



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA AMBIENTAL**

**FITORREMEDIACIÓN POR HELIANTHUS ANNUUS.  
L EN LA DISMINUCIÓN DE COBRE EN LOS SUELOS  
MINEROS DE CUCULÍ PARA USO AGRÍCOLA**

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

**AUTOR:**

VALENCIA VÉLEZ, GIULIANNA

**ASESOR:**

M. SC. RODAS CABANILLAS, JOSÉ LUIS

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

CONSERVACIÓN Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES

**PERÚ 2017**

## DEDICATORIA

A Dios

Por darme la paciencia, fortaleza, sabiduría e inteligencia para seguir logrando mis objetivos y metas trazadas, porque gracias a él todo es posible.

A mi madre Ana Cecilia.

Por haberme apoyado en todo momento, por enseñarme a no rendirme y brindarme su motivación constante e inculcarme sus valores a través del ejemplo y por todo su amor.

A mi padre Segundo Eugenio.

Por haberme brindado su aporte económico, su perseverancia y paciencia el cual lo caracteriza y enseñarme el significado del valor para salir adelante sin darme por vencida.

A mi hermano

Por ser parte de mi vida y por ser uno de mis motivos de superación, pues quiero que él sea mucho mejor que yo y que cumpla todas sus metas trazadas, enseñarle los principios de responsabilidad y poder ayudarlo económicamente en su vida profesional.

A mis abuelos

Por enseñarme a nunca rendirme, por su apoyo condicional, su amor infinito y sus consejos; los cuáles me enseñan a salir adelante y mejorar cada día para ser alguien mejor.

Giulianna Valencia

## AGRADECIMIENTO

Mediante este presente trabajo de investigación agradezco infinitamente a Dios por darme la fortaleza para cumplir mis objetivos y metas trazadas.

El trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión de M. Sc. Rodas Cabanillas, José Luis y el Dr. Ponce Ayala, José; a quienes les agradezco por la ayuda y el conocimiento brindado para hacer posible esta investigación.

Además agradecer el tiempo, la dedicación y la paciencia que demostraron y tuvieron para que esta investigación sea provechosa y exitosa.

A mi familia por el ejemplo y sacrificio que me brindaron y seguirán brindándome día a día, por todo el esfuerzo y gran amor que me han demostrado para salir adelante sin darme por vencida.

A la Universidad César Vallejo por haberme brindado excelentes docentes los cuáles con el transcurrir del tiempo han enriquecido mis conocimientos para poder cumplir mis objetivos profesionales.

Giulianna Valencia


## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Giulianna Valencia Vélez con DNI N° 72806983, 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 Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

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

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

Pimentel, Diciembre del 2017



---

Giulianna Valencia Vélez  
D.N.I.: 72806983

## PRESENTACIÓN

La presente tesis titulada “FITORREMEDIACIÓN POR *Helianthus annuus. L* EN LA DISMINUCIÓN DE COBRE EN LOS SUELOS MINEROS DE CUCULÍ PARA USO AGRÍCOLA”, tuvo como objetivo específico determinar la fitorremediación por medio del *Helianthus annuus. L*, para así disminuir el cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola.

Es de nuestro conocimiento saber que Cuculí ubicado en el distrito de Chongoyape, está siendo gravemente contaminado con altas concentraciones de cobre, lo cual trae como consecuencia la degradación del suelo y de esta forma este metal está interviniendo en la producción agrícola perjudicando así a la salud de los pobladores y economía. Como solución a este problema de contaminación, se ha considerado tomar como técnica de recuperación a la fitorremediación la cual se utiliza plantas hiperacumuladoras para absorber metales presentes en el suelo.

En este estudio de investigación se utilizó como planta el *Helianthus annuus. L* (girasol), la cual tiene la capacidad de absorber metales como el cobre, cadmio, plomo y cromo. Mediante la utilización de esta técnica se podrá disminuir el cobre presente en el suelo, para que los pobladores de Cuculí puedan volver a emplear el suelo como un recurso agrícola.

Los capítulos presentes en este trabajo de investigación son: Introducción, Metodología, Resultados, Discusiones, Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Anexos.

La autora

## ÍNDICE

PÁGINA DEL JURADO .....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN .....	vi
ÍNDICE .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	10
1.1 Realidad Problemática .....	10
1.2 Trabajos Previos .....	11
1.3 Teorías Relacionadas al tema.....	16
1.4 Marco Conceptual.....	19
1.5 Formulación del Problema .....	26
1.6 Justificación del estudio .....	26
1.7 Hipótesis .....	26
1.8 Objetivos .....	26
II. MÉTODO.....	28
2.1 Diseño de Investigación .....	28
2.2 Variables, Operacionalización.....	28
2.3 Población y muestra.....	30
2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
2.5. Método de Análisis de datos .....	34
2.6. Aspectos éticos .....	35
III. RESULTADOS .....	36
IV. DISCUSIONES .....	44
V. CONCLUSIONES .....	46
VI. RECOMENDACIONES.....	47
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48
ANEXOS .....	50

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en Cuculí perteneciente al distrito de Chongoyape, Provincia de Chiclayo, Lambayeque, donde existe una mina ilegal, actualmente está contaminando con altas concentraciones de relaves de Cobre a los suelos de la ciudad, causando así enfermedades a los pobladores y bajos rendimientos en los cultivos.

En esta investigación se utilizó el diseño no experimental, longitudinal, con prueba de hipótesis para la diferencia de dos promedios. La población fue la hectárea del terreno de 340 m<sup>2</sup>, la muestra fue recolectada alrededor del área del terreno de Cuculí, se analizaron los parámetros de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, determinación de textura y concentración de Cu en un promedio de 47 días. El método de análisis de datos fue cuantitativo con prueba de hipótesis y modelo de regresión, se utilizó tablas y figuras que se procesaron en el paquete estadístico SPSS y en el programa Excel. 9

Se calculó el promedio del tiempo, el cual se incrementó en 9 días con un promedio de 0.223 uS/cm, siendo este mayor a 0; también se incrementó el tiempo con el mismo número de días en Ln $\hat{y}$  de materia orgánica, el cual arrojó 0.505%. Se estimó que el 80% de las variaciones de la materia orgánica en % son explicativas por cambio de tiempo de 9 días, además se incrementó la concentración de Cu en el suelo con un promedio de 0.500 ppm.

Palabras claves: Fitorremediación, Contaminación del suelo, disminución de Cobre, *Helianthus annuus*.

## ABSTRACT

The present research work was carried out in Cuculí belonging to the district of Chongoyape, Province of Chiclayo, Lambayeque, where there is an illegal mine, it is currently contaminating with high concentrations of copper tailings to the city's soils, causing diseases to the inhabitants and low yields in crops.

In this research, the non-experimental, longitudinal design was used, with hypothesis testing for the difference of two averages. The population was the hectare of land of 340 m<sup>2</sup>, the sample was collected at each end around the area of the land (4 samples), the parameters of pH, electrical conductivity, organic matter, texture determination and determination of Cu were analyzed. average of 47 days. The data analysis method was quantitative with hypothesis test and regression model, tables and figures were used and processed in the SPSS statistical package and in the Excel program.

The average time was calculated, which was increased in 9 days with an average of 0.223 us / cm, this being greater than 0; the time was also increased with the same number of days in Ln<sup>2</sup> of organic matter, which was 0.505%. It was estimated that 80% of the organic matter variations in% are explanatory due to the change of time of 9 days, in addition, the concentration of Cu in the soil was increased with an average of 0.500 ppm.

Keywords: Phytoremediation, Soil pollution, Copper decline, Helianthus annuus.

L



## **I. INTRODUCCIÓN**

El suelo es un recurso de gran importancia para la vida de los seres humanos y las plantas. Desde siglos anteriores las personas han empleado el suelo para su mejoramiento diario. Sobre él se elaboraba diferentes tipos de producción como la industria, agricultura, infraestructuras urbanas, entre otras (FAO. 2015).

También este es un factor muy importante de la biosfera porque trabaja como amortiguador natural inspeccionando la carga de elementos químicos a la hidrosfera, atmósfera y la biota. La conservación de las funciones del suelo es obligación de la humanidad (KABATA, A y PENDIAS, H. 1992).

La contaminación del suelo es uno de los problemas más notables del mundo y es vinculada con algunos agentes contaminantes que, a partir de una concentración que sobre pasa su Límite Máximo Permisible esta debe observarse como no deseable. El suelo puede tener distintos elementos químicos lo cual puede resultar difícil detectar el contaminante presente (PORTA, J; *et al.* 1994).

Las consecuencias desfavorables de los contaminantes presentes en el suelo son: Destrucción auto depurativa por desarrollo de recuperación biológica, al haber llegado a su capacidad de aceptación del suelo; reducción de las concentraciones del aumento de los microorganismos de este; decadencia de la productividad de los cultivos con probables cambios en los productos ocasionando peligros para la salud de las personas consumidoras, al entrar distintos contaminantes a la cadena trófica; contaminación de las aguas subterráneas y superficiales por cambios de transferencia en donde se adquiere concentraciones mayores a las aceptables. (PORTA, J.; *et al.* 1994)

### **1.1 Realidad Problemática**

La contaminación del suelo de Cuculí es alarmante para la población, ya que causa daños a la salud, al medio ambiente y pérdidas económicas; dichos suelos son agrícolas y están contaminados por relaves mineros de una mina ilegal, que realiza sus actividades pese a las diferentes advertencias de las autoridades competentes y de la población.

Los suelos tienen en su composición elementos inorgánicos y microorganismos, que ayudan en el mantenimiento y nutrición del suelo para la fertilidad de las plantas; dependiendo del lugar o clima donde se encuentre. Pero si alguno cambia su concentración aunque sea por más mínimo que sea puede llegar a afectar su estado original causando una contaminación. Estos suelos en la actualidad están contaminados por metales pesados específicamente el cobre.

Para la recuperación de estos suelos contaminados con cobre se aplicara una nueva alternativa conocida como la técnica de fitorremediación que se vuelve día a día cada vez más importante para reducir contaminantes presentes en el suelo, usando la planta el girasol (*Helianthus annuus. L*) la cual es una planta hiperacumuladora que tolera y acumula altas concentraciones de metales pesados disminuyendo así el cobre, plomo, cadmio y cromo.

Para la disminución de cobre presentes en los suelos de Cuculí se le realizo los siguientes análisis: Potencial de Hidrogeno (pH), Conductividad Eléctrica (C.E), Materia orgánica (M.O), Textura y Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA), los cuales estuvieron dentro de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) de suelos para uso agrícola.

Los procesos de recuperación surge como una rama de la biotecnología para resolver problemas de contaminación usando así métodos de tratamiento biológicos, mediante este estudio de investigación se obtuvo datos los cuales fueron validados con la hipótesis planteada, y de esta manera demostrar que la planta *Helianthus annuus. L* absorbe el cobre presente en los suelos, solucionando así un problema de contaminación.

## **1.2 Trabajos Previos**

CHICO, Julio., *et al.* 2012.

En esta investigación la problemática de estudio es señalar la degradación de los recursos naturales provocada por la variedad de contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos causados en el suelo. El rápido desarrollo industrial y crecimiento de las poblaciones, han ido ocasionando problemas serios de

contaminación por metales pesados, provocando así un aumento de su concentración en el suelo.

Se eligieron las plantas de girasol con características parecidas, se colocaron a macetas de tecnopor de 1.5 kg de soporte y cada una comprendía 50% de arena gruesa y 50% de arena fina. En cada maceta se colocaron 3 plantas representando la muestra, con un total de 20 plantas por tratamiento, las plantas de 20 días de crecimiento fueron llevadas a los siguientes tratamientos: 0  $\mu\text{M}$  Pb/L (tratamiento 1), 100  $\mu\text{M}$  Pb/L (tratamiento 2), 200  $\mu\text{M}$  Pb/L (tratamiento 3), 300  $\mu\text{M}$  Pb/L (tratamiento 4), 400  $\mu\text{M}$  Pb/L (tratamiento 5), 500  $\mu\text{M}$  Pb/L (tratamiento 6), dependiendo de cada tratamiento se añadió concentraciones de plomo en forma de nitrato de plomo  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  a la solución nutritiva, lo cual se tendrá un cuidado minucioso con el pH, ya que debe permanecer entre 5.5 y 6.5. En esta investigación se utilizó un diseño no experimental, donde se aplicaron los análisis de desviación estándar, promedio, ANOVA y Tukey ( $P < 0.05$ ) para definir las diferencias significativas entre los tratamientos asignados y tomando en cuenta las tres repeticiones establecidas.

En conclusión el resultado brindado fue que la longitud de la raíz no se ve perjudicada por la concentración de plomo, lo cual las raíces secundarias son capaces de tolerar concentraciones de 500 mg/l de plomo. Demostrando así, que el girasol (*Helianthus annuus*) tiene la capacidad fitorremediadora de acumular metales mediante sus raíces.

#### **LIZARBE, Asmat; et al. 2013.**

En presente trabajo de investigación la problemática se basa en que los relaves mineros del caserío de Zarumilla son generados mayormente por la minería ilegal causando así un daño perjudicial a las áreas agrícolas que se encuentran en las partes bajas de las zonas donde es extraído el mineral.

Se alcanzó las muestras del relave minero mediante el método de muestreo en zigzag, se excavo hasta 20 cm de profundidad y se extrajo 6 kg de muestras en 20 puntos de muestreos, utilizaron una mezcla de material orgánico (humus y musgo) y otra de material inorgánico (arena y aserrín) para la preparación de 36 kg de acondicionador. Evaluaron el crecimiento del girasol (*Helianthus*

*annuus*) mediante acondicionadores orgánicos e inorgánicos al relave minero, para la fitoextracción de plomo, zinc y cadmio donde probaron 4 tratamientos (100% relave, 75% relave + 25 % de acondicionador, 50% relave + 50 % de acondicionador, 25% relave + 75 % de acondicionador) con 6 repeticiones cada uno, para periodos de 30, 60 y 90 días interviniendo dos métodos de siembra (trasplante y directa). Por consiguiente utilizaron un espectrofotómetro de absorción atómica para cuantificar el contenido de los metales en el relave minero y observar lo acumulado en la raíz y parte aérea de las plantas del girasol. En esta investigación se aplicaron los análisis de varianza con nivel de confianza del 95% ( $p < 0.05$ ) y 99% ( $p < 0.01$ ), mediante la prueba de Tukey realizaron una comparación múltiple de medias entre los tratamientos en la correlación a las concentraciones de plomo, zinc y cadmio acumulado por el girasol.

Donde los resultados mostraron que el girasol con el método de siembra directa alcanzo una mayor concentración y efectividad acumulando en sus tejidos Pb, Zn y Cd y con los tratamientos de acondicionadores el que presento un mejor resultado en la fitoextracción de estos metales fue el tratamiento 2 (75% relave + 25% de acondicionador) a pesar de tener una menor biomasa en comparación a los demás tratamientos.

### **CASTAÑÓN, Paulina; et al. 2013.**

En esta investigación nos informan que la problemática de los suelos agrícolas en Chile se caracterizan por mostrar altas concentraciones de metales pesados entre el que más destaca es el cobre, con concentraciones de 104 a 530 mg Cu Kg<sup>-1</sup>. La actividad minera del Cobre en Chile generan una alta cantidad de desechos minerales que perjudican los suelos; y una opción para recuperar estos suelos es utilizando micorrizas.

Los tratamientos realizados fueron determinar la influencia de micorrizas en el desarrollo y la acumulación del cobre en el girasol (*Helianthus annuus*). Luego se recogieron tres muestras de suelo contaminados con cobre, en esos suelos inoculados (M+) y no inoculados (M-) con micorrizas se plantaron las semillas de girasol. En los primeros 50 días se evaluó la biomasa residual seca, colonización micorrizica y la concentración del cobre en los tejidos de la planta.

Estos suelos mostraron una textura franco arenoso, 305 y 12.8% de materia orgánica, un pH de 6.7 y 6.9, un total de Cobre de 382 y 7678 mg Kg<sup>-1</sup> y un total de Cobre disponible de 72 y 574 mg kg<sup>-1</sup>. Los análisis estadísticos realizados en esta investigación fueron evaluados en el programa Minitab 15, donde se determinó las diferencias entre los tratamientos de suelos inoculados y no inoculados y utilizaron un ANDEVA de una vía con prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para definir la relación entre el cobre disponible y el cobre total.

Dando a conocer que el mayor desarrollo de las plantas se mostró en los tratamientos de suelos inoculados con  $p \leq 0.05$  mostrando una mayor capacidad para acumular cobre en sus raíces (285 – 697 mg/ kg<sup>-1</sup>). Concluyendo que las micorrizas arbusculares colaboran con el crecimiento y la acumulación de cobre en el girasol.

#### **GARCÍA, Liz; 2009.**

La problemática de esta investigación es el daño de la calidad del suelo degradado por sustancias tóxicas que se acumulan en la composición de sus tejidos disminuyendo así el rendimiento de los cultivos y provocando riesgos para la salud.

Evaluaron la capacidad remediadora del girasol a distintas concentraciones de plomo utilizando tratamientos de 0.500 y 1000 ppm de este metal, con tres repeticiones. Las semillas de girasol fueron desinfectadas, sembradas y cultivadas en macetas de 1.5 Kg de capacidad con suelo arenoso, en donde se aplicaron los tratamientos en solución de nitrato de plomo y fertilizantes. Las plántulas del girasol con 20 días de germinación pasaron por tres tratamientos 0 ppm (T1), 500 ppm (T2) y 1000 ppm (T3), repitiendo la aplicación 15 días más. La concentración de 500 ppm de Pb se considera como una cantidad que sobre pasa la cantidad promedio del suelo y la concentración de 1000 ppm de Pb se acondiciono con la intención de ejercer una presión extra en las plantas. El trabajo de investigación duro aproximadamente 50 días, sin embargo en esta investigación tuvo una duración de 60 días para asegurar la confiabilidad de los datos. Los datos estadísticos que aplicaron en esta investigación fueron análisis de varianza, promedio, desviación estándar y prueba de comparación

múltiple de Tukey (PEI = 0.05) donde determinaron las diferencia del Pb acumulado en los tratamientos asignados y en los tejidos del girasol.

Los resultados mostraron que las plantas sometidas al tratamiento tres (1000 ppm de Pb) almacenaron mayor cantidad de plomo en la raíz del girasol y una menor cantidad en tallos y hojas; al contrario al nivel de clorofilas, peso fresco o seco, longitud de raíz o tallo, mostro valores menores a los tratamientos de 0 y 500 ppm de Pb . Finalizando que el girasol es una planta remediadora, donde la raíz es el órgano con mayor capacidad de acumular plomo

#### **HERNÁNDEZ, Rosario, et al. 2004.**

En la región agrícola de Colima existen cultivos inundados con afluentes del Rio Marabasco contaminados con altas concentraciones de metales pesados por filtraciones a su cauce originario de la laguna de jales en donde se depositan residuos de mina.

En esta investigación llevaron a cabo un experimento con macetas y semillas de girasol para determinar la aportación de los hongos micorrizicos arbusculares, se muestrearon suelos de cuatro sitios diferentes seleccionados al azar y escogieron un suelo con mayor concentración de zinc y cobre y con existencia de hongos micorrizicos arbusculares. Posteriormente el suelo escogido fue esterilizado y sembraron semillas de girasol inoculados y no inoculados con *Glomus intraradices*. Finalizando la investigación se cuantifico la concentración del cobre y zinc en la raíz y en la parte aérea del girasol, en los resultados del análisis estadístico se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para una distribución en los tratamientos y se empleó la prueba de Tukey al ( $p < 0.05$ ) para la separación de los promedios y decidir que tratamiento es mejor.

Se encontró como resultado una gran diferencia entre los dos tratamientos y se concluyó que el *Glamus intraradices* colabora de manera positiva en la absorción de los metales pesados por medio de la raíz del girasol. El metal mejor absorbido en gran concentración fue el cobre y disminuyo su translocación por medio de la parte aérea del girasol inoculado.

### 1.3 Teorías Relacionadas al tema

#### 1.3.1. Disminución de cobre

##### 1.3.1.1. NAVARRO. 2003.

Menciona que los niveles de cobre presentes en el suelo cambian de 6 a 60 mg/kg, perteneciendo a los valores más altos a suelos ferralíticos y los valores menores a suelos arenosos. El cobre es uno de los metales pesados con menos movimiento en el suelo, aunque a menudo encontramos enormes cantidades en la solución de los suelos, el intervalo de concentración soluble del cobre es de 3 a 135 ug/L.

La solubilidad de las estructuras aniónicas y catiónicas reduce a pH mayores de 7 a 8 y a causa de esto, una forma de disminución de niveles de cobre por las altas concentraciones de calcio es la de elevar el pH se los suelos a valores mayores de 7.

A continuación el autor nos menciona los siguientes indicadores:

**pH del suelo:** la disponibilidad del cobre (Cu) disminuye a medida que el pH aumenta a valores idénticos o más elevados que 7. El pH elevado disminuye la solubilidad y aumenta la fuerza con el cuál el cobre es inmovilizado por la materia orgánica y las arcillas, haciéndolo así menos disponible para los cultivos. El rango en que debe encontrarse el suelo para uso agrícola según los ECA es de 6.5 hasta 8.5.

**Textura:** los suelos arenosos muestran deficiencias de cobre con más continuidad que los suelos arcillosos y francos. Las arcillas inmovilizan el cobre en forma reemplazable, disponible a las plantas. Sin embargo, otros componentes del suelo como es los carbonatos y los óxidos aminoran la disponibilidad del cobre, por consiguiente el autor nos presenta los siguientes rangos de evaluación:

- Arena muy gruesa: 2.00 - 1.00 mm
- Arena gruesa: 1.00 – 0.50 mm
- Arena mediana: 0.50 – 0.25 mm
- Arena fina: 0.25 – 0.10 mm
- Arena muy fina: 0.10 – 0.05 mm

- Limo: 0.05 – 0.002 mm
- Arcilla: <0.002 mm

**Materia Orgánica:** a menudo, las imperfecciones son situadas y asociadas con cultivos que se desarrollan en suelos con un elevado contenido de materia orgánica, en suelos que han obtenido aplicaciones de estiércol. El cobre es detenido por la materia orgánica con mayor fuerza que otro micronutriente.

- Muy bajo: <0.5%
- Bajo : 0.6 – 1.5%
- Medio: 1.6 – 3.5%
- Alto : 3.6 – 6.0%
- Muy alto: >6.0%

Según el autor el rango en que debe encontrarse la materia orgánica según los ECAS de 2 a 4%

**Conductividad Eléctrica:** La medición de la conductividad eléctrica del suelo permite evaluar en forma de cantidad de número de sales que contiene. El análisis de la conductividad eléctrica en el suelo se elabora para establecer si las sales solubles se encuentran en grandes cantidades como para perjudicar el crecimiento de las plantas, la formación de la semilla o la impregnación del agua por parte de las plantas, a continuación el autor nos presenta los siguientes rangos de evaluación. Según los ECAS el rango de evaluación es de 1500

#### **1.3.1.2. HERNÁNDEZ, Rosario, et al. 2004.**

Señala que el cobre puede ingresar al medio ambiente desde minas y fabricas que manufacturan o utilizan cobre metálico o compuesto de este metal; mediante relaves mineros, aguas residuales domésticas, producción de abonos de fosfatos y fuentes naturales. El cobre en el suelo se une a la materia orgánica y es diluido en agua en partículas suspendidas; es trasladado por partículas expulsadas por fundiciones y plantas que procesan minerales. Este metal pesado no es fácil de degradar en el ambiente y por eso se puede acumular en plantas; influyendo negativamente en el proceso de ciertos suelos agrícolas dependiendo de la acidez del suelo y de la presencia de materia



orgánica. Cuando el contenido de metales pesados como el cobre en el suelo alcanza niveles que sobrepasan los límites máximos permitidos provocan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y una perturbación en otros componentes del ambiente así como la disminución de las poblaciones microbiana del suelo. (Hernández, 2004)

A continuación Hernández nos menciona los siguientes indicadores:

**pH:** es un factor importante para que la gran parte de los metales pesados procuren estar más disponibles con un pH ácido, en excepción As, Mo, Se y Cr ya que estos metales tienen la disponibilidad de tener un pH alcalino, que es una variable con gran importancia para precisar la movilidad del catión. La adsorción de los metales pesados está limitada por el pH del suelo y su biodisponibilidad. El autor nos muestra el rango en que debe encontrar el suelo para uso agrícola según los ECA de 6.5 hasta 8.5.

**Textura:** beneficia la entrada e impregnación de la contaminación de metales pesados presentes en el suelo, la arcilla tiende a adsorber metales pesados los cuales quedan obstruidos en sus posiciones de cambio, sin embargo un suelo arenoso necesita capacidad de fijación de los metales pesados, los cuales pasan al subsuelo y contaminan de esta manera los niveles freáticos. Según el autor nos señala los rangos de evaluación.

- Arena muy gruesa: 2.00 - 1.00 mm
- Arena gruesa: 1.00 – 0.50 mm
- Arena fina: 0.25 – 0.10 mm
- Limo: 0.05 – 0.002 mm
- Arcilla: <0.002 mm

**Materia orgánica:** tiene una reacción con los metales pesados formando quelatos y complejos de cambio, los cuales emigran con gran viabilidad a lo largo del perfil del suelo. La materia orgánica atrae intensamente algunos metales pesados, como es el cobre, que pueden habitar de una forma no disponible en las plantas. Las reacciones de complejación de la materia orgánica es un proceso que manda la solubilidad y bioasimilación de metales pesados, esta contaminación se potencia en gran medida por su inclinación a formar complejos organometálicos, lo que favorece a su solubilidad,

disponibilidad y dispersión. Según el autor el rango en que debe encontrarse la materia orgánica según los ECAS de 2 a 4%. A continuación se mostrara los rangos de evaluación

- Muy bajo: <0.5%
- Bajo : 0.6 – 1.5%
- Medio: 1.6 – 3.5%
- Alto : 3.6 – 6.0%
- Muy alto: >6.0%

**Conductividad eléctrica:** es la propiedad de soluciones que tiene una relación con los diferentes tipos y valencia de iones presentes en el suelo, relacionando su movilidad, concentración, temperatura y el contenido de solidos disueltos (SD). En este análisis también se medirá la salinidad. Según el los ECAS el autor nos informa acerca del rango de evaluación 1500.

## **1.4 Marco Conceptual**

### **1.4.1. Fitorremediación**

**NARVÁEZ, W., et al. 2015.** El termino fitorremediación deriva de “fito” que significa planta, y “remediar” que proviene del latín remediare; es un proceso de descontaminación que permite a las plantas eliminar, retener o disminuir la toxicidad de los contaminantes en el suelo, agua o sedimentos. Entre los procedimientos de limpieza para suelos contaminados con metales pesados, la tecnología de la fitoextracción a través de los tejidos de las plantas, nos ofrece ventajas económicas como ecológicas. Este tipo de fitotecnología de limpieza depende de las condiciones del suelo así como de la planta aplicadora.

### **1.4.2. Categorías o Fitotecnologías de la Fitorremediación**

**MENTABERRY. 2011.** Las tecnologías de fitorremediación o también conocidas como fitotecnologías se basan en los mecanismos fisiológicos que tiene lugar en las plantas y en los microorganismos asociados a ellas como a fotosíntesis, transpiración, transformación y nutrición. Estas fitotecnologías pueden ser efectuadas ex – situ (fuera del lugar o área de tratamiento) o in –

situ (en el lugar o área de tratamiento) ya que no requiere tantos recursos económicos y es más sencillo trabajar

Las diferentes categorías se pueden adaptar para distintos contaminantes orgánicos como inorgánicos y se identifica de la siguiente manera:

**Fitoextracción:** se usa plantas acumuladoras para remediar metales de compuestos orgánicos y otros tóxicos inorgánicos para extraer suelo contaminado mediante su concentración en las partes cosechables, debe de tener un alta tasa de crecimiento

**Fitoestabilización:** se usa plantas para la reducción de biodisponibilidad de los contaminantes, o también se puede utilizar arboles como barreras hidráulicas para permitir el filtrado del contaminante mejorando así las propiedades físicas y químicas del ambiente.

**Fitoimmobilización:** se usa las raíces de las plantas para inmovilizar y fijar los contaminantes encontrados en el suelo, agua o sedimentos.

**Fitovolatilización:** se usara plantas para la eliminación de contaminantes del ambiente mediante su evaporización y también podrá utilizarse para compuestos orgánicos y algunos inorgánicos con formas volátiles

**Fitodegradación:** se usara plantas y microorganismos afiliados para degradar los contaminantes orgánicos en el suelo, agua o sedimentos

**Rizofiltración:** se usa las raíces de las plantas para atraer y adsorber contaminantes del agua.

#### **1.4.3. Ventajas de la Fitorremediación**

**MENTABERRY. 2011.** Nos informa que las plantas pueden ser empleadas como bombas extractoras de bajo costo para limpiar suelos contaminados (el costo seria 7 a 10 veces más bajo a diferencia de los demás métodos), también nos dice que algunos procesos degradativos ocurren en forma más efectiva y rápida con plantas que con microorganismo. Esta técnica es apropiada para extraer contaminantes en superficies grandes de áreas restringidas en plazos cortos o largos y se genera menos desechos secundarios procedentes del cultivo y es una técnica de remediación con una buena aceptación pública.

**PAWLOWSKA; et al. 2000.** La fitorremediación es una nueva tecnología que tiene muchas ventajas a diferencia de los métodos usuales de tratamientos en lugares contaminados; para empezar es una técnica de bajo costo, posee un impacto de enmienda en lugares donde se aplica y por último tiene una capacidad de extraer contaminantes encontrados en el suelo debido al crecimiento de la planta.

**LASAT, 2002.** Es de suma importancia reconocer que la fitorremediación brinda algunas ventajas adicionales a la descontaminación de suelos y mantos freáticos al utilizar algunos de los siguientes mecanismos: aumento de la actividad y población microbiana en el subsuelo la cual emerge la cantidad de carbón orgánico, el mejoramiento en la ventilación del suelo por la liberación de oxígeno en las raíces, la demora del movimiento de compuestos orgánicos y metales y la estimulación de los cambios de compuestos tóxicos a compuestos de menor toxicidad. Los suelos contaminados por metales pesados son un poco complicados de remediar, debido a su elevado costo, es por eso que la fitorremediación es una opción efectiva con un bajo costo además de que remedia el suelo en el lugar o área de tratamiento impide una ruptura del terreno.

#### **1.4.4. Limitaciones de la Fitorremediación**

**Mentaberry. 2011.** La fitorremediación no es una corrección para todos los suelos que estén contaminados, antes de que esta técnica pueda volverse eficiente y con un bajo costo eficaz, hay algunos limitantes que se necesitan ser superados, una de ellas es la fitotoxicidad en áreas fuertemente contaminadas ya que si el contaminante es demasiado tóxico para la planta esta no podrá realizar su trabajo como normalmente lo lograría y la biodisponibilidad de los compuestos o metales pesados es un factor limitante de captación porque tiene que estar en el suelo contaminado que la planta va a tratar.

#### **1.4.5. *Helianthus annuus. L:* Girasol**

##### **1.4.5.1. Taxonomía y Morfología**

**MALDONADO. 2003.** El Girasol es una planta que dura cada año, pertenece a la familia Asteraceae y al género *Helianthus*, y consta aproximadamente de 68

especie en la cual la más importante es *Helianthus annuus*. L. Su raíz está formada por un eje principal y por raíces secundarias que en conjunto puede llegar a alcanzar los 4m de profundidad. Su tallo es erecto, vigoroso y con un buen soporte. Comprende una altura de entre 60 y 220 cm y su diámetro del tallo varia por la especie de la planta y es de 2 a 6 cm.

Las hojas son grandes, alternas, trinervadas y de forma variables. Su número de hojas por cada planta es de 12 a 40 dependiendo de las condiciones de cultivo y su variedad.

La inflorescencia o también conocida como la cabeza de la planta está formada por dos tipos de flores que se encuentra insertadas en un receptáculo rodeado por brácteas protectoras. Las primeras flores liguladas, son estériles y tiene una corola semejante en un pétalo, su color varia de amarillo a un naranja. Las segundas flores tubulosas, tiene órganos de reproducción y están situadas en arcos espirales que parten del exterior hacia el centro del disco de la planta.

La polinización es realizada gracias a los insectos como es la abeja. Después de que la flor ah fecundado el ovario se convierte en fruto y el ovalo en semilla.

#### **1.4.5.2. Condiciones Ambientales**

**MALDONADO, 2003.** El Girasol se puede adaptar a variadas condiciones térmicas que van desde las temperaturas bajas de 13° a 17°C hasta temperaturas cálidas de 25° a 30°C, es una planta resistente a la sequía, pero eso no quita la necesidad de humedad en el suelo en el momento de la siembra, y sobre todo en la etapa de formación si es que se quieren obtener abundantes cosechas.

#### **1.4.5.3. Característica del girasol como planta fitorremediadora**

**DAVIES; et al. 2001.** Esta planta hiperacumuladora fue escogida para esta investigación por las siguientes características: se adapta fácilmente a la variación de temperatura; es una planta hiperacumuladora de varios metales pesados como el cadmio, plomo, mercurio, entre otros y también en metales radioactivos como es el uranio desarrolla muy bien la simbiosis entre un hongo y sus raíces (micorriza); y de acuerdo nos muestra que el *Helianthus annuus*

tolera altos niveles de metales pesados a diferencia de otros grupos taxonómicos.

**BROOKS. 1998.** El girasol cuenta con variados reportes como planta hiperacumuladora ya que se ha reportado la acumulación de metales pesados como el cobre, plomo, cadmio, níquel, zinc y cromo en las raíces como también en las hojas de esta planta

#### **1.4.6. Suelo**

**INIA. 2015.** El suelo es la capa superficial de la tierra y forma parte del ambiente en el que las plantas crecen. Contribuye con los nutrientes importantes para el crecimiento de los vegetales y acumula agua de lluvias. En los suelos las raíces encuentran el aire necesario para vivir.

**CASAS; Raquel. 2011.** El suelo es la consecuencia de la alteración de la roca madre, donde influyen diversos procesos como: físicos, químicos y biológicos. Se compone de materia orgánica, partículas minerales y de proporciones variables como: agua y aire.

##### **1.4.6.1. Horizontes del Suelo**

**INIA. 2015.** El Instituto de Investigaciones Agropecuarias nos narra que los horizontes del suelo posee diferentes propiedades físicas y químicas; son los siguientes:

- Horizonte A: es la capa cultivable y superior, con mayor oscuridad, fértil y cantidades de raíces.
- Horizonte B: es la capa más arcillosa, no tiene muchas raíces y es poco fértil.
- Horizonte C: es la capa más profunda del suelo, no tiene ninguna raíz.

**THOMPSON, Louis. 1998.** El autor nos muestra la formación de los horizontes del suelo, añadiendo otras dos capas principales

- Horizonte O: es la capa donde se encuentran restos orgánicos (pocos y parcialmente descompuestos)
- Horizonte A: es la capa donde abunda y se acumula el humus
- Horizonte B: es la capa donde se encuentra la máxima iluviación
- Horizonte C: es la capa mineral, en general no está fortalecido.

- Horizonte R: es la capa o lecho rocoso fortalecido

## **1.4.7. Metales Pesados**

### **1.4.7.1. Metales Pesados en suelos**

**JÉREZ, José. 2013.** De manera natural o antropogénica los metales pesados existen en el suelo. Los metales más conocidos y tóxicos son el plomo, cadmio, cromo, cobre, mercurio, zinc, entre otros; ya que forman un grupo muy importante porque las células necesitan de ellos para su desarrollo, pero si alguno de ellos varía en su concentración puede llegar a ser fatal o tóxico, afectando los diferentes medios de vida.

Cuando esta concentración se llega a sobre pasar en los suelos, afectan de manera inmediata como la inhibición del crecimiento que se da normalmente e inclusive el desarrollo de las plantas, causando un disfuncionamiento anormal en el ambiente y la disminución de microorganismos.

### **1.4.7.2. Movilización de los metales pesados en el suelo.**

**JÉREZ, José. 2013.** Nos muestra las cuatro formas en la que los metales pesados se distribuyen y se encuentran unidos al suelo:

Retención en el suelo debido a la fijación por procesos de adsorción.

Absorción por las plantas e incorporación de las cadenas tróficas

Volatilización y paso a la atmósfera.

Movilización hacia las aguas superficiales o subterráneas.

Los metales pesados no son difíciles de encontrar ya que están presentes en el suelo, y estos pueden ser movilizados o retenidos ya sea por diferentes medios (físicos, químicos, biológicos, entre otros) y también por condiciones ambientales.

Cuando la movilidad de los suelos es demasiado lenta, dichos metales quedan presentes en el suelo para luego ser lixiviados en cantidades pequeñas. Según el autor los metales pesados encontrados en suelos tienen diferentes formas de vías:

Quedar inmovilizados en el suelo, ya sea en la etapa acuosa o siendo absorbidos por componentes inorgánicos del suelo.

Estar asociados con la materia orgánica del suelo.

Ser atraídos por las plantas y unirse a las cadenas tróficas.

#### **1.4.7.3. Bioactivación de los metales en las raíces.**

**JÉREZ, José. 2013.** Según la existencia de los metales pesados para ser adquiridos por las raíces de las plantas dependerá de la solubilidad del suelo lo cual será afectado por factores como es: el pH, el intercambio de cationes que se dará, la cantidad del metal, entre otros.

En los suelos hay gran variedad de microorganismos que unido con las raíces de las plantas favorecen a los metales, los cuales dependerá de la condición que se encuentre el suelo. A continuación se mostrarán los siguientes mecanismos:

**Acidez de los metales por la raíz:** facilita la formación de quelatos y absorbe el metal.

**Secreción de compuestos quelantes de metales:** favorece el recurso de los metales lo cual las raíces de las plantas absorberá dichos metales, un metal que capta este tipo de mecanismo es el hierro. La secreción de quelantes facilita la permanencia y promueve su desorción de los metales en el agua del suelo.

**Evacuación de enzimas que disminuye iones:** algunas plantas con flores reducen metales pesados como el fierro y cobre, aumentando la capacidad de la planta por medio de sus raíces.

**Organismos de la planta que habitan en la rizosfera:** este tipo de mecanismo aumenta de una manera a otra la capacidad de las raíces de la planta para así poder adquirir metales de diferentes formas un gran ejemplo son las bacterias y los hongos los cuales estos habitan en la raíz para beneficiarse en su desarrollo vital.

#### **1.4.7.4. Vías de transporte para la absorción de los metales pesados desde la raíz hasta las hojas.**

**JÉREZ, José. 2013.** El agua junto con los iones metálicos es absorbida por la raíz de la planta y transportados por el xilema. Este rol de transporte ha permitido el movimiento de los metales por conductos huecos de las hojas. La



acumulación del metal de la raíz hasta las hojas se da mediante un rol en la cual llevan el compartimento intracelular de las raíces hasta los huecos intracelulares del xilema. De esta manera, dichos metales serán llevados desde la célula de la raíz hasta los tejidos conductores.

### **1.5 Formulación del Problema**

¿La fitorremediación por *Helianthus annuus. L* disminuirá el cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola, Chongoyape 2017?

### **1.6 Justificación del estudio**

La importancia de recuperar los suelos contaminados es que son tierras de potencial agrícola y estos están siendo afectados por sustancias como metales pesados, en especial, el cobre, el cuál disminuye el potencial y calidad de productos generados por las actividades desarrolladas y de este modo con la disminución de producciones afectará económicamente a los agricultores de la zona.

El trabajo de investigación se enfocara en la reducción de un metal pesado que es el cobre en suelos contaminados, mediante la Fitoextracción ex situ (fuera del lugar o área de tratamiento), en la que consiste en la extracción de los metales por medio de las raíces para luego ser acumulada en las diferentes partes de la planta, desde el punto de vista económico la implementación y desarrollo del método es factible con un tiempo no mayor a 6 meses.

### **1.7 Hipótesis**

La fitorremediación por *Helianthus annuus. L* disminuye significativamente el cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola, Chongoyape 2017.

### **1.8 Objetivos**

#### **1.8.1 Objetivo General**

Determinar la fitorremediación por *Helianthus annuus. L* para disminuir el cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola.

### **1.8.2 Objetivos Específicos**

Analizar la calidad físico químico del suelo de Cuculí.

Identificar la concentración de cobre presentes en los suelos de Cuculí.

Sembrar la planta el girasol (*Helianthus annuus*) como organismo fitorremediador en el suelo de Cuculí.

Comparación del pre y post análisis físicos químicos del suelo de Cuculí

## **II. MÉTODO**

### **2.1 Diseño de Investigación**

El diseño de investigación es no experimental, longitudinal, con prueba de hipótesis para la diferencia de dos promedios.

### **2.2 Variables, Operacionalización.**

#### **2.2.1. Variable**

**Variable Dependiente:** disminución de cobre en suelos mineros.

**Variable Independiente:** Tiempo

#### **2.2.1. Operacionalización**

**Tabla N°01**

## Operacionalización de Variable: Disminución de cobre en suelos mineros

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS	MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS
¿La fitorremediación por Helianthus annuus. L disminuirá el cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola, Chongoyape 2017?	<p><b>Objetivo General</b> Determinar la fitorremediación por Helianthus annuus. L para disminuir el cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola.</p>	La fitorremediación por Helianthus annuus. L disminuye significativamente el cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola, Chongoyape 2017.	Variable dependiente: Disminución de cobre en suelos agrícolas	No experimental	La población en este estudio de investigación es la hectárea del terreno ubicada alrededor de Cuculí.	Técnicas de gabinete Técnicas de campo	
	<p><b>Objetivos Específicos</b> Analizar la calidad físico químico del suelo de Cuculí. Identificar los niveles de cobre presentes en suelos de Cuculí. Sembrar la planta el girasol (Helianthus annuus. L) como organismo fitorremediador en el suelo de Cuculí. Comparación del pre y post análisis físicos químicos del suelo de Cuculí</p>		Variable independiente: Tiempo	<p>DISEÑO</p> <p>El diseño de investigación es no experimental, longitudinal, con prueba de hipótesis para la diferencia de dos promedios.</p>			

## **2.3 Población y muestra**

### **Población**

La población en este estudio de investigación es la hectárea del terreno ubicada alrededor de Cuculí.

### **Muestra**

Se recolecto una muestra por conveniencia en la hectárea del terreno ubicada en Cuculí con una profundidad de 20 cm.

### **Muestreo**

No probabilístico por conveniencia.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **2.4.1. Técnicas**

#### **Técnicas de gabinete**

Sirvió para recolectar y almacenar diferente tipo de información teórica – científica, la cual permitió organizar el marco teórico y conceptual en el presente trabajo de investigación. Los diferentes tipos de fichas que se emplearon fueron:

Fichas bibliográficas: contiene síntesis de libros completos, de capítulos, artículos que sirvió para la investigación.

Fichas textuales: contiene fragmentos o párrafos de un libro, artículos y revista científica.

Fichas de resumen: este tipo de ficha me ayudo a sintetizar los contenidos teóricos de fuentes escritas teniendo relación con la investigación.

Fichas de comentario: se anotó algunas ideas importantes de investigaciones que tienen enlace con la información del presente trabajo.

#### **Técnicas de campo**

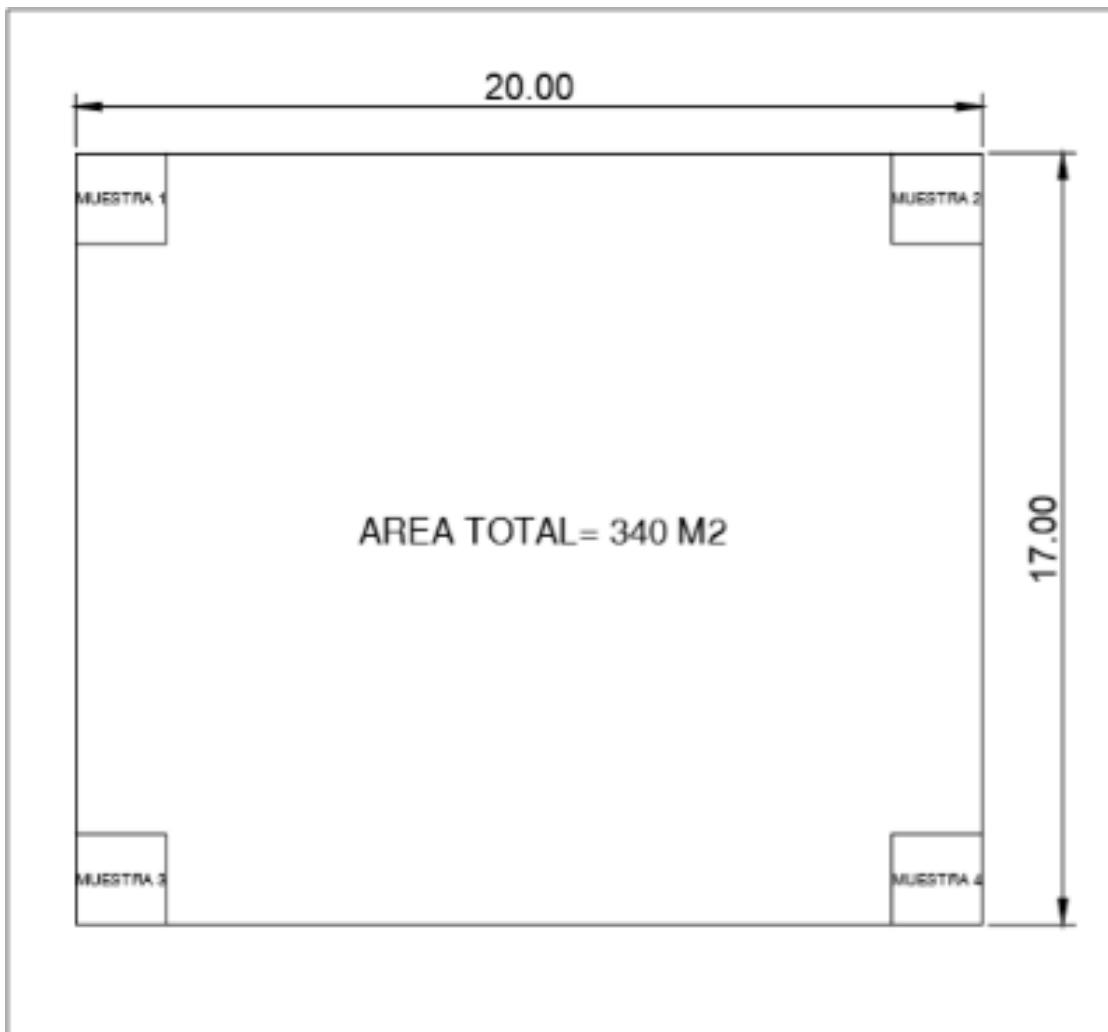
**Técnica del muestreo Superficial:** esta técnica es sencilla, de bajo costo y rápido de usar, en la cual se determinara contaminantes en la capa superficial con una profundidad de 0-30 cm / 30-60 cm

**Técnica de Observación:** se utilizó fichas técnicas para la recolección de datos de los análisis físicos químicos del suelo, la que permitió recoger la información necesaria para el presente trabajo de investigación.

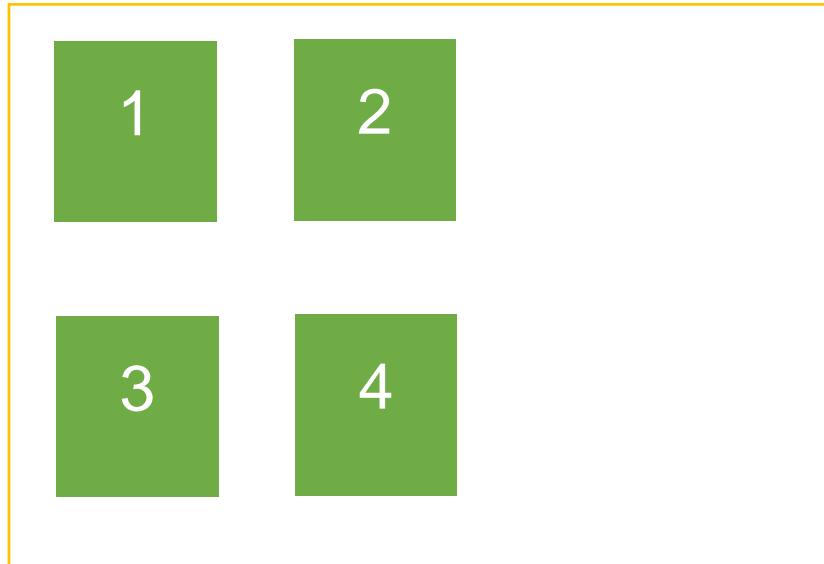
**Técnica de Espectrometría de Absorción atómica (EAA):** La técnica de absorción atómica en flama es capaz de detectar y determinar elementos metálicos.

#### 2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

- a) Se identificó el punto de muestreo por conveniencia.



El área que se utilizó fue de 340 m<sup>2</sup>



b) La muestra fue analizada para los siguientes indicadores.

- Potencial de Hidrogeno (pH)
- Materia Orgánica
- Conductividad Eléctrica (C.E)
- Textura
- Determinación de metales: cobre

c) La muestra fue llevada a una caja de madera para ser tratada por la técnica de fitorremediación, en el siguiente grafico se muestra las medidas correspondientes.



d) Cuando la muestra fue llevada por el tratamiento de la fitorremediación se analizó nuevamente, por los siguientes parámetros:

- Potencial de Hidrogeno (pH)
- Materia Orgánica

- Conductividad Eléctrica (C.E)
- Textura
- Determinación de metales: cobre

### **2.4.3. Equipos de medición**

a) Equipo: Espectrofotómetro de Absorción Atómica (EAA)

Modelo: AA500

Marca: PGINSTRUMENTS

b) Equipo: pH metro – Conductímetro

Modelo: HI5521

Marca: HANNA INSTRUMENTS

c) Equipo: Balanza

Modelo: 3202-1

Marca: SARTORIUS

d) Equipo: Agitador Magnético

Modelo: MS7-H550-Pro

Marca: SCIOLOGEX

e) Equipo: Campana Extractora

Modelo: ADC-4C3-PP

Marca: Ascentmax

f) Equipo: Mufla 1500°C

Modelo: HTCT 3/15

Marca: NABERTHEM

### **2.4.4. Técnica de procesamiento de datos.**

Las técnicas de procesamiento de datos que se utilizó en esta investigación son el paquete estadístico SPSS y el programa Office Excel 2010

### **2.4.5. Validez**

La validación se realizó por el laboratorio de la Universidad César Vallejo – Pimentel



## **2.5. Método de Análisis de datos**

### **2.5.1. Método Lógico**

Para la elaboración del presente trabajo de investigación fue necesario procesar los resultados de las 4 muestras de suelos. Se recolectaron 14kg de muestra de los suelos de Cuculí, es decir, 3.5kg de muestra a cada maceta (4 macetas). Se midió pH, conductividad eléctrica, temperatura, textura, materia orgánica y determinación de metales pesados lo cual permitirá el análisis de los datos y al mismo tiempo comprobar la hipótesis planteada obteniendo los resultados para ver si el *Helianthus annuus. L* es una planta eficiente para la disminución del cobre

### **2.5.2. Análisis Fisicoquímicos de la muestra**

#### **Medición de pH**

Para medir el pH se utilizó un pH-metro digital, se colocó la muestra en un vaso precipitado con 10g de suelo y 90ml de agua destilada. Se calibro el electrodo con solución buffer de pH 7 y pH 10, luego la muestra fue llevada a un agitador magnético con una agitación constante de 1000 r/min, se filtró el agua y se procedió a hacer la mediciones

#### **Medición de Conductividad Eléctrica (C.E)**

En la medición de conductividad eléctrica se pesó 10g de suelo seco al aire en un vaso precipitado, luego se le agrego 90ml de agua destilada. La muestra fue llevada a un agitador constante durante 1min, se filtró y seguidamente se procedió a leer hasta que el equipo estabilice la lectura en un tiempo menos de 1min.

#### **Determinación de Textura**

Para determinar la textura se pesó 50 g de suelo, con cuidado la muestra pesada se llevó a una probeta de vidrio de 250 ml, se le adiciono una cantidad de agua necesaria, se agito por 10 min y se dejó reposar por 30 min más, Finalmente la muestra se identificó de acuerdo al tamaño de partículas.

## **Análisis de Cobre**

### **a) Preparación de la muestra**

Se pesó 1g de muestra, el suelo se carbonizo a 500°C en una mufla, una vez carbonizado el suelo se le agrego 1ml de HCl 37% y 3ml de  $\text{HNCO}_3$ . Fue llevado a una plancha de calentamiento hasta evaporar, luego se le adiciono 10ml de HCl 37% hasta evaporar, se lava con agua destilada y se filtra. Después fue llevado a un balón de 100 ml, se tomó 1ml de aquella muestra y fue diluida a 50ml de HCl 0,5N

### **b) Preparación de patrones de cobre**

Se pesó 0.0181g de Cu en un vaso precipitado de 100ml, se le adiciono 20ml de  $\text{HNCO}_3$ , se calentó durante 10min y se filtró, luego fue diluido con 100 ml de agua destilada y se tomó con una pipeta 10ml. Seguidamente se diluyo 100 ml con  $\text{HNO}_3$  y se tomaron concentraciones de 0,05, 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0. Luego se afora a 50 ml con HCl 0,5 N y finalmente se hace la lectura en el Espectrofotómetro de Absorción Atómica

## **2.6. Aspectos éticos**

Los resultados obtenidos en este trabajo de investigación son verídicos y confiables, los análisis fisicoquímicos fueron analizados en la Universidad César Vallejo – Chiclayo, el muestro se realizó con responsabilidad y honestidad por el investigador a cargo, en cuanto a las investigaciones realizadas en el presente trabajo se respetó los derechos del autor.

### III. RESULTADOS

En este presente capítulo se detalla los resultados obtenidos a partir de los objetivos planteados.

#### 3.1. Pre Análisis – Parámetro Fisicoquímico

**Tabla N°02**

Pre Análisis - Parámetros Fisicoquímicos de los Suelos Mineros de Cuculí

<b>Parámetros</b>	<b>Unidades</b>	<b>Métodos</b>	<b>Pre Análisis</b>	<b>ECA</b>
<b>pH</b>	Unidad	pH – metro método electrónico	8.97	6.5 – 8.5
<b>Conductividad Eléctrica</b>	us/cm	pH – conductímetro método electrónico	145.18	1500
<b>Materia Orgánica</b>	%	Determinación de Materia orgánica	0.10	2 – 4
<b>Concentración de Cu</b>	ppm	Espectrofotometría de absorción atómica	2.753	2
<b>Textura</b>	mm	Determinación de Textura		-

*Fuente: Datos extraídos del 08/10/2017 analizados en la Universidad César Vallejo - 2017*

### 3.2. Post Análisis – Parámetro Físicoquímico

Tabla N° 03

Post Análisis – Parámetros Físicoquímicos de los Suelos Mineros de Cuculí

Fecha	pH	Conductividad Eléctrica	Materia Orgánica	Concentración de Cu
10/10/2017	8.66	150.12	0.12	2.301
19/10/2017	8.07	187.5	0.23	1.902
28/10/2017	7.42	200.3	0.22	1.085
06/11/2017	7.01	250.4	0.22	0.643
15/11/2017	7.00	500.51	0.22	0.029
24/11/2017	6.8	603.21	0.22	0.019

Fuente: Datos extraídos analizados en la Universidad César Vallejo - 2017

### 3.3. Parámetros de Diferencia de Promedios

Tabla N°04

Diferencia de Promedios

	UNIDADES	PROMEDIO	ECA
pH		7.71	6.5 – 8.5
Conductividad Eléctrica	uS/cm	291.03	1500
Materia Orgánica	%	0.19	2 - 4
Concentración de Cu	ppm	1.247	2

Fuente: Datos promedios analizados en la Universidad César Vallejo - 2017

### 3.4. Parámetros Analizados en el Paquete Estadístico SPSS y en el Programa Office Excel

#### 3.4.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

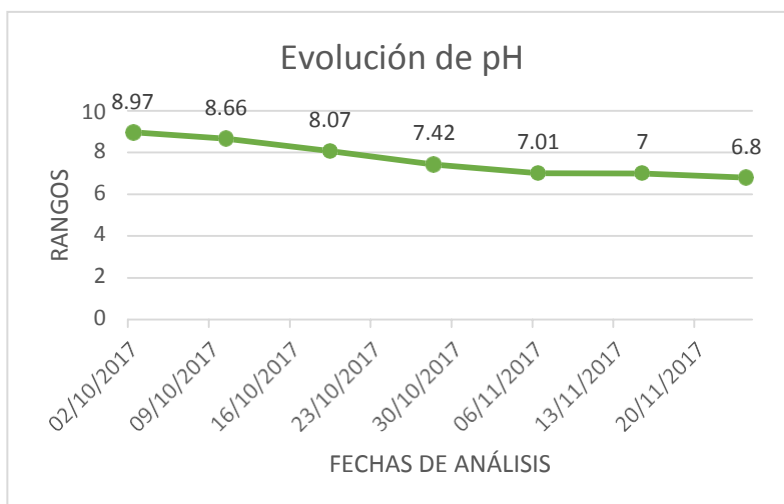
Tabla N°05

Parámetros de pH

FECHA	pH.
02/10/2017	8.97
10/10/2017	8.66
19/10/2017	8.07
28/10/2017	7.42
06/11/2017	7.01
15/11/2017	7.00
24/11/2017	6.8

Figura N°01

Evolución de pH



Interpretación:

En la figura N°01 se puede notar que la curva tiene un comportamiento descendente desde 8.97 hasta 6.8, especialmente se observa este comportamiento en los primeros 4 análisis.

### 3.4.2. Conductividad Eléctrica (C.E)

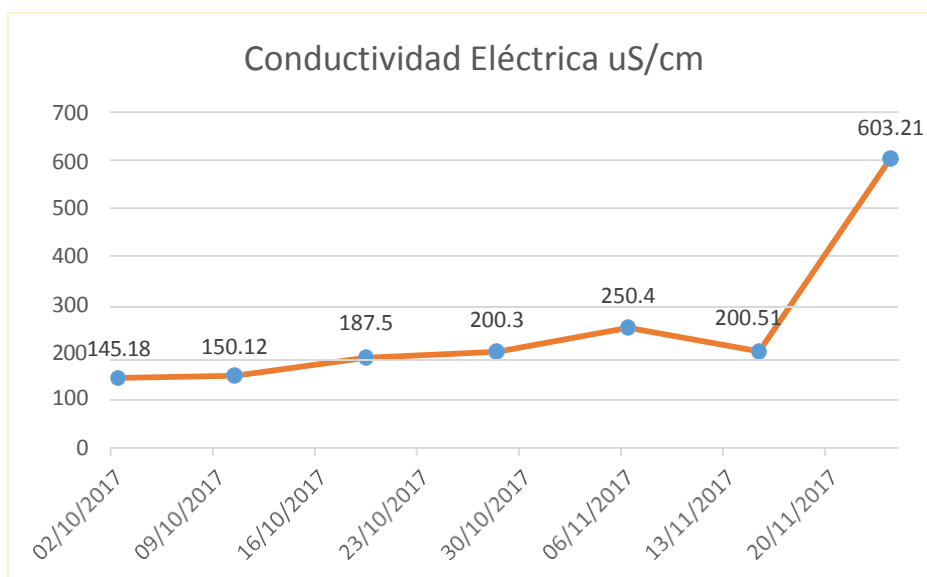
Tabla N°06

Parámetros de C.E

<b>FECHA</b>	<b>C.E (uS/cm)</b>
02/10/2017	145.18
10/10/2017	150.12
19/10/2017	187.5
28/10/2017	200.3
06/11/2017	250.4
15/11/2017	200.51
24/11/2017	603.21

Figura N°02

Evolución de Conductividad Eléctrica



Interpretación:

En la figura N°02 se puede apreciar que la curva tiene un comportamiento creciente en todos los puntos pero se puede apreciar más en los dos últimos análisis, de 200.51 uS/cm hasta 603.21uS/cm.

**Tabla N°07**

Modelo de Regresión Exponencial

Coeficientes					
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
TIEMPO 9 DIAS	,223	,050	,911	4,423	,011
(Constante)	99,289	19,456		5,103	,007

La variable dependiente es ln(CONDUCTIVIDAD ELECTRICA).

Interpretación:

$$\hat{y} = b_0 b_1^x$$

$$\ln \hat{y} = \ln b_0 + x \ln b_1$$

$$\ln \hat{y} = 4.598 + 0.223 x_1$$

Cuando se incrementa el tiempo en 9 días el  $\ln \hat{y}$  de la conductividad eléctrica se incrementa en promedio de 0.223 uS/cm.

### 3.4.3. Materia Orgánica (M.O)

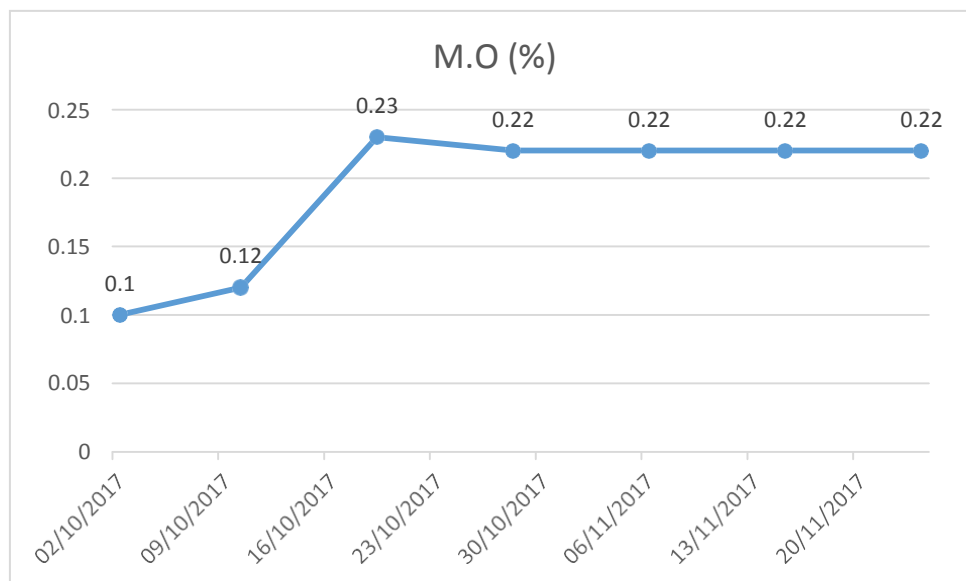
**Tabla N°08**

Parámetros de M.O

FECHA	M.O (%)
02/10/2017	0.10
10/10/2017	0.12
19/10/2017	0.23
28/10/2017	0.22
06/11/2017	0.22
15/11/2017	0.22
24/11/2017	0.22

**Figura N°03**

Evolución de Materia Orgánica



Interpretación:

En la figura N°03 se puede apreciar en la curva que los tres primeros puntos tienen una forma creciente, pero después se logra mantener ligeramente estable.

**Tabla N°09**

Modelo de Regresión Potencial

Coefficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
ln(TIEMPO 9 DIAS )	,505	,120	,903	4203	,014
(Constante)	,101	,015		6644	,003

La variable dependiente es ln(MATERIA ORGÁNICA).

Interpretación:

$$\hat{y} = b_0 x^{b_1}$$

$$\ln \hat{y} = \ln b_0 + b_1 \ln x$$

$$\ln \hat{y} = 0.101 + 0.505$$



Cuando se incrementa el tiempo en 9 días el Ln $\dot{y}$  de la materia orgánica en el suelo incrementa en promedio de 0.505%

**Tabla N°10**

Correlación bilateral

<b>Correlaciones</b>			
		MATERIA ORGANICA	TIEMPO 9 DIAS
MATERIA ORGANICA	Correlación de Pearson	1	,803*
	Sig. (bilateral)		,030
	N	7	7
TIEMPO 9 DIAS	Correlación de Pearson	,803*	1
	Sig. (bilateral)	,030	
	N	7	7

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

Interpretación:

R<sup>2</sup>= 0.803

El 80.3% de las variaciones de la materia orgánica en % son explicativas por los cambios de tiempo cada 9 días.

#### 3.4.4. Concentración de Cu

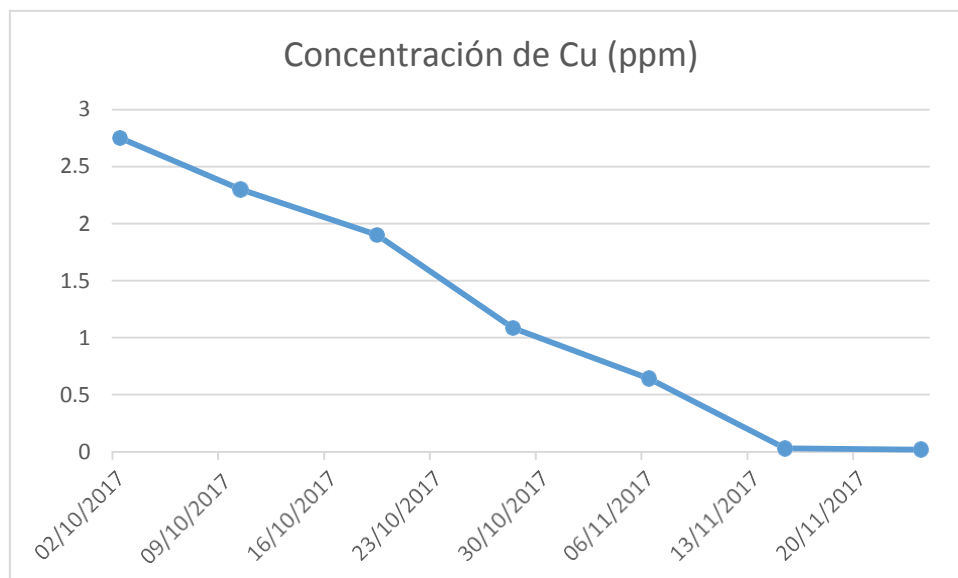
**Tabla N°11**

Parámetros del Cu

<b>FECHAS</b>	<b>Concentración de Cu (ppm)</b>
02/10/2017	2.753
10/10/2017	2.301
19/10/2017	1.902
28/10/2017	1.085
06/11/2017	0.643
15/11/2017	0.029
24/11/2017	0.019

**Figura N°04**

Evolución de Concentración de Cu



Interpretación:

En la figura N°04 se puede apreciar que en la curva tiene una forma descendente desde el segundo análisis, pero en el penúltimo análisis se mantiene de una manera estable.

**Tabla N°12**

Modelo de Regresión Lineal

	Coeficientes				
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
TIEMPO 9 DIAS	-,500	,036	-,987	-13,739	,000
(Constante)	3,248	,163		19,951	,000

Interpretación:

$$\hat{y} = 3.248 - 0.500x$$

Cuando se incrementa el tiempo en 9 días el Ln $\hat{y}$  de la concentración de Cu en el suelo se disminuye en promedio de 0.500 ppm.

#### IV. DISCUSIONES

El autor Chico usó un diseño no experimental aplicando los análisis de desviación estándar, promedio, ANOVA y la prueba Tukey ( $P < 0.05$ ), la población fueron las plantas de girasoles, con un muestreo simple y se tomó un total de 20 plantas por 6 tratamientos. Mientras que Lirzabe en su investigación también utilizó un diseño no experimental donde se aplicaron análisis de varianza con nivel de confianza del 95% y 99% y la prueba Tukey, su muestreo fue por conveniencia y su población fueron los relaves mineros del Caserío de Zarumilla donde se extrajo 6kg de muestra de suelo en 20 puntos de muestreo. Por otro lado en la investigación de Castañón su diseño también fue no experimental aplicando análisis de Andeva de una vía con prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), donde la población fue el suelo contaminado con cobre y se recogió 3 muestras de suelos evaluados en 50 días. En la investigación de García también se utilizó un diseño no experimental con tres repeticiones donde se aplicaron análisis de varianza, promedio, desviación estándar y prueba de comparación múltiple de Tukey ( $PEI = 0.05$ ), donde la población es el suelo.

García en su investigación utilizó un diseño no experimental con 3 repeticiones realizando análisis de varianza y empleando la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ), la población fue los suelos contaminados por los afluentes del Río Marabasco, donde se muestrearon suelos de cuatro sitios diferentes. En este trabajo de investigación se utilizó un diseño no experimental, longitudinal, con prueba de hipótesis para la diferencia de dos promedios, para predecir el comportamiento de los parámetros de los suelos en función al tiempo, la población fue representada hectárea del terreno ubicada alrededor de Cuculí, se recolectó 4 muestras y el muestreo fue no probabilístico por conveniencia.

Según los autores mencionados anteriormente confirman que el *Helianthus annuus*. L es capaz de disminuir concentraciones de metales pesados. Chico en su trabajo de investigación obtuvo como resultado que la longitud de la raíz no se ve afectada por la concentración de plomo, demostrando que el *Helianthus annuus* tiene la capacidad fitorremediadora de acumular y disminuir

metales como el plomo en sus raíces. Lizarbe en su investigación logro obtener como resultado que el *Helianthus annuus. L* (girasol) con el método de siembra directa alcanzo disminuir metales presentes en el suelo. Castañón dio como resultado en su investigación que el girasol tiene la capacidad de acumular cobre en sus raíces (285 – 697 mg/ kg<sup>-1</sup>). En el caso de Hernández los resultados obtenidos fueron que mediante unos hongos micorrizicos colaboraron de manera positiva en la absorción del Cobre por medio de la raíz del *Helianthus annuus. L*.

En la presente investigación se midió algunos parámetros fisicoquímicos como fueron: conductividad eléctrica, materia orgánica, pH, concentración de cobre y textura del suelo los cuales ayudaron con la obtención de los resultados. Se obtuvo como resultado que el *Helianthus annuus. L* es una planta hiperacumuladora de metales pesados, disminuyendo de esta manera el cobre presente en el suelo con una concentración de 0.019 ppm Cu.

## V. CONCLUSIONES

Los parámetros fisicoquímicos realizados al suelo se encontraron en altas concentraciones lo que superaban a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), tal y como se muestra en la tabla N°02 y N°03.

Mediante los análisis fisicoquímicos se determinó que la concentración de cobre presente en el suelo en la fecha 02/10/2017 que fue el primer análisis era de 2.153 ppm Cu.

Para el tratamiento de la técnica de fitorremediación se sembró el *Helianthus annuus*. L lo cual esta planta funciona como organismo fitorremediador capaz de absorber Cu.

Se compararon los pre y post análisis fisicoquímicos de los suelos de Cuculí significativamente, donde se obtuvo grandes cambios en un tiempo de 9 días, donde el pH tuvo como valor de 7.71, la conductividad eléctrica se incrementó en promedio de 0.223 us/cm, la concentración de cobre en el suelo se disminuyó en promedio de 0.500 ppm y la materia orgánica en el suelo se incrementó en promedio de 0.505%.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los pobladores de Cuculí utilizar el *Helianthus annuus. L* (*girasol*) como planta hiperacumuladora de metales pesados.

A las Instituciones del Sector Agrario y a los pobladores de Cuculí se recomienda utilizar la técnica de la fitorremediación sembrando el *Helianthus annuus. L* (*girasol*) en todas las áreas contaminadas.

A las instituciones del Sector Agrario y a los pobladores de Cuculí se recomienda utilizar la técnica de fitorremediación como una técnica efectiva y de bajo costo.

A las Instituciones del Sector Agrario se recomienda hacer estudios con distintos tipos de metales pesados en concentraciones diferentes para ver la capacidad de absorción que tiene el *Helianthus annuus. L* (*girasol*).

Se recomienda utilizar el tratamiento de la fitorremediación con diferentes densidades de plantas de *Helianthus annuus. L* (*girasol*).

Se recomienda a los pobladores de Cuculí realizar estudios de la biomasa y producto obtenido para determinar su uso comercial.

.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A continuación mediante este ítem se presentan las fuentes citadas en el trabajo de investigación de acuerdo a las normas ISO

CHICO, J., *et al.* Capacidad remediadora de la raíz de girasol, *Helianthus annuus*, cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo. *REBIOL. Trujillo, Perú*, 2012, vol. 32, no 2, p. 13-19.

LIZARBE, A., *et al.* Optimización del crecimiento de *Helianthus annuus* L. (Girasol) para la Fitoextracción de plomo, zinc y cadmio de relaves minero artesanal del caserío de Zarumilla, Pataz. 2013.

CASTAÑÓN, A., *et al.* Influencia de micorrizas arbusculares *Glomus spp.* En el crecimiento y acumulación de cobre en girasol *Helianthus annuus* L. *Agrociencia*, 2013, vol. 47, no 4, p. 309-317.

GARCÍA, Liz. Capacidad remediadora y bioacumuladora de los órganos de *Helianthus annuus*. L" girasol" cuando son sometidas a diferentes concentraciones de plomo. 2009.

HERNÁNDEZ, R., *et al.* Doctorado en Ciencias; Área: Biotecnología. 2004

DE OLIVEIRA, F; NARASIMBA, F; *et al.*, (1999). Estrategias viables de biotecnología y biorremediación para suelos serpentinos y despojos de minas. *Revista Electrónica de Biotecnología* pag. 20-34.

MENTABERRY, A. (2011). Fitorremediación. *Agrobiotecnología*. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

NARVAEZ, W *et al.* Efectividad de compuestos orgánicos de origen diverso y girasol ornamental en la fitorremediación de un suelo alcalino contaminado con plomo. 2015.

NÚÑEZ, R; MEAS, Y; *et al.*,.. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia*, julio – setiembre del 2004

CHANEY, R; MALIK, M; *et al.*,.. (1997). Phytoremediation of soil metals. *Current Opinion in Biotechnology* 8.

GHOSH, M; SINGH, S. (2005). Una revisión de la fitorremediación de metales pesados y la utilización de sus subproductos. *Ecología Aplicada e Investigación Ambiental* 3, (1).

THOMPSON, Louis y FREDERICK, Troeh. *Los suelos y su fertilidad*. 4ª ed. Barcelona. Editorial Reverté S.A, 1998. 21 pp. ISBN: 84-291-1041-0

XIONG, T. (1997). Bioacumulación y efectos fisiológicos del exceso de plomo en una especie pionera en el camino *Sonchus oleraceus* L. *Environm Pollut*; 97 (3): 275 - 279.

DAVIES Jr. JEFFREY T, *et al*,. (2001). Los hongos micorrízicos mejoran la acumulación y la tolerancia del cromo en el girasol (*Helianthus annuus* L.). *Plant Physioly* 2001; 158: 777 - 786.

DE LA TORRE, R; LUISA, M. Niveles de ZN, CU y Al en suero de pacientes con insuficiencia renal sometidos a hemodiálisis. Universidad de Granada, 2014.

MANZANZ, M. Selección de plantas y enmiendas para la recuperación de suelos de mina contaminados con arsénico y metales pesados. 2013.

SARRIA, M, *et al*. Evaluación del comportamiento de arsénico, cobre, plomo y zinc en suelos afectados por el vertido de la mina de Aznalcóllar (Sevilla, España). Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Colombia.

INIA. 2015. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. [En línea]. Consultado 5 may. 2015

CASAS, Raquel. *El Suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. España, 2011. 11pp. ISBN: 978-84-283-3287-3



## ANEXOS

### Anexos N°01: Fotografías



Construcción de las cajas de madera





**Reconocimiento del área contaminada**



**Extracción ex situ del suelo contaminado**

## Pre Análisis fisicoquímicos del suelo contaminado

### Determinación de Cu

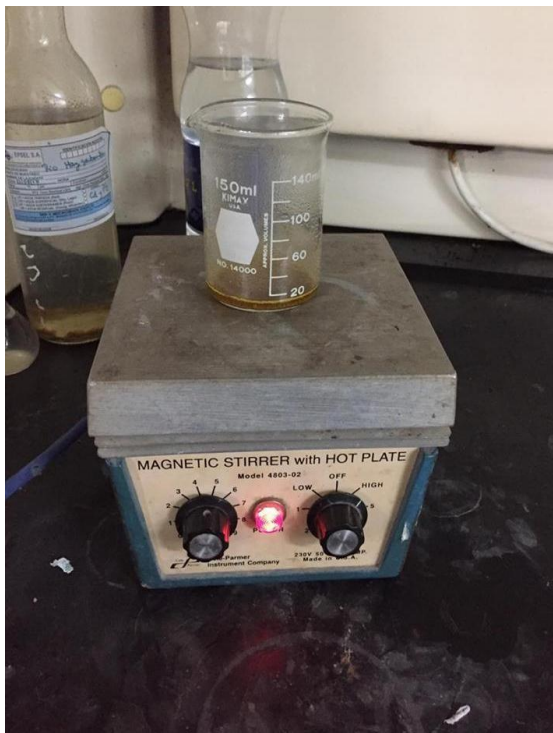


Medición de pH y C.E

Fijación de la planta hiperacumuladora: *Helianthus annuus. L*



## Post Análisis fisicoquímicos del suelo contaminado



Anexo N° 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA PARA ELABORACIÓN DE TESIS



**RESULTADOS FISICO-QUIMICO DEL DESARROLLO DE TESIS DENOMINADO  
“FITORREMEDIACIÓN POR *Helianthus annuus. L* EN LA DISMINUCIÓN DE COBRE  
EN LOS SUELOS MINEROS DE CUCULÍ PARA USO AGRÍCOLA”.**

**NOMBRE:** VALENCIA VÉLEZ GIULIANNA

Los datos adjuntos fueron obtenidos siguiendo los métodos estandarizados para los parámetros indicados, los mismos que se llevaron a cabo por el investigador; el suelo que se analizo fue procedente de Cuculí, Chongoyape, bajo la asesoría de la Ing. María Raquel Maxe Malca, responsable del laboratorio de Físico-Química; la misma que validara los resultados.

RESULTADOS DEL ANALISIS DE PARAMETROS DE LA CALIDAD DE AGUA							
PARAMETROS	Muestra sin tratamiento	10/10/2017	19/10/2017	28/10/2017	06/11/2017	15/11/2017	24/11/2017
pH	8.97	8.66	8.07	7.42	7.01	7.00	6.8
Conductividad Eléctrica μS/cm	145.18	150.12	187.5	200.3	250.4	500.51	603.21
Materia Orgánica %	0.10	0.12	0.23	0.22	0.22	0.22	0.22
Concentración de Cu ppm	2.753	2.301	1.902	1.085	0.643	0.029	0.019

Ing. María Raquel Maxe Malca  
Responsable

Fuente: propia