posteriormente transferirlo a las partes aéreas conforme al crecimiento de la planta y la biomasa vegetal que esta posee mientras mayor sea la biomasa habrá más extracción y así una vez cosechada la planta, el metal será eliminado del sistema. (Fulekar et al, 2009, p27)

### **Plantas acumuladoras de metales pesados**

Pertenecen a diferentes familias, por lo tanto, la acumulación es una adquisición independiente que ha surgido varias veces durante la evolución, pero que en todos los casos genera la habilidad de crecer en suelos metalíferos y acumular extraordinarias cantidades de metales pesados en órganos aéreos, a diferencia de los niveles encontrados en la mayoría de especies.

Principales características de las plantas acumuladoras: Fuerte aumento de la tasa de absorción de metales pesados, raíces que realizan la translocación más rápidamente, gran habilidad por detoxificar y acumular metales pesados en hojas.

Plantas acumuladoras: *Solanum nigrum*, acumuladora de cadmio, *Thlaspi caerulescens*, acumuladora de zinc, *Helianthus annuus* acumuladora de cadmio plomo zinc, *Helianthus annuus L*, etc. (Angelova et al, 2012, p23).

### ***Helianthus annuus l.***

Descripción técnica

Tamaño: hasta 3 metros de alto

Tallo: ramificado

Hojas: alternas en forma triangular ovada.

Flores: agrupadas ovadas de color amarillo o anaranjado.

Frutos y semillas: aquenios oblongos ovoides.

*Helianthus annuus l.* ha demostrado ser una planta con un gran potencial fitoextractor muy útil en la remediación de suelos contaminados por diferentes metales pesados y elementos radioactivos por su alta producción de biomasa, esta planta puede crecer y presentar la capacidad de tolerar crecer y acumular metales pesados. (Rodríguez y col., 2006, p16)

### **Microorganismos eficientes**

Son una mezcla de microorganismos absolutamente naturales que contienen lactobacillus, levaduras, bacterias fotosintéticas; no son nocivos, ni tóxicos al contrario son altamente eficientes. (OISCA BID, 2009, p6)

Actualmente sirven para mejorar las condiciones del suelo, suprimir putrefacción, microbios; es decir mejorar la calidad del suelo. Es un cultivo de microorganismos las cuales poseen varias características útiles para procesos de biorremediación, donde se encuentra la fermentación de materia orgánica sin la liberación de malos olores. (Cardona y García, 2008, p 21)

Entre las principales características de los microorganismos eficientes tenemos: incrementa la capacidad fotosintética de la planta, previene la presencia de plagas y enfermedades, reduce la salinidad de suelos.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál es efecto de los microorganismos eficientes en la actividad fitoextractora de *helianthus annuus l.* en suelos contaminados con metales pesados por minería en Samne?

#### **1.5. Justificación del estudio**

La contaminación ambiental es un problema muy grave que nos está afectando, actualmente la actividad minera en nuestro país es una de las principales fuentes económicas, pero a su vez son las que generan mayor contaminación. El presente trabajo se basa en la fitoextracción de metales pesados en suelos contaminados por actividad minera usando los microorganismos eficientes en la actividad fitoextractora de la planta *helianthus annuus l.* ya que según investigaciones es ampliamente acumuladora de metales pesados por ello es conveniente usarlo como alternativa más económica y ecológica; donde se beneficiaran las personas del caserío de Samne porque algunos usan el suelo para sus sembríos como yuca, tara, tomate y también se beneficiaran los animales y plantas. Los pobladores desconocen totalmente la capacidad de esta planta piensan que solamente sirve para adornar una cosa o sembrar en un jardín por lo tanto se estará brindando conocimientos de tecnología limpia.

#### **1.6. Hipótesis**

Ho= Los microorganismos eficientes tienen un efecto en la actividad fitoextractora de *helianthus annuus l.* en suelos contaminados con metales pesados por minería en Samne.

## 1.7.Objetivos

### 1.7.1. Objetivo general

Demostrar el efecto de los microorganismos eficientes en la actividad fitoextractora de *helianthus annuus l.* en suelos contaminados con metales pesados por minería en Samne

### 1.7.2. Objetivos específicos

- Realizar un análisis químico del suelo para determinar la presencia de metales pesados (Pb, Cd, Zn, Cu,) pre y post del tratamiento.
- Evaluar el porcentaje de remoción de metales pesados por fitoextracción de *helianthus annuus l.*
- Evaluar el crecimiento y desarrollo del cultivo de *helianthus annuus l.*, altura de planta en cm y número de hojas quincenalmente
- Analizar parámetros fisicoquímicos del suelo como: textura, pH, conductividad eléctrica, porcentaje de materia orgánica y capacidad de intercambio catiónico.

## II. MÉTODO

### 2.1.Diseño de investigación

El tipo de investigación de mi proyecto según Hernández es:

#### ❖ Finalidad es aplicada

Se encarga de dar solución a problemas prácticos inmediatos y a mejorar la calidad educativa.

#### ❖ Diseño es experimental

En el análisis de datos se aplica un ANOVA o análisis de varianza).

#### ❖ Enfoque es cuantitativa

Se centra en los aspectos observables y susceptibles de cuantificación de los fenómenos educativos, utiliza la metodología empírico–analítica y se sirve de pruebas estadísticas para el análisis de datos.

❖ **Fuente es campo**

Consiste en hacer el estudio donde el fenómeno se da de manera natural.

❖ **Alcance es causal**

Explica las causas de relación entre variables (eventos, sucesos o fenómenos).

**Variables**

❖ **Variable independiente**

- Microorganismos eficientes
- *Helianthus annuus l*

❖ **Variable dependiente**

- Suelos contaminados con metales pesados.

**Tratamientos**

Se utilizará un diseño cuasi experimental, diseño de pre prueba - post prueba y grupo de control.

<b>G1</b>	O1	X1	O2
<b>G2</b>	O3	X2	O4
<b>GC</b>	O5	---	O6

Donde:

G1= Grupo que recibe tratamiento 5% EM

X1=Tratamiento con *Helianthus annuus L.*, EM y suelo contaminado

O1= Pre prueba (análisis químico del suelo)

O2= Pos prueba de (análisis químico del suelo)

G2= Grupo que recibe tratamiento 10% EM

X2=Tratamiento con *Helianthus annuus L.* EM y suelo contaminado

O3= Pre prueba (análisis químico del suelo)

O4= Pos prueba de (análisis químico del suelo)

GC=Grupo control más *Helianthus annuus* L más suelo no contaminado

O5= Pre prueba (análisis químico del suelo)

O6= Pos prueba (Análisis químico del suelo)

---= Ausencia de estímulo

## TESTIGO



Suelo contaminado + una planta de *helianthus annuus l* + H<sub>2</sub>O

X1



R1



R2



Suelo contaminado + una planta *helianthus annuus l* + 5% de microorganismos eficientes + H<sub>2</sub>O

X2



R1



R2



suelo contaminado + una planta *helianthus annuus l* + 10% de microorganismos eficientes + H<sub>2</sub>O



## 2.2. Matriz de operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables.

<b>Variables</b>	<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
<b>Variables independientes</b> microorganismos eficientes	Son una mezcla de microorganismos naturales que contienen lactobacillus, levaduras, bacterias fotosintéticas; no son nocivos, ni tóxicos. (OISCA BID, 2009, p6)	Crecimiento de la planta (cm) y número de hojas	Tamaño de la planta en cm Y número de hojas (unidades)
<i>helianthus annuus l.</i>	<i>Helianthus annuus l.</i> ha demostrado ser una planta con un gran potencial fitoextractor muy útil en la remediación de suelos contaminados (Rodríguez y col., 2006, p16)	Efecto de extracción de metales pesados como: (Pb, As, Cd, Cr, Zn, Cu, Hg)	Porcentaje de remoción de metales pesados
<b>Variable dependiente</b> Suelos contaminados con metales pesados	Los metales son componentes naturales de la corteza terrestre; Pueden actuar también como potentes tóxicos, tanto para los seres humanos como para los ecosistemas, según cuáles sean sus vías de exposición. (Nuria Ferre, 2007, p1)	Presencia de metales pesados y comparación con el ECA	mg/Kg MS de cada metal pesado suelo.

Fuente: Elaboración propia

## **2.3. Población y muestra**

### **Población**

La población seleccionada será el volumen de suelo contaminado existente en el caserío de Samne provincia de Otuzco.

### **Muestra**

Para obtener la muestra se usó el muestreo de comprobación de la remediación (MC) en donde se consideró el método para áreas de contaminación de forma regular menores a 1000 m<sup>2</sup>; en donde se obtendrá 5 puntos representativos para la obtención de la muestra que será 1 kg. (Guía MS-MINAM, 2013)

### **Procedimiento metodológico**

#### **Material biológico**

Se procedió a comprar las semillas en el mercado local.

#### **Proceso**

Para lograr obtener la muestra se realizó el muestreo por calicata usando el método del aspa, en primer lugar, se procede a ir al caserío de Samne ubicado en la provincia de Otuzco departamento de la Libertad, llevando los materiales de campo junto a las indicaciones propuestas en la Guía para muestreo de Suelos del D.S. 002-2013-MINAM ECA. Una vez ubicados en el lugar de muestreo se procedió a realizar las calicatas del suelo de 30 x 30 cm y 30 cm de profundidad, se tomará 1 Kg de los 5 punto representativo se homogenizará y se llevará al laboratorio para hacer el pre - análisis de metales pesados, luego se obtendrá 14 kg suelo contaminado, se homogenizará y se pondrá 2 kg en cada maceta en total serian 7.

Luego se procedió a realizar la siembra donde tendremos 7 macetas un testigo y 2 tratamientos con 2 repeticiones; seguidamente se procedió a sembrar 1 semilla por macetero; en el regadío se añadió los microorganismos eficientes los cuales se activarán de la siguiente manera:

- En 18 litros de agua mesclar 1 litro microorganismos eficientes más 1 litro de melaza, se dejará fermentar por 7 días bajo sombra.

Se regó 1 vez por semana. Se esperó que pase 3 meses aproximadamente para realizar el post – análisis químico; en ese lapso de tiempo se fue midiendo el crecimiento de la planta y contabilizando las hojas quincenalmente.

### **Frecuencia de riego de *helianthus annuus l.***

Tabla 2: Frecuencia de riego para añadir las dosis de microorganismos eficientes en los maceteros de *helianthus annuus l.*

<b>XI</b>		<b>X2</b>	
<b>H2O</b>	<b>EM (5%)</b>	<b>H2O</b>	<b>EM (10%)</b>
200 ml	10ml	200 ml	20 ml

Fuente: Elaboración propia

En la tabla N°2, la frecuencia de riego fue una vez por semana en el T1 se agregó 200 ml de agua + 10 ml de microorganismos eficientes activados y T2 se agregó 200 ml de agua + 20 ml de microorganismos eficientes activados.

### **Tratamientos**

Tabla 3: Tratamientos

<b>TRATAMIENTO</b>		
Testigo: Suelo contaminado + una planta de <i>helianthus annuus l</i> + H <sub>2</sub> O	<b>REPETICIONES</b>	
Tratamiento X1: Suelo contaminado + una planta <i>helianthus annuus l</i> + 5% de microorganismos eficientes + H <sub>2</sub> O	R1	R2
Tratamiento X2 Suelo contaminado + una planta <i>helianthus annuus l</i> + 10% de microorganismos eficientes + H <sub>2</sub> O	R1	R2

Fuente: Elaboración propia

## **Evaluación**

Después se procedió a efectuar el análisis de la muestra antes y después de haber realizado los tratamientos empleando la planta *helianthus annuus l.* y microorganismos eficientes con la finalidad de determinar el efecto fitoextractor de metales pesados. Posteriormente se tomaron los datos para poder analizar los resultados.

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

- La técnica empleada es la observación
- El instrumento de recolección de datos será una ficha técnica de observación

### **2.5. Método de análisis de datos**

Correspondió a un diseño completamente aleatorizado. Se realizó el análisis de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Anderson-Darling y Levene, respectivamente; posteriormente al cumplirse estos supuestos se realizó las pruebas paramétricas de análisis de varianza (ANVA), y a continuación, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey la cual comparó los resultados mediante la formación de subgrupos. Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95%. Para procesar los datos se utilizó el software Minitab versión 18.

### **2.6. Aspectos éticos**

Como investigadora del proyecto me comprometo a respetar la veracidad de los resultados, así como el espacio del suelo de muestreo para posteriormente realizar los análisis necesarios respetando la política de la universidad cesar Vallejo.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Análisis físico químico del suelo

Tabla 4: Análisis físico químico del suelo (pre prueba)

Muestra	MO(%)	P (ppm)	K (ppm)	pH (1:01)	Textura (U.S.D.A.)	CTC (meq/100g)
1	2.14	157.05	1080.4	5.55	Franca	17.07

Fuente: Laboratorio AGROLAB

En la tabla N°4, observamos un 2.14% de materia orgánica, 157 ppm de fosforo disponible, 1080 ppm de potasio disponible, es decir de muy alta concentración, un pH 5.55 ácido, de la misma manera se observa que la textura del suelo es franca con una alta capacidad de cambio.

#### 3.2. Análisis químico del suelo para determinar la presencia de metales pesados (pre análisis)

Tabla 5: Análisis químico del suelo para determinar la presencia de metales pesados.

Muestra	mg de metal /kg de tierra seca (A)							
	Pb	Fe	Mn	Cu	Cd	Zn	Hg	Cr
Pre/análisis	18.85	15.18	278.32	105.28	5.58	442.88	37.18	3.38

Fuente: Servicios de análisis y asesorías DELTAS S.R.L.

En la tabla N°5, observamos que el suelo de Samne efectivamente se encuentra contaminado con metales pesados tales como: (Pb, Fe, Mn, Cu, Cd, Zn, Hg, Cr)

### 3.3. Efecto de los microorganismos eficientes en la actividad fitoextractora *helianthus annuus* L.

Se muestra los resultados del análisis químico del suelo (post) en porcentaje de remoción.

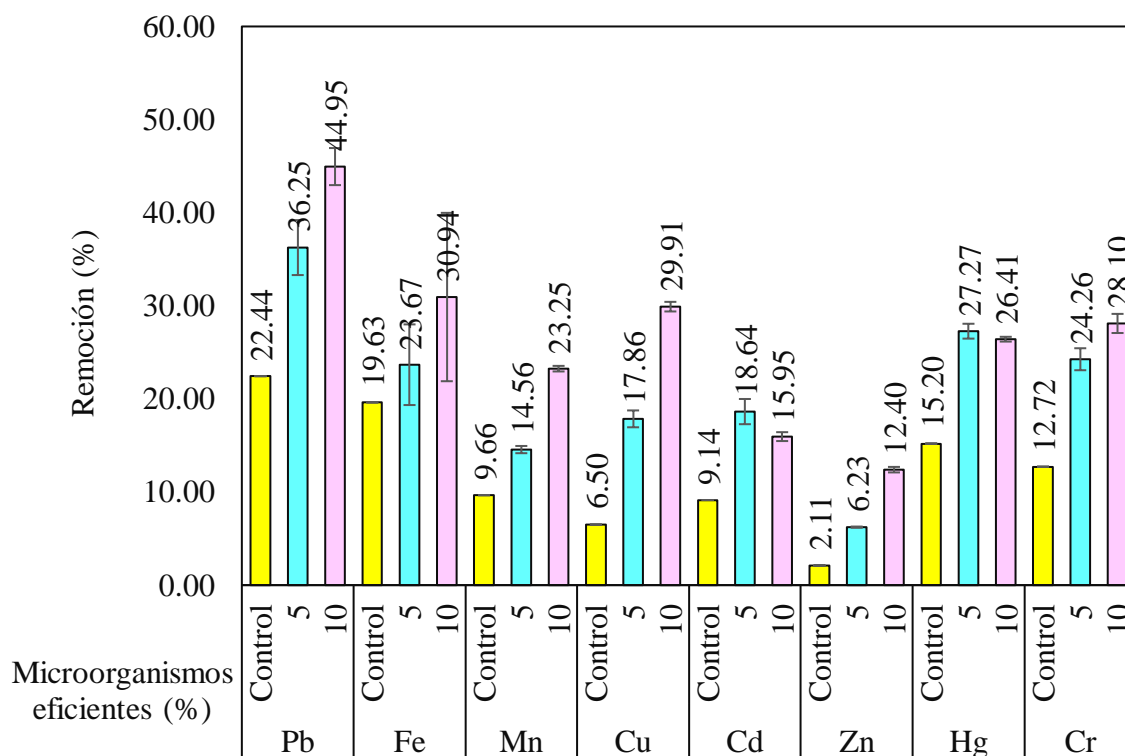


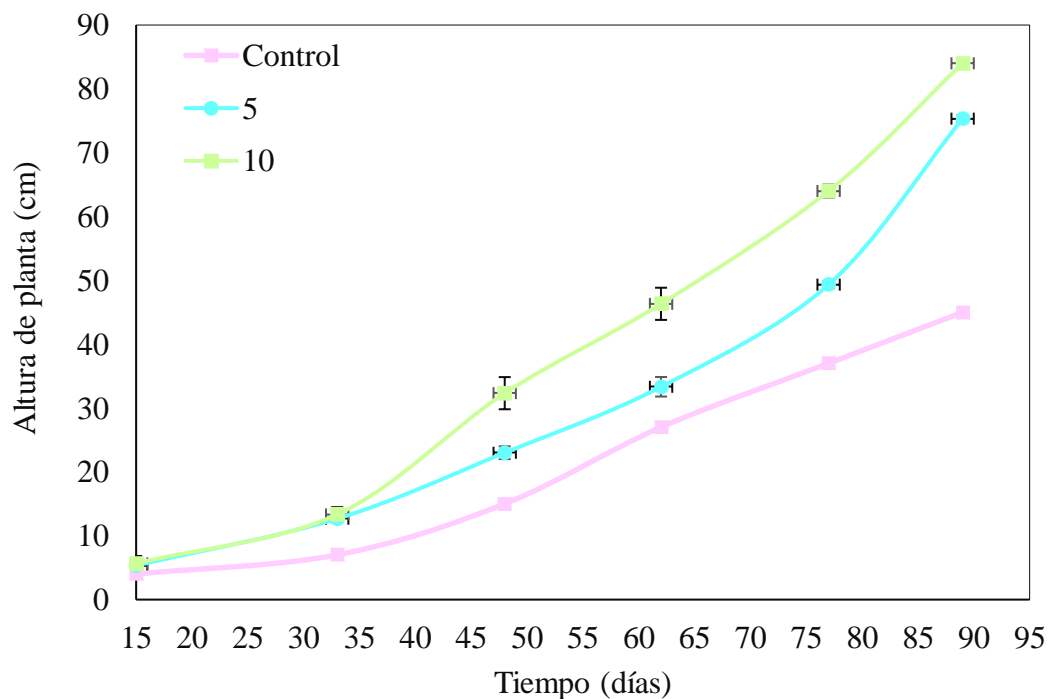
Figura 1: Porcentaje de remoción de metales pesados.

Fuente: Software Minitab versión 18

La Figura 1, presenta el porcentaje de remoción de metales pesados; donde mayor remoción hay en Pb (44.95%), seguido de Fe (30.94%), Cu (29.91%), Cr (28%), Hg (26%), Mn (23%), Cd (15.95%) con la aplicación del tratamiento 2 y en menor cuantía removió Zn (12.40%).

### 3.4. Crecimiento de *helianthus annuus l*

Se muestra el desarrollo de *helianthus annuus l* en 89 días aplicando el tratamiento 1 y tratamiento 2 y el testigo.



Fuente: Software Minitab versión 18.

Figura 2: Crecimiento de *helianthus annuus l* en cm.

La figura 2, presenta la altura de planta *helianthus annuus l* durante 89 días de proceso vegetativo, donde se observó un aumento de la altura de planta al transcurrir los días, siendo más notorio el tratamiento 2.

#### IV. DISCUSIÓN

En la tabla N°4, Se observa los resultados obtenidos de la caracterización de suelo, donde encontramos un 2.14% de materia orgánica. Según Pereira, César (2011), el suelo está compuesto por cuatro componentes y uno de ellos es el porcentaje de materia orgánica que está en un 5% indicando que si un suelo posee un valor acercado a ello o sobrepasa es porque es rico en materia orgánica. En los resultados vemos un 2.14% de materia orgánica la cual indica un suelo poco fértil es por ello que *helianthus annuus l.* en los primeros días fue lento su crecimiento y posteriormente fue mejorando al aplicar las dosis de microorganismos eficientes.

También se observa un pH 5.55 ácido, esto hace un imposible el desarrollo de las plantas, sin embargo, *helianthus annuus l* a demostrado adaptarse. Este valor de pH se encuentra dentro del intervalo de Ruiz et al., (1999) requerimientos agroecológicos de cultivos donde nos menciona que *helianthus annuus l.* se puede desarrollar bajo un rango de pH entre 4.0 y 8.5. la misma manera se observa que la textura del suelo es franca con una alta capacidad de cambio.

De acuerdo a Kidd y col., (2007) la acidez del suelo es un parámetro que determina la movilidad y la biodisponibilidad de los metales pesados en el suelo es por ello que encontramos gran concentración de ellos.

Según Doorenbos y Kassam, (1979) *helianthus annuus l.* se desarrolla en una amplia gama de suelos; en los resultados observamos que la textura del suelo es franca por lo tanto fue óptimo para el desarrollo. Además, se observa 157 ppm de fosforo disponible, 1080 ppm de potasio, es decir de alta concentración de nutrientes en forma no disponible para los cultivos, propios de la formación de los suelos arcillosos de la zona alta.

Tabla N°5: Se muestra el análisis químico del suelo para determinar la presencia de metales pesados donde observamos que el suelo de Samne efectivamente se encuentra contaminado con metales pesados tales como: (Pb, Fe, Mn, Cu, Cd, Zn, Hg, Cr); estos resultados se deben a que es un lugar minero por ende al realizar sus diferentes procesos van a contaminar el suelo; sin embargo estos metales suelen representar una alta toxicidad para las plantas, microorganismos y la calidad de suelo según Cañizares Villanueva, (2000).



En la figura 1, muestra el porcentaje de remoción de metales pesados donde se observa que mayor remoción obtuvo el Pb (44.95%), seguido de Fe (30.94%), Cu (29.91%), Cr (28%), Hg (26%), Mn (23%), Cd (15.95%) con la aplicación de la dosis de microorganismos eficientes al 10%. En menor cuantía los microorganismos eficientes removieron Zn, con la concentración de 10% fue de 12.40%, por lo tanto, se puede decir que el tratamiento 2 fue el mejor y los microorganismos eficientes junto a *helianthus annuus l* tienden a disminuir las concentraciones iniciales de estos metales pesados. Esto mismo encontró VARGAS, Muñoz (2013) pero usando micorrizas arbusculares quien solo experimenta con dos metales Pb y Cd tuvo concentraciones iniciales de 0 (testigo), 400, 800 y 1000 mg·kg de Pb y cuatro dosis de Cd: 0 (testigo), 37, 60 y 120 mg·kg-1 donde al utilizar la misma especie *helianthus annuus l* y al adicionar ciertas cantidades de micorrizas llegan a mejorar la fitoextracción de la especie demostrando más extracción de Pb pero en Cd con o sin la adición de micorrizas arbusculares la planta no absorbe este metal caso contrario muestra este trabajo de investigación ya que usando dosis de microorganismos eficientes y la especie *helianthus annuus l* si llega a absorber Cd pero no hay diferencia en los dos tratamientos aplicados; también esta investigación da a conocer 8 metales pesados que los microorganismos eficientes junto a la especie llegan a fitoextraer. En cambio Lizarbe et al.,(2013) utilizó una mezcla de material orgánico e inorgánico; humus, musgo, arena y aserrín en diferentes porcentajes de relave minero T1 100% relave T2 75 % relave + 25% acondicionador T3 50% relave + 50% acondicionador T4 25% de relave +75% de acondicionador con dos tipos de siembra directa y trasplante obteniendo como resultado una mayor acumulación en el T2 con siembra directa. con esto se demuestra que *helianthus annuus l* es una planta acumuladora de metales pesados en por lo tanto es favorable para la fitoextracción.

En la figura 2 se presenta la altura del *helianthus annuus l* a los 89 días del periodo vegetativo, donde se observó que el cultivo de girasol con 10% de microorganismos eficaces presentó mayor altura (84.00 cm) seguido del 5% (75.33 cm) y finalmente el control con 45.00 cm. Esto mismo demuestra RECHARTE, David (2015) pero con diferente especie *Lycopersicon esculentum*, mill (tomate) que al añadir las diferentes dosis de microorganismos

eficientes (12.5 cc, 25 cc y 50 cc), mostraron diferencias muy marcadas entre ellas. En general las dosis de 25 cc con intervalos de aplicación de 14 días incrementaron el tamaño de las plantas, 90 días;

El análisis indica que, para la actividad agrícola, los microorganismos eficientes son altamente recomendables como micro organismos aeróbicos en el suelo, mejorando la calidad química y biológica.

Las plantas se ven favorecidas en el crecimiento, teniendo en cuenta que el aporte húmico de los microorganismos eficientes no es nocivo, ni genéticamente modificados y no forman parte de compuestos químicos-sintéticos, es decir contribuyen con el medio ambiente y de esta manera es una alternativa estos biofertilizantes de microorganismos eficientes.

## V. CONCLUSIONES

- Se concluye que existe un efecto positivo en los microorganismos eficientes con respecto a la actividad fitoextractora *helianthus annuus l*; porque ambos tratamientos llegan a remover metales pesados pero el tratamiento (T2) fue el mejor con lo siguiente: Pb (44.95%), seguido de Fe (30.94%), Cu (29.91%), Cr (28%), Hg (26%), Mn (23%), Cd (15.95%); en menor cuantía removió Zn (12.40%)
- Se analizó los parámetros físico químicos del suelo tales como: materia orgánica, fosforo, potasio, pH, textura y capacidad total de cambio; estos análisis demuestran la poca fertilidad del suelo específicamente por bajo porcentaje en materia orgánica, pH ácido y altos contenidos de nutrientes, pero no aptos para un suelo agrícola.
- Se determinó la altura de planta *helianthus annuus l* durante 89 días de proceso vegetativo, donde se observó un aumento de la altura de planta al transcurrir los días, siendo más notorio en el cultivo con microorganismos eficientes al 10%.
- En la remoción de Cd en el tratamiento 1 y tratamiento 2 no hay diferencia (estadísticamente son iguales) porque ambos tratamientos remueven la misma cantidad de metales pesados.

## VI. RECOMENDACIONES

- Evaluar a la especie *helianthus annuus l* hasta su etapa de maduración, para determinar si existe incremento de remoción de metales pesados.
- Es importante un estudio bromatológico de la especie *helianthus annuus l* finalizado los tratamientos, con el objetivo de analizar en qué órganos de la planta se alojan los metales pesados extraídos.
- Realizar un estudio económico con el mejor resultado obtenido en esta investigación para evaluar la viabilidad de aplicación de *helianthus annuus l* junto a microorganismos eficientes para fitoextracción de metales pesados de suelos contaminados por minería.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ACEVEDO, Vanessa [et al]. “Contaminación del suelo en la zona minera de rasgatá bajo (tausa). modelo conceptual”. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina [en línea]. Mayo-febrero, 2016, n°1, Vol 26. Colombia. [Fecha de consulta: 18 de octubre del 2017]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/911/91145342005.pdf>

ISSN: 0124-8170

CARRASCO, Adriana [et al]. Metales pesados y biodisponibilidad [en línea]. Chile: Facultad de ciencias Agronómicas, 2008 [ fecha de consulta: 12 de octubre de 2017]. Capítulo 5.

Disponible en: <https://es.scribd.com/document/360325159/Lectura6-Biodiponibilidad-Metales-A-Carrasco-et-al-2005-pdf>

CARHUARICRA AVELINO, Gilda. “Eficacia de la fitoextracción para la remediación de suelos contaminados en villa de Pasco”. Tesis (Maestro en investigación y docencia universitaria con mención en investigación científica y tecnológica). Universidad Nacional Del Callao. Lima.2013.150p.

CONCHA ALCAINO, Ignacio Guillermo. “Análisis y comparación de tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales”. Tesis (Título de Ingeniero civil químico e ingeniero civil biotecnología). Universidad de Chile. Chile.2012. 63p.

CORCUERA HORNA, Cesar. “Impacto de la contaminación de la minería informal en el cerro el toro – Huamachuco”. Tesis (Maestro en ciencias con mención en gestión de riesgos ambientales y seguridad en las empresas). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo.2015.70p.

CROSARA, Alicia. El suelo y los Problemas Ambientales [en línea]. México. 2007, p.74. [Fecha de consulta: 20 octubre de 2017]. Disponible en: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Suelos%20y%20problemas%20ambientales.pdf>

Fitoextracción ¿qué es realmente? [en línea]. RiverPhy Lorca. 2014. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://liferiverphy.eu/web/fitoextraccion-que-es-realmente/>

GUEVARA; Beatriz. Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. Revista Tecnología en Marcha. Costa Rica. [en línea]. 2008, n°1. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2017] Disponible en: [http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/1352](http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1352)

ISSN: 0379-3982

HERNÁNDEZ, Adela. “Determinación de metales pesados en suelos de Natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca”. Tesis (Licenciada en ciencias ambientales) [en línea]. Oaxaca: Universidad de la Sierra de Juárez de México, 2011. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/document.pdf>

HERNANDEZ PINEDA, Rosario. “Presencia de hongos micorrizicos arbusculares y contribución de glomus interadices en la absorción y translocación de cinc y cobre en girasol ( helianthus annuus L.) crecido en un suelo contaminado con residuos de mina”. Tesis (doctor en ciencias, área biotecnología). Universidad de colima. México. 2004.149p.

HERNANDEZ, Roberto; FERNANDEZ, Carlos. Metodología de la investigación. 5°ed.Mexico: McGRAW-HILL, 2010. 656p.ISBN:978-607-15-02919.

Humedad de los suelos de diferente textura [en línea]. TRACXO. 2010. [fecha de consulta: 11 de setiembre de 2017].

Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/economia/>. Fecha de consulta 20 de octubre del 2017.

LIZARBE, Katherine y RIVERA, Yaslin. “Optimización del crecimiento de *Helianthus annuus* L. (GIRASOL) para la fito extracción del plomo, zinc y cadmio de relaves minero artesanal del caserío de Zarumilla, Pataz”. Tesis (Título de ingeniero ambiental). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. 2013. 90p.

MEJÍA, Cecilia. “Metales pesados en suelos y planta: Contaminación y Fitotoxicidad”. Tesis (M (o) ciencia de los alimentos) [en línea]. Huacho: Universidad Nacional José Bautista Sánchez Carrión de Perú, 2011. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/204360496/METALES-PESADOS-EN-SUELOS-Y-PLANTAS-CONTAMINACION-Y-FITOTOXICIDAD>

MORENO, Eduardo. [et al]. “Plant-Based Methods For Remediating Arsenic-Polluted Mine Soils In Spain”. Tesis: (Doctorado) [en línea]. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2010. Disponible en: <https://repositorio.uam.es/handle/10486/4754>

NAVARRO. Aviño. [et al]. Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Revista Científica Ecología y Medio Ambiente [en línea]. Mayo, 2011, n°2. Valencia. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2017]. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/125>

PEREIRA, César [et al]. Edafología 1 [en línea]. 1° ed. Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. 2011 [fecha de consulta: 22 de octubre 2017]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>

PINEDA RECHARTE, Carlos. “Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos en el rendimiento del cultivo de tomate (*lycopersicum esculentum*, mill) en San Gabriel – Abancay”. Tesis (título de bachiller en ciencias agrarias. Universidad Tecnológica de los Andes. Abancay. 2015.130p

RODRIGUEZ CHAVEZ. “Fitoremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo”. Tesis( Título de ingeniería ambiental). Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. 2014.114p.

TRAXCO. “Humedad en suelos de diferentes texturas” [en línea]. España. 2009. [fecha de consulta 11 de octubre del 2017].

Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>

TOALOMBO IZA, Rita. “Evaluación de microorganismos eficientes autoctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*allium fistulosum*)”.



Tesis (título de ingeniería agrónoma). Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 2012.95p.

VARGAS MUÑOZ. “Influencia de las micorrizas arbusculares en la fitoextracción con girasol en suelos contaminados por Pb Y Cd”. Tesis (título de biólogo). Universidad Nacional Autónoma de México. México. 2013.60p.

VILLAVICENCIO BELTRAN. “Fitoextracción en suelos contaminados con Cadmio y Zinc usando especies vegetales comestibles”. Tesis (maestra en ciencias de Ingeniería ambiental). Universidad Autónoma Metropolitana. Mexico.2001.176p.

ZARE GARCIA. “Capacidad remediadora y bioacumuladora de los órganos de helianthus annuus l. (girasol) cuando son sometidas a diferentes concentraciones de plomo”. Tesis (maestro en ciencias). Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo. 2009.52p.

## VIII. ANEXOS

Tabla 6: Indicadores químicos

Indicadores Químicos de la Calidad del suelo		
Indicadores	Relación con las funciones y condiciones del suelo	Valores o unidad relevantes
Contenido en materia orgánica	Fertilidad de suelo, estabilidad y grado de erosión, potencial productivo	kg (C ó N)/ha
pH	Actividad química y biológica	Comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Actividad microbiológica y crecimiento de plantas	dS/m; comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
N, P, K extraíbles	Disponibilidad de nutrientes para las plantas, indicadores de productividad y calidad ambiental	kg/ha; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos
Capacidad de intercambio catiónico	Fertilidad del suelo, potencial productivo	mol/kg
Metales pesados disponibles	Niveles tóxicos para el crecimiento de las plantas y la calidad del cultivo	Concentraciones máximas en agua de riego

Fuente: MINAM

## ANALISIS ESTADISTICO

Tabla 7: Crecimiento de *helianthus annuus l* y número de hojas

<b>FECHAS DE MEDIDA DE <i>HELIANTHUS ANNUUS L</i></b>						
<b>FECHA 25/02/18</b>			<b>FECHA 12/03/18</b>		<b>FECHA 27/03/18</b>	
	<b>Tamaño(cm)</b>	<b>Número de hojas</b>	<b>Tamaño(cm)</b>	<b>Número de hojas</b>	<b>Tamaño(cm)</b>	<b>Número de hojas</b>
GC	4	4	7	4	15	4
T1	6	4	13	6	24	6
RT 1	5	4	13	6	23	6
RT 1	5	4	12	6	22	6
T2	7	4	14	6	35	4
RT 2	5	4	14	6	32	4
RT 2	5	4	12	6	30	4
<b>FECHAS DE MEDIDA DE <i>HELIANTHUS ANNUUS L</i></b>						
<b>FECHA 11 /04/18</b>			<b>FECHA 26/04/18</b>		<b>FECHA 08/05/18</b>	
	<b>Tamaño (cm)</b>	<b>Número de hojas</b>	<b>Tamaño(cm)</b>	<b>Número de hojas</b>	<b>Tamaño(cm)</b>	<b>Número de hojas</b>
GC	27	4	37	6	45	8
T1	35	8	50	10	76	12
RT 1	33	7	49	10	75	12
RT 1	32	6	49	10	75	11
T2	49	8	65	11	84	13
RT 2	46	8	63	10	84	13
RT 2	44	8	64	10	84	13

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Porcentaje de remoción de metales pesados

	GRUPO EXPERIMENTAL			GRUPO CONTROL	
	% DE REMOCIÓN				
	T1		T2		
<b>Pb</b>	33.37	36.25	43.29	44.95	22.44
	36.13		47.16		
	39.26		44.40		
<b>Fe</b>	28.66	23.67	29.91	30.94	19.63
	20.82		40.45		
	21.54		22.46		
<b>Mn</b>	14.86	14.56	22.92	23.25	9.66
	14.12		23.31		
	14.69		23.51		
<b>Cu</b>	17.67	17.86	30.47	29.91	6.5
	17.06		29.46		
	18.84		29.79		
<b>Cd</b>	18.46	18.64	16.13	15.95	9.14
	17.38		16.31		
	20.07		15.41		
<b>Zn</b>	6.30	6.23	12.37	12.40	2.11
	6.18		12.12		
	6.20		12.71		
<b>Hg</b>	28.11	27.27	26.17	26.41	15.2
	26.52		26.68		
	27.19		26.39		
<b>Cr</b>	25.44	24.26	27.51	28.10	12.72
	24.26		27.51		
	23.08		29.29		

Fuente: Servicios de Análisis y Asesorías DELTAS

## PRUEBA DE NORMALIDAD

**Ho:** Cumple con el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianzas =  $p > 0.05$

**Ha:** No cumple con el supuesto de normalidad y homogeneidad de varianzas =  $p < 0.05$

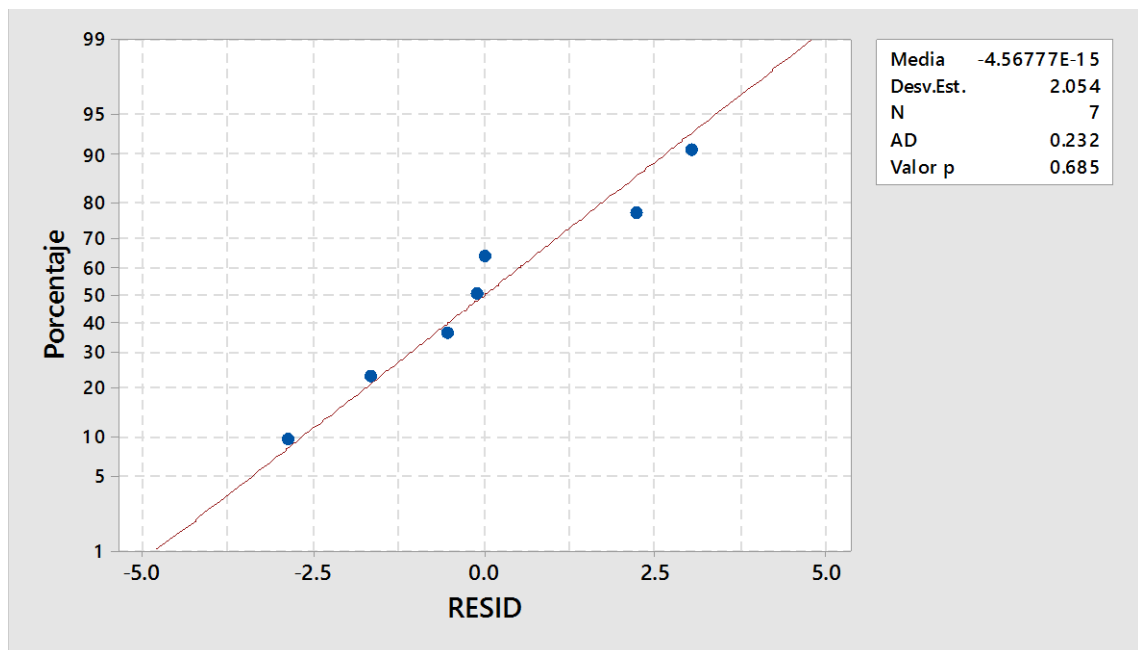
Tabla 9: Supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas modificada para el porcentaje de remoción de metales pesados y altura de planta de *helianthus annuus l.*

Variable	Normalidad		Homogeneidad de varianzas	
	Anderson-Darling	p	Levene	p
<b>Pb</b>	0.232	0.685	0.280	0.625
<b>Fe</b>	0.262	0.578	0.770	0.430
<b>Mn</b>	0.345	0.367	0.060	0.818
<b>Cu</b>	0.235	0.676	0.430	0.547
<b>Cd</b>	0.225	0.713	1.310	0.316
<b>Zn</b>	0.472	0.162	2.180	0.214
<b>Hg</b>	0.302	0.476	1.560	0.280
<b>Cr</b>	0.382	0.291	0.070	0.799
<b>Altura de planta (cm)</b>	0.261	0.580	0.500	0.519

Fuente: Software Minitab versión 18.

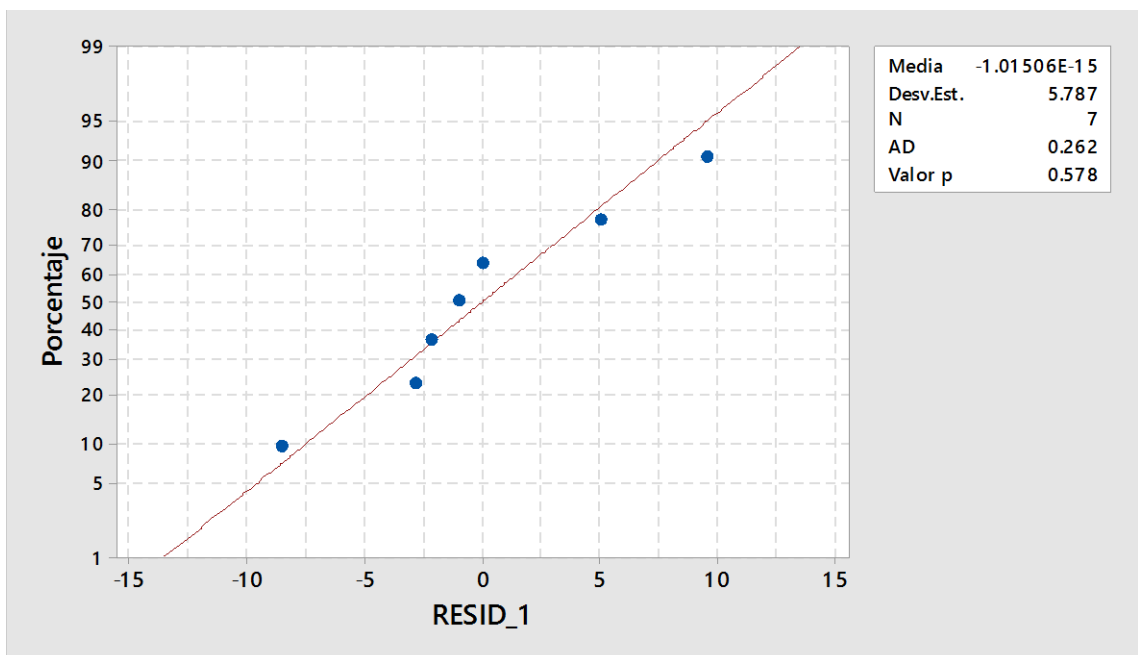
En la tabla 9, se realizó la prueba de Anderson-Darling que indicó que los residuales para todas las variables se distribuyen normalmente ( $p > 0.05$ ), además de existir homogeneidad de varianzas ( $p > 0.05$ ) según la prueba de Levene, por lo que se procesó esta información con pruebas paramétricas.

### Prueba de Anderson-Darling:



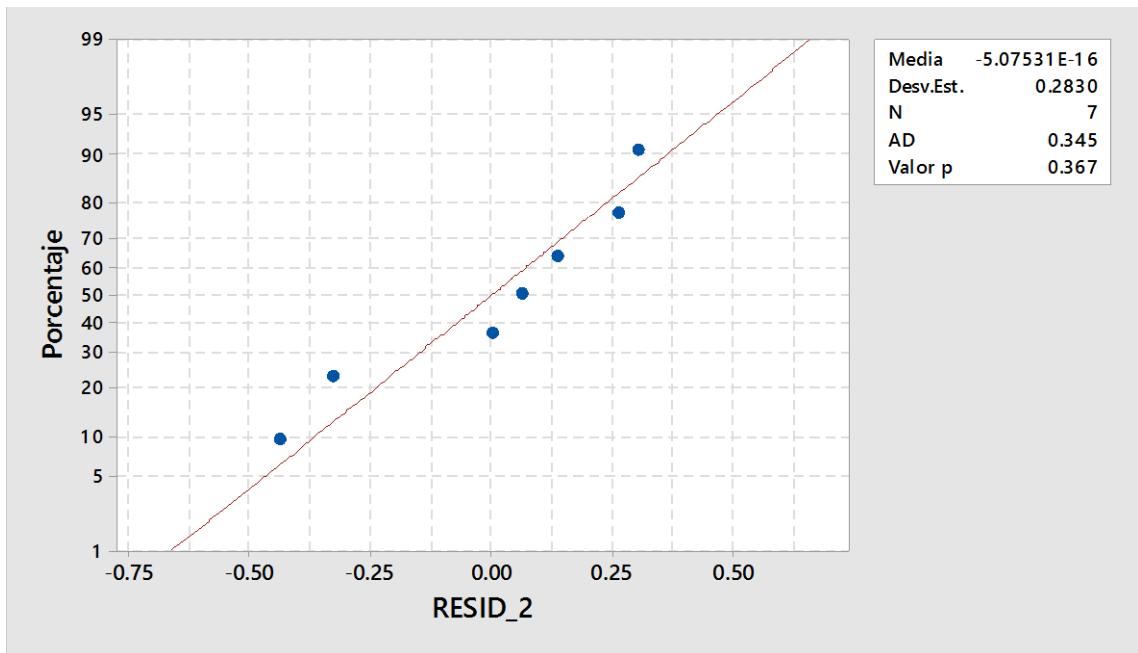
Fuente: Software Minitab versión 18

Figura 3: De probabilidad para el Pb



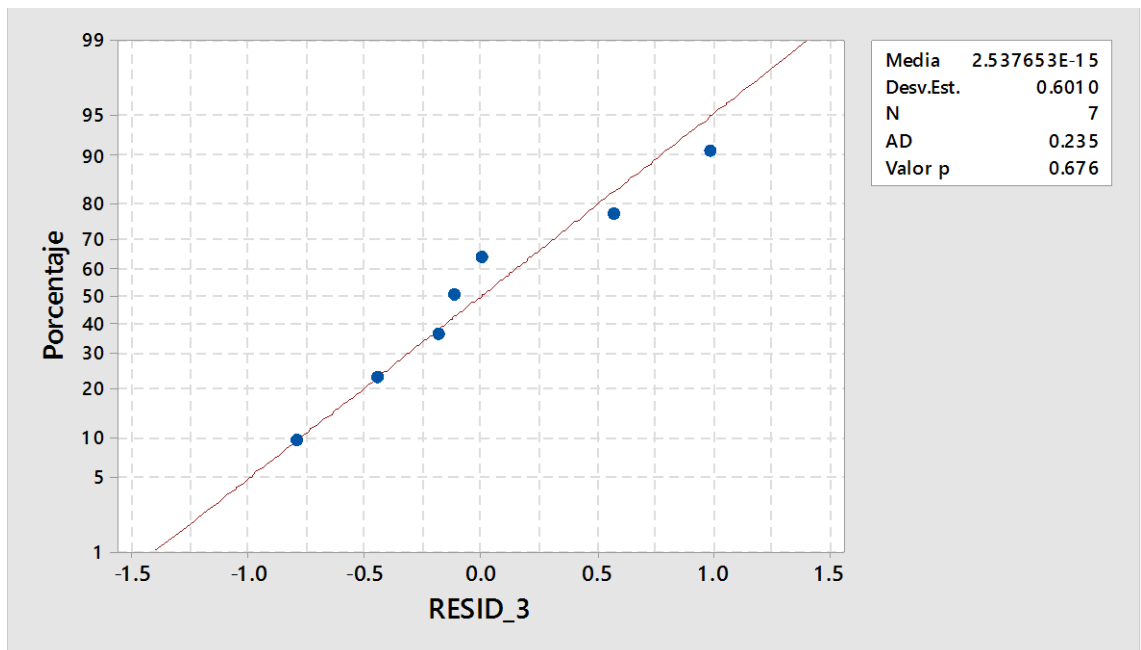
Fuente: Software Minitab versión 1

Figura 4: De probabilidad para el Fe



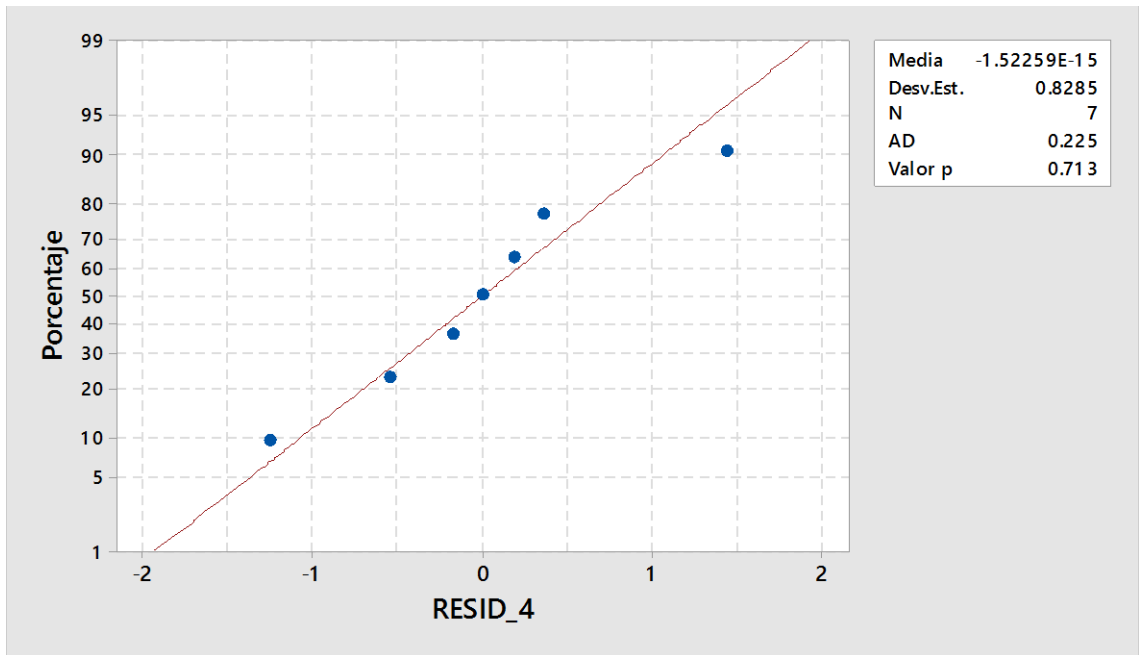
Fuente: Software Minitab versión 18

Figura 5: De probabilidad para el Mn



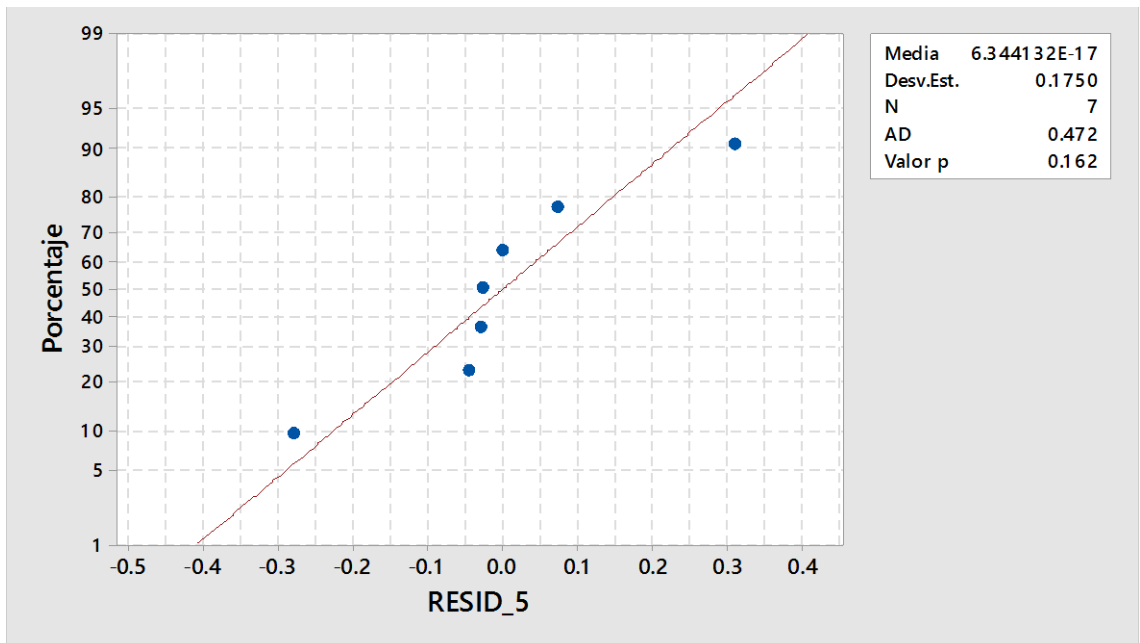
Fuente: Software Minitab versión 18

Figura 6: De probabilidad para el Cu



Fuente: Software Minitab versión 18

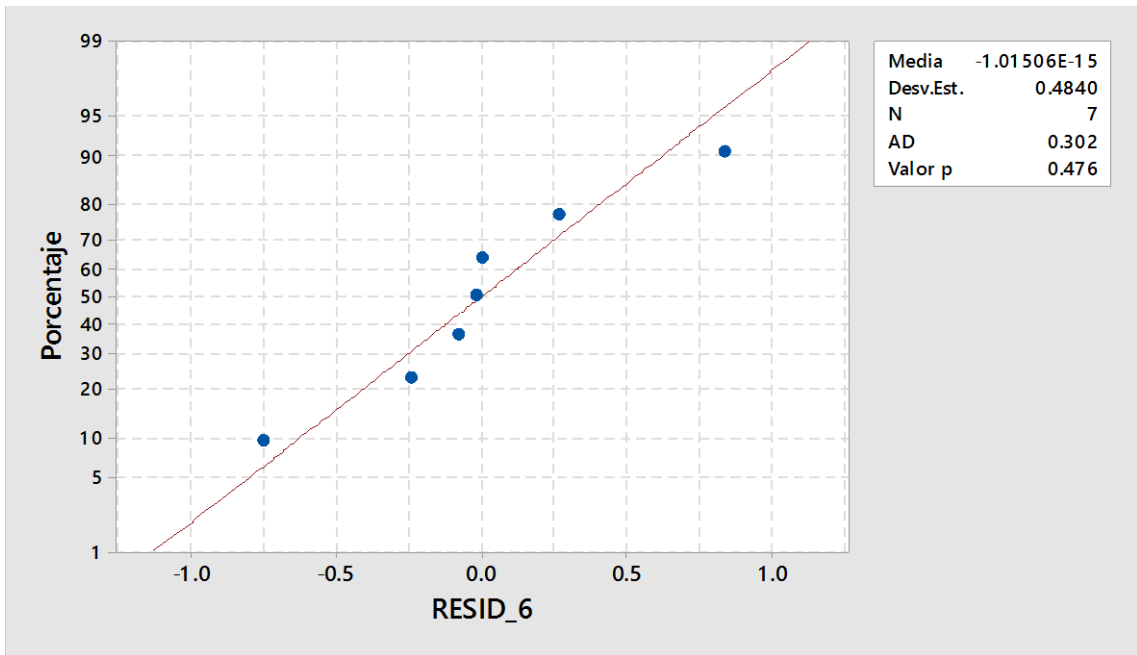
Figura 7: De probabilidad para el Cd



Fuente: Software Minitab versión 18

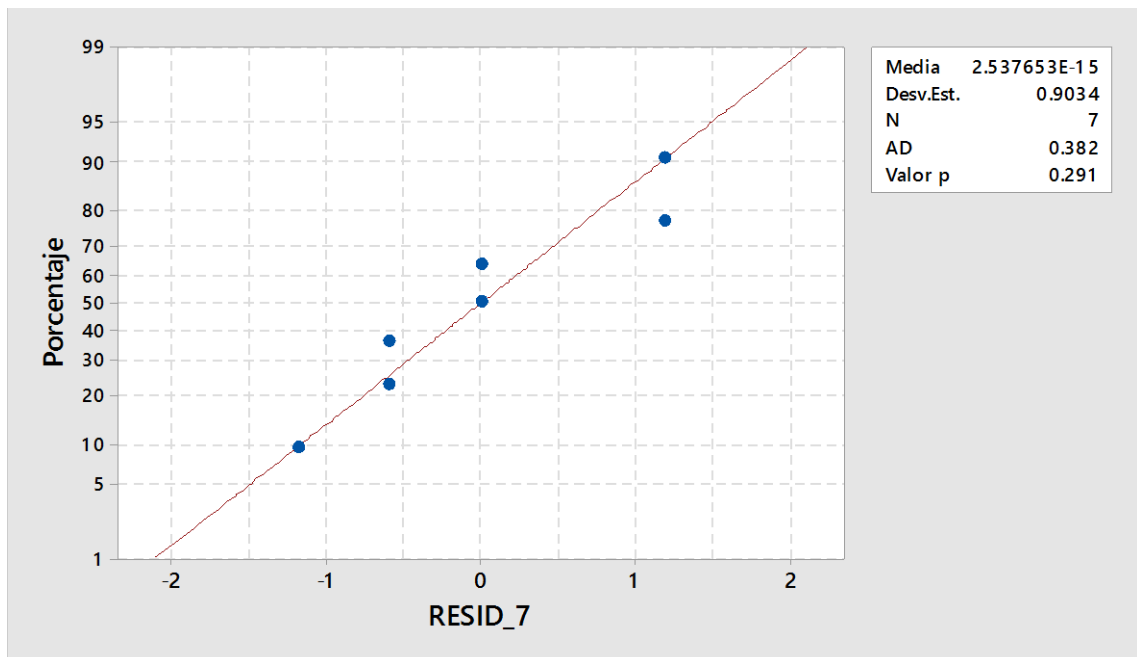
Figura 8: De probabilidad para el Zn





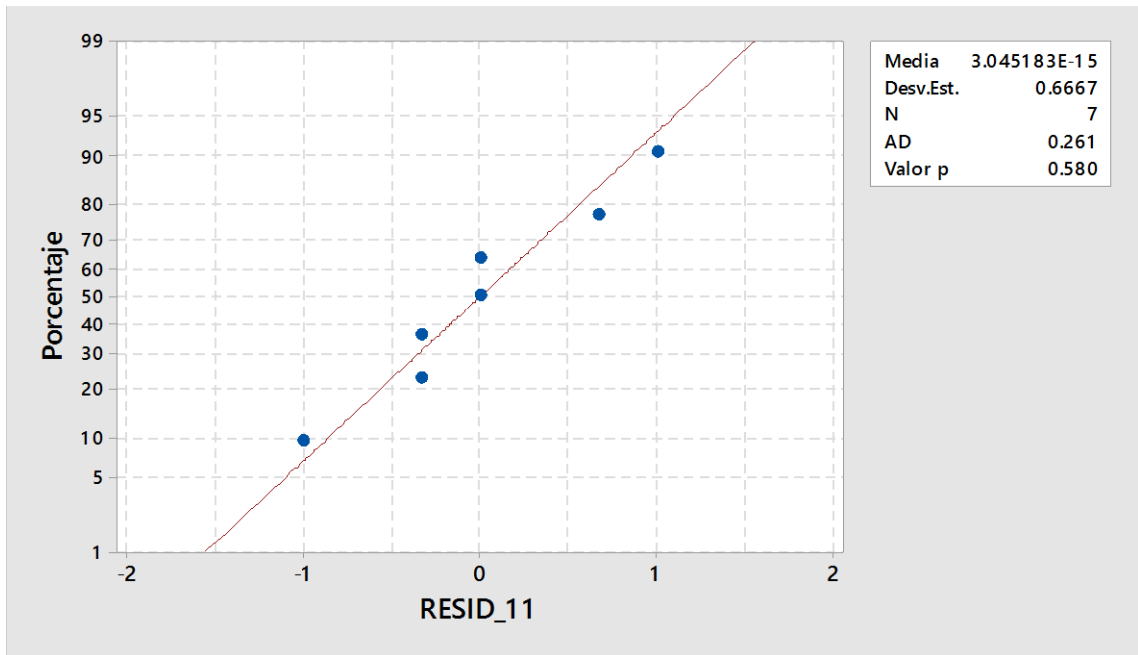
Fuente: Software Minitab versión 18

Figura 9 : De probabilidad para el Hg



Fuente: Software Minitab versión 18

Figura 10: De probabilidad para el Cr



Fuente: Software Minitab versión 18

Figura 11: De probabilidad para altura de planta

## ANÁLISIS DE VARIANZA

Tabla 10: Análisis de varianza aplicada a los valores para el porcentaje de remoción de metales pesados.

Variable	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Pb	Microorganismos	2	396.17	198.087	31.300	0.004
	Error	4	25.31	6.328		
	Total	6	421.48			
Fe	Microorganismos	2	129.7	64.86	1.290	0.369
	Error	4	201	50.24		
	Total	6	330.7			
Mn	Microorganismos	2	186.481	93.2407	776.140	0.000
	Error	4	0.481	0.1201		
	Total	6	186.962			
Cu	Microorganismos	2	476.766	238.383	440.040	0.000
	Error	4	2.167	0.542		
	Total	6	478.933			
Cd	Microorganismos	2	67.807	33.904	32.930	0.003
	Error	4	4.118	1.03		
	Total	6	71.926			
Zn	Microorganismos	2	101.641	50.8203	1106.790	0.000
	Error	4	0.184	0.0459		
	Total	6	101.824			
Hg	Microorganismos	2	117.31	58.6549	166.950	0.000
	Error	4	1.405	0.3513		
	Total	6	118.715			
Cr	Microorganismos	2	177.485	88.743	72.490	0.001
	Error	4	4.897	1.224		
	Total	6	182.382			

Fuente: Software Minitab versión 18.

En la tabla 10, el análisis de varianza (ANOVA) indica que la aplicación de microorganismos eficientes presentó efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la remoción de Pb, Mn, Cu, Cd, Zn, Hg y Cr en suelos contaminados por minería; con referencia a remoción de Fe no se evidenció efecto de los microorganismos eficientes.

Tabla 11: Análisis de varianza aplicada a los valores para crecimiento de *helianthus annuus l*

Variable	Fuente	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media cuadrática	F	p
Altura de planta (cm)	Microorganismos	2	1142.76	571.381	857.070	0.000
	Error	4	2.67	0.667		
	Total	6	1145.43			

Fuente: Software Minitab versión 18

El análisis de varianza indica que la aplicación de microorganismos eficaces presentó efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre la altura de planta de *Helianthus annuus L*

#### METODO DE TUKEY Y UNA CONFIANZA DEL 95%

- ✓ ordena de mayor a menor valor promedio
- ✓ letras iguales promedios estadísticamente iguales
- ✓ letras diferentes tratamientos estadísticamente diferentes

Tabla 12: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Pb

Microorganismos eficientes (%)	Remoción de Pb (%)	Agrupación
10	44.95	A
5	36.25	B
Control	22.44	C

Fuente: Software Minitab versión 18.

En la tabla 12, la prueba de Tukey determinó que la aplicación de 10% de microorganismos eficientes permitió mayor remoción de plomo (44.95%) en suelos contaminados por minería.

Tabla 13 : Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Mn

Microorganismos eficientes (%)	Remoción de Mn (%)	Agrupación
10	23.25	A
5	14.56	B
Control	9.66	C

Fuente: Software Minitab versión 18.

En la tabla 13, la prueba de Tukey determinó que la aplicación de 10% de microorganismos eficientes permitió mayor remoción de hierro (23.25%) en suelos contaminados por minería.

Tabla 14: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Cu

<b>Microorganismos eficientes (%)</b>	<b>Remoción de Cu (%)</b>	<b>Agrupación</b>	
10	29.91	A	
5	17.86		B
Control	6.50		C

Fuente: Software Minitab versión 18.

En la tabla 14, la prueba de Tukey determinó que la aplicación de 10% de microorganismos eficientes permitió mayor remoción de cobre (29.91%) en suelos contaminados por minería.

Tabla 15: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Cd

<b>Microorganismos eficientes (%)</b>	<b>Remoción de Cd (%)</b>	<b>Agrupación</b>	
5	18.64	A	
10	15.95	A	
Control	9.14		B

Fuente: Software Minitab versión 18.

En la tabla 15, la prueba de Tukey determinó que la aplicación de 5 y 10% de microorganismos eficientes permitió mayor remoción de cadmio con 18.64 y 15.95%, respectivamente (estadísticamente iguales al presentar la misma letra) en suelos contaminados por minería.

Tabla 16: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Zn

<b>Microorganismos eficientes (%)</b>	<b>Remoción de Zn (%)</b>	<b>Agrupación</b>	
10	12.40	A	
5	6.23		B
Control	2.11		C

Fuente: Software Minitab versión 18.

En la tabla 16, la prueba de Tukey determinó que la aplicación de 10% de microorganismos eficientes permitió mayor remoción de zinc (12.40%) en suelos contaminados por minería.

Tabla 17: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Hg

<b>Microorganismos eficientes (%)</b>	<b>Remoción de Hg (%)</b>	<b>Agrupación</b>
5	27.27	A
10	26.41	A
Control	15.20	B

Fuente: Software Minitab versión 18.

En la tabla 17, la prueba de Tukey determinó que la aplicación de 5 y 10% de microorganismos eficaces permitió mayor remoción de mercurio con 27.27 y 26.41%, respectivamente (estadísticamente iguales al presentar la misma letra) en suelos contaminados por minería.

Tabla 18: Método de Tukey para el porcentaje de remoción de Cr

<b>Microorganismos eficientes (%)</b>	<b>Remoción de Cr (%)</b>	<b>Agrupación</b>
10	28.10	A
5	24.26	B
Control	12.72	C

Fuente: Software Minitab versión 18.

En la tabla 18, la prueba de Tukey determinó que la aplicación de 10% de microorganismos eficientes permitió mayor remoción de cromo (28.10%) en suelos contaminados por minería.

Tabla 19: Método de Tukey para altura de planta *helianthus annuus l*

<b>Microorganismos eficientes (%)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>Agrupación</b>
10	84.00	A
5	75.33	B
Control	45.00	C

Fuente: Software Minitab versión 18.

En la tabla 19, la prueba de Tukey determinó que la aplicación de 10% de microorganismos eficientes presentó mayor altura de planta (84.00 cm).

## UBICACIÓN DE SAMNE – OTUZCO -LA LIBERTAD



Figura 12: Ubicación Samne

Fuente: Google maps



SERVICIOS DE ANÁLISIS Y ASESORÍA  
**DELTAS** S.R.L.

**REPORTE DE ANÁLISIS**

SOLICITANTE : MARBELIT NATIVIDAD MELGAREJO CABALLERO  
MUESTRA : TIERRAS – RELAVES MINEROS  
PROCEDENCIA : SAMNE – OTUZCO  
FECHA DE INGRESO : 09 DE MAYO DE 2018

Muestra	mg de metal / kg de tierra seca (A)			
	Pb	Fe	Mn	Cu
T1	12,56	10,83	236,96	86,68
T1-R	12,04	12,02	239,02	87,32
T1-R	11,45	11,91	237,44	85,44
T2	10,69	10,64	214,52	73,20
T2-R	9,96	9,04	213,44	74,16
T2-R	10,48	11,77	212,88	73,92
TESTIGO	14,62	12,20	251,44	98,44
PRE-A	18,85	15,18	278,32	105,28

Muestra	mg de metal / kg de tierra seca (A)			
	Cd	Zn	Hg	Cr
T1-R	4,55	414,98	26,73	2,52
T1-R	4,61	415,52	27,32	2,56
T1-R	4,46	415,40	27,07	2,60
T2-R	4,68	388,08	27,45	2,45
T2-R	4,67	389,20	27,26	2,45
T2-R	4,72	386,60	27,37	2,39
TESTIGO	5,07	433,52	31,53	2,95
PRE-A	5,58	442,88	37,18	3,38

(A) Método de absorción atómica a la llama

Trujillo 14 de mayo 2018

ING. NOÉ COSTILLA SÁNCHEZ  
JEFE DE LABORATORIO  
CIP 18715 / PERITO QUÍMICO



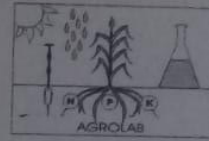
Fuente: Servicios de Análisis y Asesorías DELTAS

Figura 13: Análisis químico del suelo pre y post



# AGROLAB

Los análisis de suelos son la base de una buena fertilización,  
y de una alta producción




Remitente : MALBERIT MELGAREJO  
Lugar : Samne, Otuzco  
Fecha de Recepción : 09/ Mayo / 2018  
Fecha de Análisis : 11/ Mayo / 2018

## ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

MUESTRA	M.O. %	P ppm	K ppm	pH 1:1	% SATURAC.	CE <sub>ES</sub> mS/cm (Estimado)	CaCO <sub>3</sub> %
Muestra 1	2.14	157.05	1080.40	5.55	45.0	10.133	1.20

## ANÁLISIS TEXTURAL y CAPACIDAD TOTAL DE CAMBIO

TURNO Y SUB TURNO	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS			TEXTURA (U.S.D.A.)	C.T.C. meq/100g
	ARENA	LIMO	ARCILLA		
Muestra 1	34.75	48.75	16.50	Franca	17.07

  
Ing. M. Sc. Sergio Valdivia Vega  
EXPERTO EN SUELOS

Fuente: Laboratorio AGROLAB

Figura 14: Pre análisis físico químico del suelo

FECHA DE 1° MEDIDA



Testigo:  
Tamaño: 4 cm  
Numero de hojas: 4



**Tratamiento 1**  
Tamaño: 5 cm  
Numero de hojas: 4



**Tratamiento 1 R1**  
Tamaño: 5 cm  
Numero de hojas: 4



**Tratamiento 1 R1**  
Tamaño: 6 cm  
Numero de hojas: 4



**Tratamiento 2**  
Tamaño: 5 cm  
Numero de hojas: 4



**Tratamiento 2 R2**  
Tamaño: 5cm  
Numero de hojas: 4



**Tratamiento 2 R2**  
Tamaño: 7 cm  
Numero de hojas: 4

FECHA DE 2° MEDIDA



TESTIGO

Testigo:  
Tamaño: 7 cm  
Numero de hojas: 4



**Tratamiento 1**  
Tamaño: 13 cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 1 R1**  
Tamaño: 12 cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 1 R1**  
Tamaño: 13 cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 2**  
Tamaño: 14 cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 2 R2**  
Tamaño: 14 cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 2**  
Tamaño: 12 cm  
Numero de hojas: 6



FECHA DE 3° MEDIDA



TESTIGO

Testigo:  
Tamaño: 15 cm  
Numero de hojas: 4



**Tratamiento 1**  
Tamaño: 24 cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 1**  
Tamaño: 22 cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 1**  
Tamaño: 23cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 2**  
Tamaño: 32 cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 2**  
Tamaño: 30 cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 2**  
Tamaño: 35 cm  
Numero de hojas: 6

FECHA DE 4° MEDIDA



Testigo:  
Tamaño: 27 cm  
Numero de hojas: 4



**Tratamiento 1**  
Tamaño: 35 cm  
Numero de hojas: 8



**Tratamiento 1**  
Tamaño: 33 cm  
Numero de hojas: 7



**Tratamiento 1**  
Tamaño: 32 cm  
Numero de hojas: 6



**Tratamiento 2**  
Tamaño: 46cm  
Numero de hojas: 8



**Tratamiento 2**  
Tamaño: 44cm  
Numero de hojas: 8



**Tratamiento 2**  
Tamaño: 49cm  
Numero de hojas: 8





EM-1



Activando el EM-1



EM-1 listo para fermentar por 7 días para su respectivo



Dosis para el tratamiento 1



Dosis para el tratamiento 2



*Helianthus annuus l.* en flor en el T2