



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero
Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero ambiental

AUTORES:

Rios Lozano Aler (ORCID: 0000-0001-8926-419X)

Sánchez Najjar Bertolt Charles Franz (ORCID: 0000-0002-0189-7521)

ASESOR:

MSc. Ordóñez Sánchez, Luis Alberto (ORCID: 0000-0003-3860-4224)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

TARAPOTO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mis padres Víctor Rios Lozano y Mariancith Lozano Zamora, por ser mi soporte desde siempre, por los buenos valores y perseverancia que me inculcaron, gracias a ellos puedo decir que cumplí una de las metas anheladas de ser un gran Ingeniero Ambiental. A mi hermana Megan Alejandrina Rios Lozano y a mi tío Bolívar Sánchez Lozano, por su cariño y apoyo incondicional durante este proceso, por la confianza y motivación que me demuestran para seguir adelante.

Aler Rios Lozano

El presente trabajo investigativo lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijos, son los mejores padres.

Bertolt Charles Franz Sánchez Najar

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios quien con su bendición llena siempre mi vida, a mis padres por confiar en mí, por inculcarme buenos valores que me hacen una excelente persona y profesional cada día. De igual manera a mis docentes que fueron parte de mi formación profesional, en especial al Dr. Andi Lozano Chung por apoyarme durante este proceso, por su enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este proyecto.

Aler Rios Lozano

A mi familia, por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa universidad y haber sido mi apoyo durante todo este tiempo.

De manera especial a mi tutor de tesis, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores, Del mismo modo al Dr. Andi Lozano Chung, por el apoyo incondicional, a la Universidad Cesar Vallejo, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

Bertolt Charles Franz Sánchez Najar

Índice de Contenidos

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
Índice de Tablas.....	iv
Índice de figuras	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	8
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	8
3.2. Variables y operacionalización.....	8
3.3. Población, muestra y muestreo.	9
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	10
3.5. Procedimiento.....	11
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN.....	26
VI. CONCLUSIONES.....	28
VII. RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS	31
ANEXOS.....	38
Cuadro N° 1: Operacionalización de las variables.....	39

Índice de Tablas

Tabla N° 1 : Concentraciones del Cr y Cd de los suelos del botadero de yacucatina pre aplicación al tratamiento.	18
Tabla N° 2: Tratamiento de Cd en suelos utilizando frijol castilla (Vigna Unguiculata).	19
Tabla N° 3: Tratamiento de Cromo en suelos contaminados del botadero de Yacucatina.....	20
Tabla N° 4: Desarrollo vegetativo del frijol castilla (Vigna Unguiculata) en 30 días, parcela 1, 17 plantas.	21
Tabla N° 5: Desarrollo vegetativo del frijol castilla (Vigna Unguiculata) en 39 días, parcela 2, 20 plantas.	22
Tabla N° 6: Desarrollo vegetativo del frijol castilla (Vigna Unguiculata) en 47 días, parcela 3, con 14 plantas.....	23
Tabla N° 7: Pre y post tratamiento del Cd y Cr – en suelos del botadero Yacucatina.....	24

Índice de figuras

Figura N° 1: Muestra testigo de Cd y Cr en suelos de Yacucatina.....	18
Figura N° 2: Tratamiento de Cadmio utilizando frijol castilla.	19
Figura N° 3: Tratamiento de Cromo utilizando frijol castilla.	20
Figura N° 4: Parcela 1 con 17 plantas de frijol castilla	21
Figura N° 5: Parcela 2 con 20 plantas de frijol castilla	22
Figura N° 6: Parcela 3 conformada por 14 plantas de frijol castilla.	23
Figura N° 7: Resultados de Cd y Cr Pre y Post tratamiento	25

RESUMEN

La investigación planteó como objetivo evaluar la fitorremediación de Cr y Cd en los suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, lo cual se muestran resultados pre-tratamiento y post-tratamiento, adicional cimentando una propuesta, la investigación es experimental de tipo aplicada, se emplearon 51 plantas de frijol castilla distribuidos en 3 tratamientos, parcela 1 con 17 plantas, parcela 2 con 20 vegetales, parcela 3 con 14 especies. Los resultados iniciales muestran concentraciones de Cd 0,381 mg/kg menor al ECA y el Cr 4,61 mg/kg más que el ECA. En los post-tratamientos, se evidenciaron fitorremediación donde las concentraciones de Cadmio en T1 con 17 plantas de frijo castilla es 0,719 mg/kg, en el T2 con 4,00 mg/kg sobrepasando al ECA de suelos, a los 47 días T3 con 14 plantas de frijol castilla la concentración del Cd fue de 0,800 mg/kg, menor a lo establecido en el ECA y para Cr, en el T1 4,61 mg/kg, T2 4,37 mg/kg, T3 4,560 mg/Kg, se concluye que la planta de frijol castilla no es eficiente para tratar Cadmio en suelos contaminados, mientras tanto para cromo todas las concentraciones de este metal pesado se encuentran dentro lo establecido por la normativa nacional vigente.

Palabras clave: Fitorremediación, suelos contaminados, cadmio, cromo

ABSTRACT

The objective of the investigation was to evaluate the phytoremediation of Cr and Cd in the soils of the Yacucatina dump, with castilla bean sowing, which shows pre-treatment and post-treatment results, additionally establishing a proposal, the research is experimental of an applied type, 51 Castile bean plants were used distributed in 3 treatments, plot 1 with 17 plants, plot 2 with 20 vegetables, plot 3 with 14 species. The initial results show concentrations of Cd 0.381 mg / kg lower than the RCT and the Cr 4.61 m / kg more than the RCT. In the post-treatments, phytoremediation was evidenced where the Cadmium concentrations in T1 with 17 Castile bean plants is 0.719 mg / kg, in T2 with 4.00 mg / kg exceeding the ECA of soils, at 47 days T3 with In 14 castile bean plants, the concentration of Cd was 0.800 mg / kg, lower than that established in the ECA and for Cr, in T1 4.61 mg / kg, T2 4.37 mg / kg, T3 4.560 mg / Kg, It is concluded that the Castile bean plant is not efficient to treat Cadmium in contaminated soils, meanwhile for chromium all concentrations of this heavy metal are within the established by the current national regulations.

Keywords: Phytoremediation, contaminated soils, cadmium, chromium.

I. INTRODUCCIÓN

Con el propósito de disminuir la contaminación de suelos por metales pesados, debido en gran parte a la acumulación de residuos no tratados, transformándolo en un peligro latente para la salud y el ambiente (ÁVILA, *et al*, 2018). Los vertederos clandestinos son espacios donde se almacenan los desechos sin inspección sanitaria alguna, porque no son compactados ni se cubren diariamente, esto generan olores nada agradables, producen gases de efecto invernadero y líquidos contaminantes. La remediación con plantas es de importancia para minimizar, disminuir, retener o eliminar componentes contaminantes del suelo, estos vegetales por metabolismo o fisiología poseen la facilidad de disminuir la concentración de elementos dañinos de la tierra y almacenarlos en raíces, hojas y tallos, utilizando diferentes componentes (COVARRUBIAS y PEÑA, 2017). En nuestro país la inadecuada gestión de desechos sólidos es de gran proporción que afecta la calidad ambiental. Esta problemática sigue creciendo gracias al consumismo de nuestras poblaciones, sumado a ello la carencia de cultura y educación ambiental, como observamos nuestra sociedad tiene el hábito de usar y botar; en el Perú producimos aproximadamente 23 mil tn diarias de basura, donde el 15% se recicla, por otro lado, solo contamos con doce rellenos autorizados sanitariamente, contribuyendo que el 90% de basura termine en uno de los 1,250 botaderos ilegales existentes en nuestro país (MINAM, 2016: pág.24). Bajo esta perspectiva la infraestructura de Yacucatina no es diferente a la problemática, porque el almacenamiento final de la basura realizada en sus instalaciones no tiene un tratamiento adecuado, la generación de residuos provienen de los distritos de Morales, Banda de Shilcayo, Cacatachi, Juan Guerra, Sauce y Tarapoto, lo que incrementa el volumen y aumente la problemática ambiental local, los lineamientos para una gestión eficiente de los residuos están establecidos en el D. L. N° 1278, que aprueba la Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos, dicho botadero está ubicado a 300 metros aproximadamente del acceso al distrito de Alberto Leveau, siguiendo la marginal, la extensión del terreno es de 32 ha. El problema ambiental básicamente afecta la calidad del suelo de esta zona del relleno, motivo por el cual mediante el proyecto se busca realizar el tratamiento de metales pesados como el Cr y Cd en los suelos de

Yacucatina, para ello se utilizará el frijol Castilla, la que debe permitirnos establecer alternativas de solución para minimizar la contaminación de los suelos con metales pesados. Por lo expuesto se plantea el **problema principal**; ¿Cuál es la fitorremediación de Cr y Cd en suelos del botadero de Yacucatina con siembra de frijol Castilla, Tarapoto – 2021?, formulamos al mismo tiempo los **problemas específicos** como: ¿Cuáles son las concentraciones del Cr y Cd en suelos del botadero Yacucatina antes y después del tratamiento? ¿Cuáles son los registros de crecimiento y desarrollo vegetativo del frijol Castillas post tratamiento?, y ¿Cuál es la propuesta de fitorremediación para la remoción de Cr y Cd con el cultivo de frijol castilla? La investigación también presenta su **justificación**, donde el deterioro del suelo por estos tipos de actividades representa una problemática ambiental generalizada, día a día las personas contaminan los suelos sin considerar que este es un recurso fundamental para el desarrollo de actividades agrícolas y es el hábitat de todas las especies que habitamos la tierra. Considerando lo expuesto la investigación muestra una **justificación práctica**, ya que su progreso nos va a permitir la resolución de problemas y proponer pericias que puestas en práctica ayudan a su solución (BAENA, 2017), presentamos también la justificación teórica, ya que la investigación se une a la inquietud del investigador por aumentar las orientaciones teóricas con el propósito de prosperar con el conocimiento de la línea de investigación (BAENA, 2017), al mismo tiempo presentamos la **justificación metodológica**, ya que se plantea el desarrollo de nuevas metodologías o estrategias que nos permita lograr conocimientos confiables y fidedignos (HERNANDEZ, FERNANDEZ y BAPTISTA, 2016), también mostramos la **justificación social**, la investigación como el resto de estudios deben tener importancia social para alcanzar notoriedad en la población con enfoques de proyección social, considerante todo lo anterior descrito, la investigación plantea el siguiente **objetivo general**, evaluar la fitorremediación de Cr y Cd en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol Castilla, Tarapoto – 2021 y los **objetivos específicos** son: Estudiar las concentraciones del Cr y Cd de los suelos del botadero Yacucatina pre y post tratamiento, Registrar el crecimiento y desarrollo vegetativo del frijol Castilla post tratamiento y Elaborar una propuesta de fitorremediación para remover Cr y Cd con el frijol Castilla, planteamos las siguientes **hipótesis**: H0: la siembra de frijol Castilla no

permite la fitorremediación del Cr y Cd en suelos del botadero Yacucatina – 2021,
H1: la siembra del frijol Castilla permite la fitorremediación del Cr y Cd en suelos
del botadero Yacucatina – 2021.

II. MARCO TEÓRICO

La investigación esta cimentada en diversos antecedentes del ámbito internacional y nacional, presentamos en internacionales a MORENO, *et al* (2021); en su investigación titulada, “Fito extracción de plomo y cadmio presentes en suelo agrícolas contaminados con metales pesados por *Lolium multiflorun* L (*Poeceae*), objetivo general es cuantificar la absorción de plomo y cadmio por *Lolium multiflorun* L, se utilizó suelos concentrados con excedentes de relave con metales pesados procedentes de Samne, La Libertad, el uso del espectrofotómetro de masas para el análisis. Resultados, las concentraciones de Pb y Cd absorbidos, donde el Pb > Cd, siendo el primero el de nivel alto de absorción de 65, 98 y 125 días de prueba. Por su parte SAMAMÉ, *et al.* (2020) su investigación titulada. “Capacidad del *Gynerium sagittatum* para tratar suelos de cultivos de arroz con metales pesados en condiciones controladas”, el objetivo fue determinar la capacidad del *Gynerium sagittatum* para remediar suelos de cultivos de arroz con metales pesados en condiciones controladas, investigación aplicada, diseño experimental, técnica la observación y el análisis documentario. Resultados, el suelo tiene concentraciones de 1.51 ppm de Cd y 27.21 ppm de Cr, lo que es mayor que la normativa actual, hay un mayor desarrollo del *Gynerium sagittatum* a 40 días y tiene una eficiente remoción de 32% de Cd y 34.58% de Cr.

Por su parte, RAMIREZ, *et al.* (2019); en su investigación titulada, “Potencial fitorremediadora de Chicura (*Ambrosia ambrosioides*) en suelos contaminados por metales - México”, objetivo evaluar el potencial fitoremediador del suelo de *Ambrosia ambrosioides*, estudio básico, diseño experimental, método vectorial 3 x 4 con tres repeticiones. Resultados, en la raíz, tallo y hojas está más concentrado el cobre cobre con 20 mg-L, con valores de 15.827, 13.030 y 4.979 mg.kg, el cobre fue el metal que más absorbió la planta, seguido por el Cd y Pb, en cambio ARIAS, *et al.* (2017); en su investigación titulado, “Uso de *Leersia hexandra* en fitorremediación de suelos contaminados con hidrocarburo intemperado bajo condiciones experimentales de anegamiento”. Estudio básico, diseño experimental. Resultados, en 3 y 6 meses la población de BFN estimula la rizósfera de *L hexandra* con significativa diferencia entre tratamientos (Turket

$P < 0.05$), en PF el experimento con 120.000 mg kg HTPF tiene alta densidad de BFN con 90×10^2 y 26×10^3 UFC rizósfera seca, pero las concentraciones de AZP y AZT entre la experimentación y el tiempo evaluado mostraron diferencias. También se presenta los antecedentes nacionales, TUESTA, *et al.* (2020), en su investigación, “Prospección de especies arbóreas para fitorremediación de suelos contaminados por petróleo, Amazonas”, objetivo determinar las especies nativas que acumulan HTP de forma natural, para lo cual se recolectó e identificó especies que crecen en la zona afectada, se seleccionaron, procesaron y analizaron para maximizar la acumulación de HTP en las hojas, raíz, tallo y frutos de las plantas. Los resultados presentan a las especies *Piptocoma discolor*, *Theobroma cacao*, *Jacaranda copaia*, *Cedrela sp* y *Schizolobium parahyba* con capacidad bioacumuladora de hidrocarburos de forma natural en sus estructuras, donde resalta el *Piptocoma discolor* que muestra en las hojas mayor absorción en con 28.306 mg kg⁻¹, luego el *Theobroma cacao* con 7.171 en raíz y 6.162 mg kg⁻¹ en tallo. Por otro lado, PAPUICO, (2020), en su estudio de investigación titulado, “Fitorremediación de suelo contaminado con cadmio, utilizando *Lupinus mutabilis* y estiércol de lombriz – Jauja”, objetivo general es determinar la acumulación de Cd en el *Lupinus mutabilis* en suelo contaminado al que se adiciono estiércol de lombriz y variación de concentración de Cd en suelo. El ensayo consistió en el uso de macetas las que contienen 2 kg de suelo contaminado, se plantó el *L. mutabilis* y se experimentó por espacio de 62 días, el procedimiento constó de 5 dosis de estiércol de lombriz: 0, 5, 10, 15 y 20% dispuestos en diseños al azar con repeticiones de 3 bajo condiciones controladas. Resultados el contenido de Cd en la parte área de la planta estaba en promedio de 0.375 mg kg⁻¹ materia seca vegetal, la que disminuye cuando se adiciona el estiércol de lombriz. La concentración de Cd en el suelo varió de 2.870 y 2.40 mg kg⁻¹ para el experimento con 0% y 2% de estiércol. Asimismo, GAMA, (2019), en su investigación de post grado, “Fitorremediación como alternativa de recuperar suelos afectados con desmontes de construcción - Cajabamba”, objetivo fue determinar el % de disminución de concentraciones de Cd, Cr y Pb con especies de trébol, taya y maíz. Diseño estadístico descriptivo longitudinal. Conclusión se identificó concentración de metales en la zona investigada Pb, Cd y Cr, donde las concentraciones están en el umbral del ECA para suelo, análisis obtenidos en los laboratorios de la UMALM. Por otro lado,

CERRÓN, *et al.* (2018); en su trabajo de investigación, “Fitorremediación con maíz (*Zea mays*) y compost de Stevia en suelos degradados por concentración de metales pesados – Mantaro”, el objetivo general se enfocó en la reducción de la contaminación con metales pesados los suelos del centro del país, se decidió observar el efecto de las enmiendas orgánicas (compost de Stevia), se utilizó el maíz como planta filtradora de contaminantes, para los cuales se utilizaron suelos agrícolas de Mantaro y Muqui cuyas concentraciones de Pb y Cd superan lo establecido en el ECA. Resultados indican que el suelo de Muqui contiene la mayor concentración de Pb y Cd, mostrando efectos negativos como bajo rendimiento de materia seca de tallos hojas y raíces del maíz, también un crecimiento lento de la planta, referente a las teorías, tomamos en cuenta la conceptualización del suelo MARTINEZ (2019), nos dice que “es la capa superior de la superficie sólida de la tierra, hecha por la meteorización de rocas en las que se encuentran enraizadas las plantas y que constituyen medios ecológicos para algunos seres vivos”, otro concepto aceptado del suelo es la mezcla de pequeños fragmentos de roca y materiales de origen orgánico, junto a gases y líquidos en variables cantidades con sus componentes respectivos, con capacidad para producción (MARTINEZ, 2016:p. 07) se refiere a la fitorremediación como una palabra combinada; del griego Fito que quiere decir planta y del latín remediar que significa remedio o enmienda (NUÑEZ LÓPEZ, MEAS VONG, ORTEGA BORGES & OLGUIN, 2016). Es una alternativa de remediar de forma biológica con plantas, donde ellas son la base del tratamiento, se encargan de disminuir la cantidad de contaminantes en el ambiente, se compone la alternativa de 31 tecnologías que se desarrollan generalmente in situ. Esta opción tiene efectividad alta cuando se realiza la manipulación genética, porque se mejora la capacidad de la planta para remediar, minimizar, reducir, degradar y estabilizar los contaminantes. La concentración de metales pesados en el suelo se da en gran medida por descargas de residuos no tratados, lo que ejerce una presión en el ambiente y pone en riesgo la salud de las personas (AVILA *et al.* 2018), esta problemática va creciendo gracias a las actividades antrópicas, dentro de las cuales se encuentran la contaminación de las mineras, la metalurgia, el parque automotor, agricultura, etc., también se suman a ello las fuentes de agua (COVARRUBIAS & CABRIALES, 2017), suceden de manera diaria gran cantidad de desechos, los que se consideran

como productoras de concentraciones altas de elementos diversos tóxicos como los metales pesados (SANCHEZ, *et al.* 2017), en general una variedad de plantas cultivadas en suelos contaminados muestran la condición de almacenar elevadas concentraciones de elementos en diferentes estructuras sin algún efecto negativo sobre su desarrollo como la *Brassicaceae*, *Poaceae*, *Fabaceae* o *Asteraceae* (PANDEY & BAIPAI, 2019), hay indicadores que influyen en la selección de especies y uno de ellos es la genética de la especie, el clima, aspectos geográficos y la concentración de elementos contaminantes (PANDEY & BAIPAI, 2019), estos elementos condicionan el crecimiento de las plantas, su mantenimiento, fortaleza y principalmente la capacidad de acumular y disipar los metales en su fisiología (IDAZKIN, *et al.* 2017), las especies que absorben metales pesados deterioran su estructura, porque el elemento se acumula como parte del sustrato y disminuye la filtración de nutrientes indispensables para la producción de biomasa, estos procesos de translocación además de Cd en la parte superior de la planta ayudan a que la actividad fotosintética disminuya (RAMIREZ, *et al.* 2019). La taxonomía del frijol castilla es la siguiente:

Tabla 1: Taxonomía del frijol Castilla

Familia	Fabácea
Reino	Plantae
Orden	Fabales
Subfamilia	Faboideae
Nombre común	Frijol Castilla
Nombre científico	<i>Vigna unguiculata</i>

Fuente: Choez, k 2018.

La fase reproductiva en su ciclo de vida se caracteriza por la presencia de cuerpos productivos, con estructuras para la reproducción y dispersión de esporas. Esta fase en el frijol comprende desde la aparición de la floración o las vainas y la madurez de cosecha, estas plantas son muy apreciadas en el país por su fácil adaptación a zonas secas y áridas, pero aún no se logra obtener la rentabilidad esperada por los agricultores (FERNANDEZ, F. 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

La investigación es **aplicada**, para el Concejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (2018: p. 7), este tipo de investigación se orienta a precisar a través del conocimiento científico y medios como; tecnología, metodología o protocolos por medio de los cuales se alcanza suplir la reconocida necesidad específica, por ello es aplicada, ya que se buscará conocimientos existentes del frijol buscando la solución a la problemática de suelos contaminados por metales pesados.

Diseño de investigación.

El estudio tiene un diseño **experimental**, ya que la información que se obtendrán será por la observación de realidades que condiciona el investigador, considerando esta premisa se manipulará una de las variables esperando la respuesta de la otra (ALVAREZ, 2020).

3.2. Variables y operacionalización

Variables.

Variable independiente: Fitorremediación de Cr y Cd en suelos del botadero Yacucatina.

Variable dependiente: Siembra de frijol Castilla.

Operacionalización.

Variable 1: Fitorremediación de Cr y Cd en suelos del botadero Yacucatina.

Definición conceptual: Fitorremediación es restaurar las condiciones del agua y suelo por medio de capacidad de especies de concentrar contaminantes, por bioacumulación, degradación y

translocación, las plantas conservan su capacidad de neutralizar a los agentes patógenos actuando como esponjas o sumideros (MENDEZ, 2020).

Definición operacional: se determinará la concentración de Cr y Cd existentes en los suelos del botadero Yacucatina.

Indicadores: Cromo y Cadmio

Escala de medición: ppm

Variable dependiente: Siembra de frijol Castilla

Definición conceptual: la siembra del frijol recae su importancia en el beneficio como alimento, sus frutos contienen valores proteicos buenos (22 a 28%), ácido fólico, vitaminas B, que deben consumir las mujeres en estado de gestación y desarrollo humano, la Niacina y Tiamina, minerales como He, P y K con mejores niveles que la carne de vacuno, también Ca, I y Mg (MINAG, 2016).

Definición operacional: se utilizarán 51 plantas de frijol castilla separadas en 3 parcelas, donde se comprobará la capacidad de remediación de esta especie.

Dimensiones: Características morfológicas

Indicadores: Tamaño de raíces, número de hojas, de ramas, diámetro, color de hojas y altura.

Escala de medición: mm y cm.

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población.

Estará constituida por 1019 vegetales de frijol castilla. ARIAS – GOMEZ, *et al* (2019), refieren población como el grupo de casos, asequibles, limitados y definidos que sirven para representar la muestra y que cumplen varios criterios específicos, es imperioso aclarar que cuando se refiere a la población, no solo hablamos de personas, también se incluyen animales.

Criterios de inclusión:

Todas las plantas de frijol castilla que se ubican en las parcelas de siembra.

Criterios de exclusión:

No se consideraron las plantas de frijol que no fueron sembradas en las parcelas experimentales.

Muestra.

Conformada por 51 plantas de frijol castilla las que se plantaron en las parcelas, las que están distribuidas: parcela 1 constituida por 17 frijoles, parcela 2 con 20 vegetales de frijol y la parcela 3 con 14 plantas. Para TOLEDO, (2018), la muestra representa la porción de la población investigada, las que reflejan las condiciones similares a la población.

Muestreo.

Según MARTINEZ, et al (2016), es el conjunto de elementos o unidades de la población estudiada, as que muestran probabilidades distintas de cero y también si se conoce esta probabilidad para que sean considerados y formen parte del análisis muestral del estudio.

Unidad de análisis.

Las parcelas experimentales con suelos contaminados del vertedero de Yacucatina con plantas de frijol castilla. GALLARDO (2017), nos dice que la unidad de análisis es el elemento más representativo del objeto de investigación en medida, se refiere al que representa al objeto de interés en un estudio.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**Técnicas de recolección de datos.**

Se utilizaron técnicas como la **observación directa y el análisis documental**, la técnica de observación es común y consiste en registrar sistemáticamente la data, confiable del comportamiento

manifestado por la vista, y se establecen mediante audacia del objeto, concretar para que se observa, instaurar la forma en que se va a registrar los datos, observación rigurosa, registro de datos observados, análisis e interpretación de datos y conclusiones (MARTINS & PALELLA, 2012, citado por GALLARDO, 2017).

Instrumentos de recolección de datos.

Ficha de observación, empleada para la recopilación de datos en campo, los que facilitarán obtener una data precisa sobre los acontecimientos

Cadena de custodia donde se especificará las características y toma de muestras, parámetros y algunas observaciones no comunes. Este documento será facilitado por el laboratorio acreditado por INACAL

Validación.

Los instrumentos que se emplearon en la investigación para recabar la información en campo, serán validados por profesionales conocedores expertos del tema investigado,

Esta validez se refiere al nivel en el que un instrumento mide lo que supone que se evaluará o medirá, por lo que el investigador debe conseguir la validez del instrumento que empleará en la investigación (SANTOS, 2017).

3.5. Procedimiento.

Primera fase: pre campo y gabinete

- Recopilación de información temática
- Consulta a profesionales allegados a la investigación
- Preparación de materiales y equipos para recolección de muestras
- Recopilación de información sobre el área de estudio

Segunda fase: campo

- Ubicación de la zona de experimentación



- Georreferenciación del terreno a utilizar en la investigación



- Acondicionamiento del área de estudio



- Desinfección y sembrado del frijol castilla



- Toma de muestras testigos la cual será analizado en la ciudad de Lima.



- Recolección de muestras de suelos contaminados del botadero Yacucatina, con surcos de 10 cm, como se establece en el D. S. Nº 002 – 2013- MINAM.



- Preparación de muestras y parcelas experimentales



- Recolección de muestras en diferentes etapas del crecimiento del frijol castilla, extracción de las plantas, recolección de muestras de suelo para enviarlas al laboratorio acreditado por INACAL en la ciudad de Lima.



- Se realizó las medidas de longitud, hojas, ramas, etc.



- Se compararon los resultados obtenidos con el D. S. N° 011-2017-MINAM ECA para suelo.

Tercera fase: gabinete.

- Procesamiento de datos obtenidos en campo
- Interpretación de resultados
- Elaboración del informe final
- Presentación de la investigación final
- Defensa del proyecto concluido.

3.6. Método de análisis de datos

La data se mostró de manera objetiva empleando la estadística experimental, que será a través del análisis de parámetros de estudio, con la obtención de datos en el estudio se utilizarán promedios en el Software Microsoft Excel.

3.7. Aspectos éticos

La investigación enmarca los lineamientos establecidos en la guía de investigación de la universidad César Vallejo, considerando la ética de cada investigador, los artículos científicos y otras informaciones relevantes pertenecientes a otros autores utilizados en la investigación fueron citados sin cambiar las referencias iniciales, respetando de esta manera los derechos de autor. Para los análisis de laboratorio consideraremos normas de bioseguridad para la prevención de riesgos laborales, los resultados tendrán la garantía de ser emitidas por laboratorio acreditado por INACAL.

IV. RESULTADOS

Luego del trabajo realizado se arribaron a los siguientes resultados:

Concentraciones del Cr y Cd de los suelos del botadero de Yacucatina pre y post tratamiento.

4.1.- Los suelos del botadero Yacucatina, tienen concentraciones de Cd 0,381 mg/kg; Cr 4,61 mg/kg. La concentración de Cd es 73 % menos que el ECA del suelo; mientras que la concentración de Cr es 1053 % más que el ECA del suelo. (Tabla 1 y Figura 1).

Tabla N° 1 : Concentraciones del Cr y Cd de los suelos del botadero de yacucatina pre aplicación al tratamiento.

DESCRIP.	UNIDAD	T.i	ECA
CADMIO	mg/kg	0.381	1.4
CROMO	mg/kg	4.61	0.4

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021.

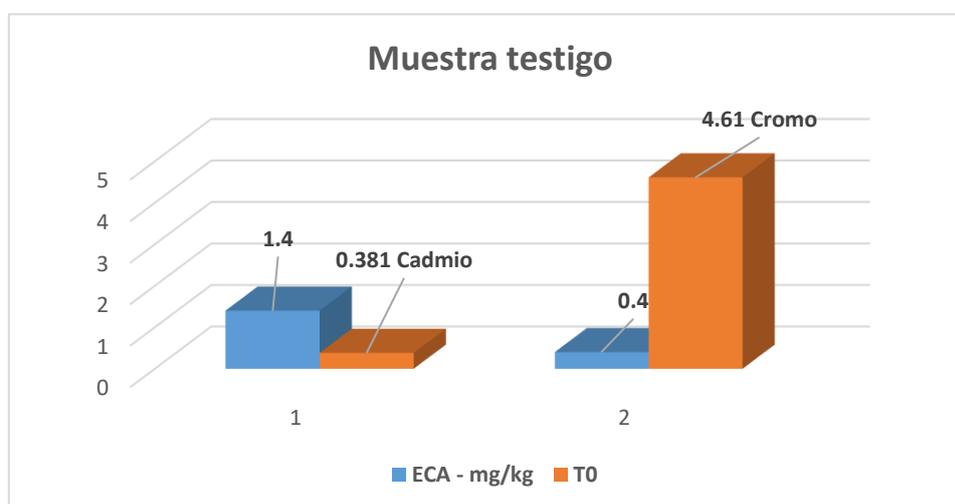


Figura N° 1: Muestra testigo de Cd y Cr en suelos de Yacucatina.

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021.

4.2.- Los suelos del botadero Yacucatina, en el tratamiento inicial (Ti) de Cd, tienen concentraciones de 0,381 mg/kg; en 30 días de tratamiento 1 (T1) con 17 plantas de frijol castilla en 0,3 M2 la concentración es 0,719 mg/kg de Cd, 49 % menos que el ECA del suelo; en 39 días en el tratamiento 2 (T2) con 20 plantas

de frijol en 0,25 M2, la concentración es de 4,00 mg/kg, 186 % más que el ECA; y, en 47 días en el tratamiento 3 (T3), con 14 plantas de frijol castilla en 0,35 M2, la concentración es de 0,800 mg/kg, 43 % menos que el ECA del suelo. (Tabla 2 y Figura 2).

Tabla N° 2: Tratamiento de Cd en suelos utilizando frijol castilla (*Vigna Unguiculata*).

CADMIO				
DIAS	TRAT.	RESULT.	UNIDAD	ECA
0	T.i	0.381	mg/kg	1.4
30	T1	0.719	mg/kg	1.4
39	T2	4.00	mg/kg	1.4
47	T3	0.800	mg/kg	1.4

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021.

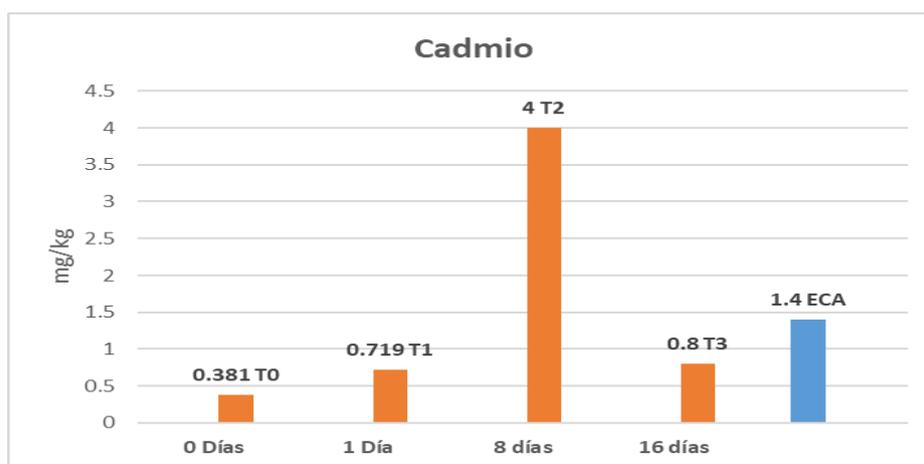


Figura N° 2: Tratamiento de Cadmio utilizando frijol castilla.

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021

4.3.- Los suelos del botadero Yacucatina, en el tratamiento inicial (Ti) tienen concentraciones de 4,61 mg/kg de Cr. En 30 días el tratamiento 1 (T1) con 17 plantas de frijol castilla en 0,3 M2, la concentración es 4,61 mg/kg, 1053 % más que el ECA del suelo; en 39 días el tratamiento 2 (T2) con 20 plantas de frijol castilla en 0,25 M2, la concentración es de 4,37 mg/kg, 993 % más que el ECA; y, en 47 días de tratamiento 3 (T3) con 14 plantas de frijol castilla en 0,35 M2, la concentración es de 4,560 mg/kg, 1040 % más que el ECA del suelo. (Tabla 3 y Figura 3).

Tabla N° 3: Tratamiento de Cromo en suelos contaminados del botadero de Yacucatina.

CROMO				
DIAS	TRAT.	RESULT.	UNIDAD	ECA
0	T.i	4.61	mg/kg	0.4
30	T1	4.61	mg/kg	0.4
39	T2	4.37	mg/kg	0.4
47	T3	4.560	mg/kg	0.4

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021.

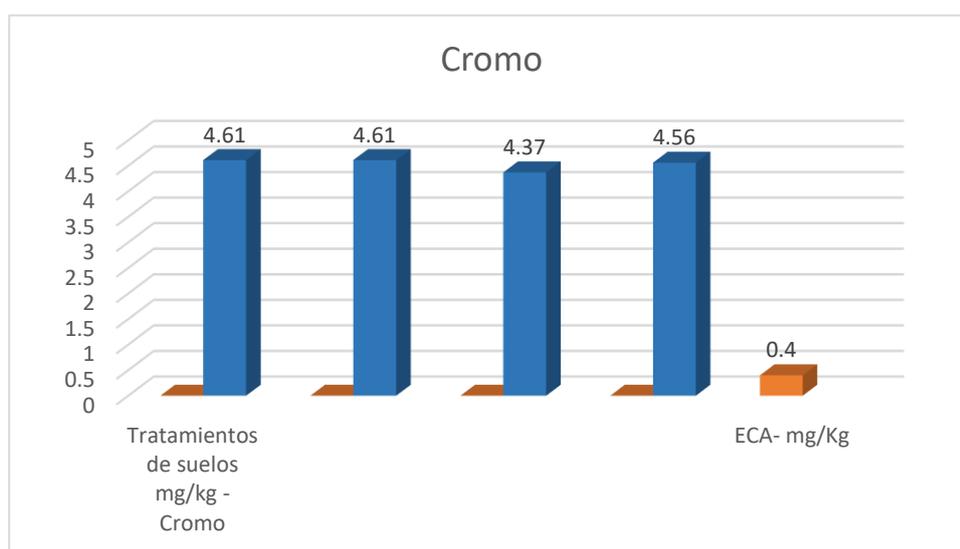


Figura N° 3: Tratamiento de Cromo utilizando frijol castilla.

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021

Crecimiento y desarrollo vegetativo del frijol Castilla (*Vigna Unguiculata*) post tratamiento.

4.4.- Las 17 plantas de frijol castilla en 0,3 M2, a los 30 días tienen 29,75 cm de altura promedio, variando entre 28 y 32 cm. Tienen 22,25 hojas promedio, con variación entre 21 y 25 hojas. Tienen raíces con 15 cm de longitud, con variaciones de 13 a 18 cm. También 6,25 ramas promedio, variando entre 6 y 7 ramas. (tabla 4 y Figura 4)

Tabla N° 4: Desarrollo vegetativo del frijol castilla (*Vigna Unguiculata*) en 30 días, parcela 1, 17 plantas.

Cant. Plantas	Altura (cm)	N° Hojas	Lon. Raíz (cm)	N° Ramas
5	28	21	15	6
4	30	23	14	7
3	32	25	18	6
5	29	20	13	6
Promedio:	29.75	22.25	15	6.25

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021.

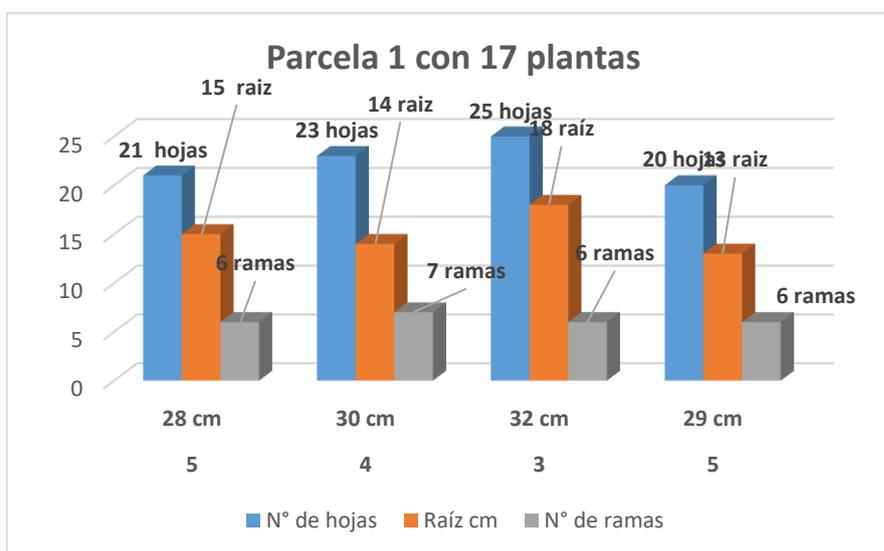


Figura N° 4: Parcela 1 con 17 plantas de frijol castilla

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021.

4.5.- Las 20 plantas de frijol castilla en 0,25 M2, a los 39 días tienen 29,75 cm de altura promedio, variando entre 29 y 31 cm. Tienen 22 hojas promedio, con variación entre 21 y 23 hojas. Tienen raíces con 13.75 cm de longitud, con variaciones de 12 a 16 cm. También 6 ramas promedio, variando entre 5 y 7 ramas. (tabla 5 y Figura 5)

Tabla N° 5: Desarrollo vegetativo del frijol castilla (*Vigna Unguiculata*) en 39 días, parcela 2, 20 plantas.

Cant. Plantas	Altura (cm)	N° Hojas	Lon. Raíz (cm)	N° Ramas
3	30	22	12	6
7	29	22	16	6
6	31	23	14	7
4	29	21	13	5
Promedio:	29.75	22	13.75	6

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021.

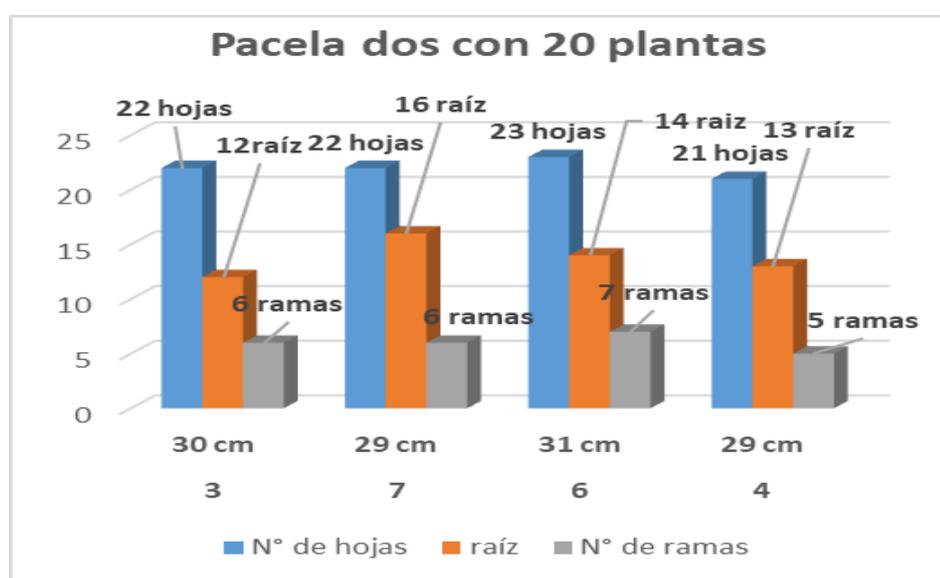


Figura N° 5: Parcela 2 con 20 plantas de frijol castilla

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021

4.6.- Las 14 plantas de frijol castilla en 0,35 M2, a los 47 días tienen 29,75 cm de altura promedio, variando entre 29 y 31 cm. Tienen 21.75 hojas promedio, con variación entre 20 y 24 hojas. Tienen raíces con 16 cm de longitud, con variaciones de 14 a 18 cm. También 5.75 ramas promedio, variando entre 5 y 7 ramas. (tabla 6 y Figura 6)

Tabla N° 6: Desarrollo vegetativo del frijol castilla (*Vigna Unguiculata*) en 47 días, parcela 3, con 14 plantas.

Cant. Plantas	Altura (cm)	N° Hojas	Lon. Raíz (cm)	N° Ramas
3	30	24	18	5
5	29	21	15	6
2	31	22	14	5
4	29	20	17	7
Promedio:	29.75	21.75	16	5.75

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021.

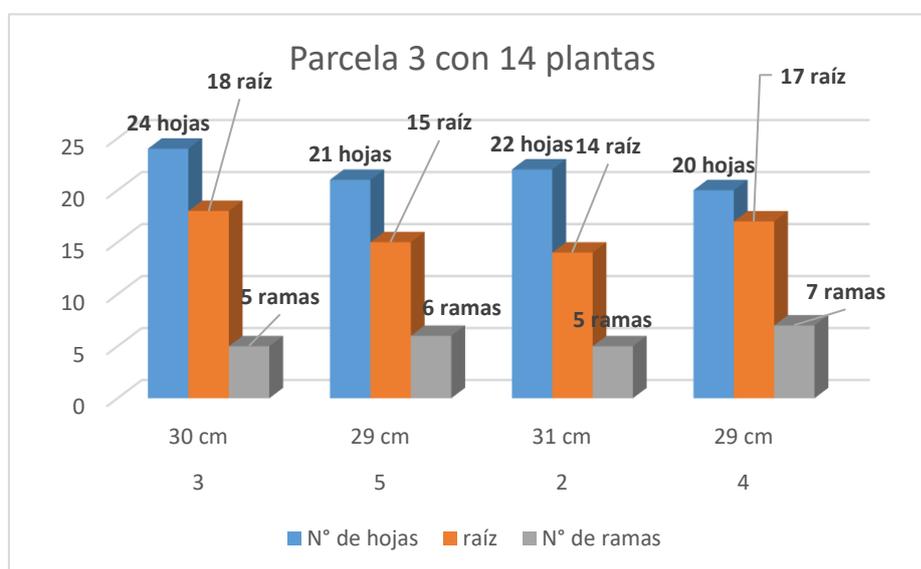


Figura N° 6: Parcela 3 conformada por 14 plantas de frijol castilla.

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021

Propuesta de fitorremediación para remover Cr y Cd con el frijol Castilla.

4.7.- El tratamiento de los suelos del botadero de Yacucatina, que ha brindado mejor fitorremediación en Cd fue la de 17 plantas de frijol castilla en 0,3 M2, y en Cr fue la de 20 plantas de frijol castilla/ 0,25 M2 (Propuesta de fitorremediación)

Fitorremediación de Cr y Cd en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol Castilla, Tarapoto – 2021

4.8.- La fitorremediación en suelos del botadero Yacucatina en 30 días el tratamiento 1 (T1) con 17 plantas de frijol castilla en 0,3 M2, se observa una concentración de 89 % de Cd, mayor al tratamiento inicial (T.i) y referente al Cr en tratamiento 1 (T1), es de 0 %, por lo tanto los valores no cambiarón; En 39 días el tratamiento 2 (T2) con 20 plantas de frijol castilla en 0,25 M2, se observa una concentración de 950 % de Cd, mayor al tratamiento inicial (T.i) y referente al Cr en tratamiento 2 (T2), es de 5 %, menos que el tratamiento inicial (T.i); En 47 días el tratamiento 3 (T3) con 14 plantas de frijol castilla en 0,35 M2, se observa una concentración de 110 % de Cd, mayor al tratamiento inicial (T.i) y referente al Cr en tratamiento 3 (T3), es de 1 %, menos que el tratamiento inicial (T.i) (Tabla 7 y Figura 7).

Tabla N° 7: Pre y post tratamiento del Cd y Cr – en suelos del botadero Yacucatina.

M.P	TRATAM.	DIAS	T1	DIAS	T2	DIAS	T3	ECA	UNIDAD
Cadmio	Pre	0	0.381	0	0.381	0	0.381	1.4	mg/kg
	Post	30	0.719	39	4	47	0.8		
Cromo	Pre	0	4.61	0	4.61	0	4.61	0.4	
	Post	30	4.61	39	4.37	47	4.56		

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021

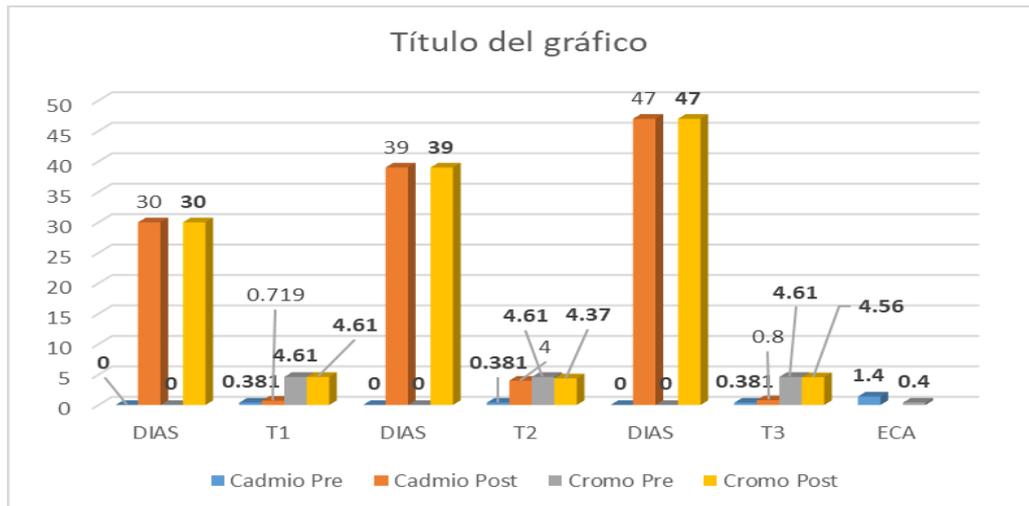


Figura N° 7: Resultados de Cd y Cr Pre y Post tratamiento

Fuente: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero Yacucatina, con siembra de frijol castilla, Tarapoto, 2021.

V. DISCUSIÓN

La finalidad del proyecto de investigación fue demostrar la fitorremediación de Cr y Cd en suelos del botadero de Yacucatina con siembra de frijol Castilla, lo que nos permitió llegar a resultados pre-tratamiento en donde se evidencia la concentración de Cd 0,381 mg/kg y Cr 4,61 mg/kg, teniendo en cuenta los resultados de PAPUICO, (2020), en su estudio de investigación titulado, “Fitorremediación de suelo contaminado con cadmio, utilizando *Lupinus mutabilis* y estiércol de lombriz – Jauja”, objetivo general es determinar la acumulación de Cd en el *Lupinus mutabilis* en suelo contaminado al que se adiciono estiércol de lombriz y variación de concentración de Cd en suelo. El ensayo consistió en el uso de macetas las que contienen 2 kg de suelo contaminado, se plantó el *L. mutabilis* y se experimentó por espacio de 62 días, el procedimiento constó de 5 dosis de estiércol de lombriz: 0, 5, 10, 15 y 20% dispuestos en diseños al azar con repeticiones de 3 bajo condiciones controladas. El contenido de Cd en la parte área de la planta estaba en promedio de 0.375 mg kg⁻¹ materia seca vegetal, la que disminuye cuando se adiciona el estiércol de lombriz. La concentración de Cd en el suelo varió de 2.870 y 2.40 mg kg⁻¹ para el experimento con 0% y 2% de estiércol, de tal manera que se corrobora los resultados con el autor.

Con respecto a las concentraciones del Cr y Cd de los suelos del botadero de Yacucatina post-tratamiento se presentan los siguientes resultados, con respecto al Cadmio a los 30 días T1 con 17 plantas de frijol castilla, la concentración del Cd fue de 0,719 mg/kg, menor a lo establecido en el ECA, a los 39 días en el T2 con 20 plantas tuvo una concentración de 4,00 mg/kg sobrepasando al ECA de suelos, a los 47 días en el T3 con 14 plantas de frijol castilla la concentración del Cd fue de 0,800 mg/kg, menor a lo establecido en el ECA para suelos. Respecto al Cromo a los 30 días T1 con 17 plantas de frijol castilla, la concentración del Cr fue de 4,61 mg/kg, mayor a lo establecido en el ECA, a los 39 días en el T2 con 20 plantas tuvo una concentración de 4,37 mg/kg sobrepasando al ECA de suelos, a los 47 días en el T3 con 14 plantas de frijol castilla la concentración del Cd fue de 4,560 mg/kg, mayor a lo establecido en el ECA para suelos. Comparando con el autor GAMA, (2019), en su investigación

de post grado, “Fitorremediación como alternativa de recuperar suelos afectados con desmontes de construcción - Cajabamba”, objetivo fue determinar el % de disminución de concentraciones de Cd, Cr y Pb con especies de trébol, taya y maíz. Diseño estadístico descriptivo longitudinal. Conclusión se identificó concentración de metales en la zona investigada Pb, Cd y Cr, donde las concentraciones están en el umbral del ECA para suelo, análisis obtenidos en los laboratorios de la UMALM, por lo tanto, se está de acuerdo con el autor ya que se pudo evidenciar las concentraciones de los metales de Cd y Cr.

Por su parte, el autor CERRÓN, *et al.* (2018); en su trabajo de investigación, “Fitorremediación con maíz (*Zea mays*) y compost de Stevia en suelos degradados por concentración de metales pesados – Mantaro”; cuyas concentraciones de Pb y Cd superan lo establecido en el ECA. Sus resultados indicaron que el suelo de Muqui contiene la mayor concentración de Pb y Cd, mostrando efectos negativos como bajo rendimiento de materia seca de tallos hojas y raíces del maíz, también un crecimiento lento de la planta, entonces de acuerdo a los resultados encontrados en el presente proyecto en donde se registró el crecimiento y desarrollo vegetativo del frijol Castilla post tratamiento, realizando la observación y estudio en cada una de las tres parcelas donde la parcela 1 está conformada por 17 la parcela 2 por plantas y 3 por 14 plantas, se muestran plantas con altura entre 28 cm a 31cm, conformadas por 20 a 25 hojas, longitud de raíz de 1.5 a 1.7 cm y con 6 a 8 ramas pequeñas, lo que significa la variabilidad en el desarrollo de las plantas por diferentes aspectos atmosféricos y calidad del suelo, con un crecimiento lento de las plantas y reproducción media.

Por otro lado, se elaboró una propuesta de fitorremediación para remover Cr y Cd con el frijol Castilla, donde el alcance se involucra de forma directa a la ciudad de Tarapoto, La Banda de Shilcayo, Morales, Juan Guerra, Utcucarca y Yacucatina, por ello este documento tendrá un alcance local, regional y nacional, teniendo como pilares la educación ambiental, el compromiso social y la conciencia ambiental; imponiendo como reto, representa un compromiso asumido por toda la gestión municipal, ya que tomar este modelo representa en la etapa de cierre y abandono mejorar las condiciones ambientales del suelo y que esta infraestructura no represente un pasivo ambiental en esta parte de la región San Martín.

VI. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados pre-tratamiento de los suelos contaminados del botadero de Yacucatina presentan concentraciones de Cd 0,381 mg/kg menor a lo establecido en el ECA para suelos (D. S. N° 011-2017-MINAM) y para Cr 4,61 mg/kg mayor al ECA.

Las concentraciones del Cr y Cd de los suelos del botadero de Yacucatina post tratamiento evidenció, con respecto al Cadmio a los 30 días T1 con 17 plantas de frijol castilla, la concentración fue de 0,719 mg/kg, menor a lo establecido en el ECA, a los 39 días en el T2 con 20 plantas tuvo una concentración de 4,00 mg/kg sobrepasando al ECA de suelos, a los 47 días en el T3 con 14 plantas de frijol castilla la concentración del Cd fue de 0,800 mg/kg, menor a lo establecido en el ECA para suelos. Respecto al Cromo a los 30 días T1 con 17 plantas de frijol castilla, la concentración del Cr fue de 4,61 mg/kg, mayor a lo establecido en el ECA, a los 39 días en el T2 con 20 plantas tuvo una concentración de 4,37 mg/kg sobrepasando al ECA de suelos, a los 47 días en el T3 con 14 plantas de frijol castilla la concentración del Cd fue de 4,560 mg/kg, mayor a lo establecido en el ECA para suelos, por lo que se concluye que el tratamiento para cadmio sobre pasa lo que establece el ECA para suelo, lo que significa que la planta de frijol castilla no es eficiente para tratar Cadmio en suelos contaminados, por lo contrario para cromo todas las concentraciones de este metal pesado se encuentran dentro lo establecido por la normativa nacional vigente.

El crecimiento y desarrollo vegetativo del frijol Castilla post tratamiento, en cada una de las tres parcelas en donde la parcela 1 está conformada por 17 plantas de frijol castilla , la parcela 2 por plantas 20 y la parcela 3 por 14 plantas, por lo que se identificaron plantas con altura entre 28 cm a 31cm, conformadas por 20 a 25 hojas, longitud de raíz de 1.5 a 1.7 cm y con 6 a 8 ramas pequeñas, lo que significa la variabilidad en el desarrollo de las plantas por diferentes aspectos atmosféricos y calidad del suelo, con un crecimiento lento de las plantas y reproducción media.

Se elaboró una propuesta de fitorremediación para remover Cr y Cd con el frijol Castilla lo que representa un compromiso asumido por toda la gestión municipal, ya que al tomar este modelo en la etapa de cierre y abandono tiende a mejorar las condiciones ambientales del suelo, además esta infraestructura no represente un pasivo ambiental en esta parte de la región San Martín.

De acuerdo a los parámetros de Cd y Cr evaluados se demostró la fitorremediación de los suelos contaminados del botadero Yacucatina por lo que se rechaza la H₀: la siembra de frijol Castilla no permite la fitorremediación del Cr y Cd en suelos del botadero Yacucatina – 2021, y se acepta la H₁: la siembra del frijol Castilla permite la fitorremediación del Cr y Cd en suelos del botadero Yacucatina – 2021.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendamos a las autoridades encargadas del botadero de Yacucatina, retener y sembrar este tipo de plantas o implementar con plantas de raíces profundas toda la zona que compete al botadero con el fin de reducir la contaminación de sus suelos por metales pesados.

Seguidamente sugerimos a los futuros investigadores realizar estudios de este tipo con más profundidad, lo que implica la aplicación de tratamiento sobre estos suelos que reciben y absorben no solo metales sino infinidad de contaminantes, para que las autoridades puedan implementarlo en las zonas que presentan tal daño ambiental.

Finalmente recomendamos a las personas que laboran dentro del botadero de Yacucatina, realizar sus actividades con ciertos cuidados de tal forma evitando el contacto con las plantas que se reproducen en dicho lugar, también no consumir las plantas que se producen en dicho espacio ya que se desconoce las cantidades de metales que pueden absorber y así evitar los riesgos en su salud.

REFERENCIAS

ANAYA, L. J. L.; SILVA, R. L.; MONTERO, T. V.; ESPEJEL, F. Y ACOSTA, G. J. A. (2015), Retos y oportunidades en la selección asistida de frijol resistente a BCMV y BCMNV en México. In: dimensión el problema. México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 6(3):453-465. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000300002

ARIAS, T. *et al.*, (2017). *Uso de Leersia hexandra (Poaceae) en la fitorremediación de suelos contaminados con petróleo fresco e intemperizado.* (artículo científico) SCIELO. México: Revista de biología tropical, vol. 65, no 1, ISSN 0034-7744. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S003477442017000100021

ARIAS-GÓMEZ, J.; VILLASIS, M. A. & MIRANDA, M. G. (2016); El protocolo de investigación III: la población de estudio. Artículo Científico. Revista Alergia México. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>

ALVAREZ, A. (2020); Clasificación de las investigaciones. Universidad de Lima. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818>

ARBOLEDA, V. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua.* Volumen I. Tercera edición. Mc Graw Hill. p. XXV. Disponible en: <https://cidta.usal.es/cursos/etap/modulos/libros/teoria.pdf>

ÁVILA, P.F.; CANDEIAS, C.; FERREIRA, A.; FERREIRA DA SILVA, E.; ROCHA, F. (2018). *Absorção de metais/metaloídes por Brassica olerácea L. e riscos químicos de consumo em solos contaminados de duas minas portuguesas de tungsténio. Geoquímica dos Processos de Alteração, dos Solos e dos Processos Biogeoquímicos.* Portugal. 201- 205. Disponible en:

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop/article/view/2186>

BAENA, G. (2017). Metodología de la investigación. Serie integral por competencias (3ta ed.). México: Grupo Editorial Patria. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

CERRON, M. et al. (2018). *Fitorremediación con Maíz (Zea mays L.) y compost de Stevia en suelos degradados por contaminación con metales pesados*. SCIELO. (artículo científico). Trujillo: Scientia Agropecuaria. Vol. 9, no 4. ISSN 2077-9917. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S207799172018000400011&script=sci_arttext&tlng=pt

COVARRUBIAS, S. A., & PEÑA, J. J. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación. Guanajuato, México: Int. Contam. Ambie. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.esp01.01>

CHOEZ, A. K. & RAVILLET, S. V. (2018); Frejol Castilla como ingrediente en raciones de crecimiento-engorde de cuyes mejorados. Revista de Investigación Veterinaria del Perú. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/veterinaria/article/view/14086>

GAMA, Y. O. (2019); La fitorremediación como alternativa de la recuperación de suelos afectados con desmontes de construcción – Cajabamba. Universidad Nacional de Cajamarca. Programa de maestría en ciencias. Cajamarca – Perú. Disponible en: <https://1library.co/subject/suelos-afectados>

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. Y BAPTISTA, M. (2016). Metodología de la investigación científica (8ta ed.). México: McGraw Hill. Disponible en:

https://www.uv.mx/personal/cbustamante/files/2011/06/Metodologia-de-la-Investigaci%C3%83%C2%B3n_Sampieri.pdf

HUARANGA MORENO, Félix et al. *Fitoextracción de Pb y Cd, presentes en suelos agrícolas contaminados por metales pesados por el rabo de zorro Lolium multiflorum L. (Poaceae)*. Arnaldoa [online]. 2021, vol.28, n.1, pp.149-162. ISSN 1815-8242 Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413.

GONZALES, A. (2004). *Granulometría, sedimentación, composición y contenido total de metales pesados en los sedimentos del río Cobre*. Santiago de Cuba: Facultad de Ciencias Naturales, Departamento de Química, Universidad de Oriente. Disponible en: <https://1library.co/article/potencial-hidrogeno-punto-cr%C3%ADtico-vulnerable-contaminacion.y8gnoj0z>

GRANIZO, M. (2007). *Análisis de Cu, Cd, Cr, Hg, Ni, Pb, y Zn en el antiguo botadero de "el Valle". Cuenca - Ecuador: Tesis para optar el título*. Disponible en: <http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm>

GALÁN, A. Y ROMERO E. (2008). *Contaminación de suelos por Metales pesados*. Macla Revista de la sociedad española de mineralogía 10. Disponible en: http://www.ehu.eus/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf

GALLARDO, E. E. (2017); *Metodología de la investigación*. Universidad Continental. Huancayo – Perú. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/4278>

INGAROCA, y JUAN. (2014). *Elaboración del plan de mitigación basado en la evaluación de grado de contaminación por metales y cianuro wad en los años 2010 - 2011 en la cuenca del río Chonta*. Perú: Universidad Alas Peruanas Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Disponible en:

http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9412/Torres_Quispe_Nely_Elma.pdf?sequence=1&isAllowed=y

JEREZ, J. A. (2013), *Remoción de metales pesados en lixiviados mediante fitorremediación Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, San Pedro de Montes de Oca San José*, tesis para optar el grado de licenciado en química, Costa Rica. Disponible en: <https://cupdf.com/document/universidad-de-costarica-facultad-de-ciencias-escuela-de-jerez-2013-remocion.html>

KRAUSE, M. (1995). La investigación cualitativa: un campo de posibilidades y desafíos. *Revista Temas de Educación*, (7), 19–36. Disponible en: <https://goo.gl/MyHnwD>

LUCHO, C., ALVAREZ, M., BELTRAN, R., PRIETO, F., Y POGGI, H. (2005). *A multivariate analysis of the accumulation and fractionation of major trace elements in agricultural soils in Hidalgo State, Mexico irrigated with waste water*. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>

LUE-HING, C., ZENZ, R., Y KUCHENRITHER, D. (1992). *Sewage Sludge management, processing, utilization and disposal*. Technomic. U.S.A. 69: 653. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/4040?show=full>

MARTÍN DEL CAMPO, S., MIER, V., Y HACHEC, R. (2002). *Aplicación de lodos residuales municipales en el cultivo de haba (Vicia faba L.) en suelos agrícolas del Valle de Toluca, XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Cancún*. UAEMéx, págs. pp 1-7. Disponible en: <https://mydokument.com/aplicacion-de-lodos-residuales-municipales-en-cultivo-de-haba-vicia-faba-l-en-suelos-agricolas-del-valle-de-toluca.html>

MARTINS, F., & PALELLA, S. (2012). *Metodología de la Investigación Cuantitativa* (3ra ed.). Caracas, Venezuela: Fondo Editorial de la

Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL). Disponible en: <https://issuu.com/originaledy/docs/metodologc3ada-de-la-investigacic3b>

MARTÍNEZ, J., PEREIRA, R., BASTOS, L., GONZÁLEZ, D., & BONAMIGO, R. (2016). Muestreo: ¿Cómo seleccionar a los participantes en mi estudio de investigación? *Revista An Bras Dermatol*, 91(3), 326-330. Obtenido de. Disponible en: http://tambara.org/wp-content/uploads/2021/04/MuestreoAleatorio_Rodriguez-et-al.pdf

MARTINEZ, Fabiola. *Edafología y fertilidad de suelos. Instituto Tecnológico Superior "JUAN MONTALVO*. Loja – Ecuador. 2016. 92 pp. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/523111044/Edafologia-y-Fertilidad-de-Suelos>

MENDEZ, N. L. (2020); Procesos de fitorremediación en suelos contaminados con cadmio: Revisión de literatura. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6760/1/IAD-2020-T023.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO, MINAG. (2016); Leguminosas de grano: semillas nutritivas para un Futuro Sostenible. Primera edición. GALU GRAF S.A.C. PERÚ. Disponible en: <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/legumbres/catalogo-leguminosas.pdf>

MINISTERIO DEL AMBIENTE, MINAM. (2014); Guía para Muestreo de Suelos (En el marco del Decreto Supremo N° 002- 2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo). Perú. 39 pp. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>

NÚÑEZ LÓPEZ, R., MEAS VONG, Y., ORTEGA BORGES, R., & OLGUIN, E. (2016). *Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones*. 69 - 82.

Disponible

en:

https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf

ORTIZ, H., MORILLO, V., Y VILLAVICENCIO, B. (1999). *Efectos de la adición de lodos residuales sobre un suelo agrícola y un cultivo de maíz. Laboratorio de Investigaciones Ambientales, Centro de Investigación en Biotecnología*, Universidad Autónoma del Estado de México: Rev. Int. Contam. Ambient. 15(2) 69-77. Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/370/37015202.pdf>

PANDEY, V. Y BAJPAI, O. (2019). Phytoremediation: from theory toward practice. *Phytomanagement of polluted sites* (pp. 1-49). Lucknow. doi:10.1016/B978-0-12-813912-7.00001-6. Disponible en:

https://www.academia.edu/41513453/Phytoremediation_From_Theory_Toward_Practice

PAPUICO, R. P. (2020); "Fitorremediación de un suelo contaminado con cadmio, utilizando *Lupinus mutabilis* y estiércol de lombriz. Huancaní, Jauja. Universidad Continental. Disponible en:

<https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/8548>

RAMÍREZ, G. et al., (2019). *Potencial fitorremediador de la chicura (Ambrosia ambrosioides) en suelos contaminados por metales pesados.* (artículo científico) SCIELO. Mexico: Revista Mexicana de ciencias agrícolas, vol. 10, no 7, ISSN 2007-0934. Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342019000701529&script=sci_arttext

SÁNCHEZ-LÓPEZ, A.S.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M.C.A.; CARRILLO-GONZÁLEZ, R. (2017). Absorber, Inmovilizar o atrapar: Funciones de las plantas en las remediaciones de sitios contaminados por elementos potencialmente tóxicos. *Agroproductividad* 10(4): 80-86. Disponible en:

<https://revistaagroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1007>

SANTOS, G. (2017); Validez y confiabilidad del cuestionario de calidad de vida SF-36 en mujeres en Lupus – Puebla. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Facultad de Ciencias Físico Matemáticas – México. Disponible en: <https://www.fcm.buap.mx/assets/docs/docencia/tesis/ma/GuadalupeSantosSanchez.pdf>

SAMAMÉ, S. *et al.* (2020); *Capacidad del Gynerium sagittatum para la fitorremediación de suelos de cultivos arroz con metales pesados bajo condiciones controladas*, Moyobamba, 2020 [online] (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Moyobamba Perú. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/55489>

TOLEDO, N. (2018); Investigación científica: Población y muestra. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/63099/secme-26877.pdf?sequence=1>

TUESTA, O. *et al.* (2020). *Prospección de especies arbóreas para la fitorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos, Amazonas, Perú.* (artículo científico). Lima: Revista forestal del Perú. Vol. 35, no 1. ISSN 2523-1855. Disponible en: <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1474>

ULLCA, J; (2021); Los rellenos sanitarios. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida* [en línea]. 2005, (4), 2-17[fecha de Consulta 20 de Julio de 2021]. ISSN: 1390-3799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476047388001>

VALLADOLIT C. M. A (1994) Contribución de la investigación en leguminosas de grano al desarrollo agrario en los diez últimos años IM. Contribución de la investigación en leguminosas de grano y oleaginosas al

desarrollo agrario en los últimos diez años. INIA DGIA Lima- Perú.
Disponible en: Disponible en: <https://orgprints.org/id/eprint/33172/1/actas-congreso%20lugo16-vdb.pdf>

WALPOLE, R. E. & MYERS, R. H. (1996); Probabilidad y Estadística. 4. ed.
Ciudad de México, McGraw-Hill, Disponible en:
https://verenciafunez94hotmail.files.wordpress.com/2014/08/8va-probabilidad-y-estadistica-para-ingenier-walpole_8.pdf

ANEXOS

Cuadro N° 1: Operacionalización de las variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos de botadero Yacucatina	La fitorremediación es la restauración de las características del suelo y agua a través de la capacidad de las plantas de concentrar contaminantes orgánicos e inorgánicos, por medio de la bioacumulación, translocación y degradación, las plantas mantienen su capacidad de neutralización de los agentes contaminantes actuando como esponjas o sumideros (MÉNDEZ, 2020)	Se determinará la concentración cromo y cadmio presentes en el suelo del botadero y la absorción en la planta de frijol castilla.	<ul style="list-style-type: none"> - Concentración de metales pesados - 	<p style="text-align: center;">Cadmio</p> <p style="text-align: center;">Cromo</p> <p style="text-align: center;">-</p>	ug/muestra
Siembra de frijol castilla	La época de siembra de los frijoles en la selva es de mayo a junio si son sembradas en la ribera de los ríos (bajiales) y suelos de restinga. En Tarapoto, la variedad blanca cumbaza-INIA y la línea CMCX-16 1 - OIF se siembran entre mayo y abril en suelos de secano y entre mayo y junio en suelos de restinga (Valladolid, 1994).	Se empleará 51 plantas de frijol castilla dividida en 3 parcelas donde se determinará la capacidad fitorremediadora de frijol castilla.	<ul style="list-style-type: none"> - Características morfológicas 	<ul style="list-style-type: none"> - Longitud de raíz - N° de hojas - N° de ramas - Diámetro - Color de hojas - Altura 	Longitud

Anexo 2: Fórmula para calcular la muestra

$$n = \frac{(Z)^2(N)(p)(q)}{(e)^2(N - 1) + z^2(p)(q)}$$

Donde:

n = Tamaño de la muestra

N = N° de plantas total de las 3 parcelas

Z = 90% 1,019

p = 0.6 0.6

q = 0.4 0.4

e = 10% 0.1

$$= \frac{2.25 * 244.571429}{0.01 1018.04762 + 0.54}$$

$$= \frac{550.2857143}{10.1804762 + 0.54}$$

$$\frac{550.2857143}{10.72}$$

n = 51 plantas de frijol castilla

Anexo 3: Propuesta de fitorremediación

La propuesta frente a la problemática de los suelos del botadero Yacucatina por metales pesados, involucra de forma directa a la ciudad de Tarapoto, La Banda de Shilcayo, Morales, Juan Guerra, Utcurarca y Yacucatina, por ello este documento tendrá un alcance local, regional y nacional.

Pilares.

Educación ambiental.

Este pilar es fundamental, porque permitirá el proceso de formación de la conciencia ambiental respecto a la gravedad ambiental y social que ocasiona la concentración de metales pesados en los cuerpos receptores, incentivando a los trabajadores del relleno sanitario y recicladores, el desarrollo de valores nuevos que van a contribuir con el uso adecuado del suelo y a solucionar los problemas ambientales acarreados por los suelos contaminados.

Compromiso social

Lo que implica que no solo los trabajadores y recicladores del botadero Yacucatina deben interesarse y participar en el bienestar de su localidad (localidades cercanas al relleno), si no que toda la población debe participar en ella, ya que cualquier problemática ambiental que sucede dentro de su área de influencia no solo afecta a ellos, si no afecta a toda la población en su conjunto.

Conciencia ambiental.

La conciencia ambiental está íntimamente ligado al compromiso que tienen las personas, para preservar, conservar y proteger de manera razonable, responsables y racional los recursos naturales del medio ambiente, por medio de actitudes y valores que coadyuven a lograr una sociedad responsable y ciudades ecoeficientes.

Cadena de custodia de muestras para ensayo de laboratorio

ALAB		CADENA DE CUSTODIA - MATRIZ SUELO, LODO Y SEDIMENTO						L: P-06/131		
								R: 01		
								W: 200-Pa-13		
Datos del cliente: Razón Social: <u>Lozano, Conservos S.A.C.</u> Persona de contacto: <u>D. Adri Lozano Choro</u> Correo / Teléfono: Nombre del proyecto: <u>Fitoremediación de Ciénaga y Ciénaga en suelos del Barrio Yacupata, con siembra de fijador de Nitrógeno 2021.</u>							Orden de servicio: <u>4724</u> Pág. <u>01</u> de <u>01</u> Plan de Monitoreo: <u>CC-21-14592</u> Informe de ensayo: <u>IC-21-64632</u> Procedencia o lugar de muestreo: <u>Toripato</u>			
Item	Punto de muestreo / Estación	Código de laboratorio	Muestras	Tipo de Muestra (Suelo, Lodo, Sedimento)	Ubicación			N° de frascos	Muestras T.	OBSERVACIONES
					Coordenadas (UTM)	V	F			
1	T0-suelo BY	SS366	09/11/21 03:23pm	Suelo	19281806 E 326702			01	✓	
2	T1-suelo BY	SS367	24/10/21 09:53am	Suelo	19281987 E 244316			01	✓	
3	T2-suelo BY	SS368	01/11/21 05:56pm	Suelo	19281987 E 244314			01	✓	
4	T3-suelo BY	SS369	09/11/21 04:39pm	Suelo	19281988 E 244314			01	✓	
5			F: H:		N: E:					
6			F: H:		N: E:					
7			F: H:		N: E:					
8			F: H:		N: E:					
9			F: H:		N: E:					

Descripción de equipos utilizados:			Muestreador por:		Cliente:	
Item	Código interno del equipo	Nombre de equipo	Nombre:	Alex Rios	Alex Rios	
1			Fecha:			
2			Firma:			

Legenda	
V Vidrio	T° amb. : Temperatura ambiente
P: Plástico	T° ref. : Temperatura de refrigeración
B: Bolo	C : Contorno
N: Norte	NC : No contorno
E Este	F : Fecha
	H : Hora

Muestreado por: ALAB Cliente

Observaciones / Comentarios

Sede principal: Proseguir Zarumilla Mz. 02, Lt. 3, Belén, Callao / Sede Guardia Chacabaz: Av. Guardia Chacabaz N° 1877, Belén, Callao / Sede Arequipa: Urbanización Tahuayán Mz. C, Lt. 27, distrito de Sachaca, Arequipa / Sede Piura: Urbanización Los rosales Mz N Lt 20 (Español de Universidad UPEL), distrito de Piura, Piura
 Web site: www.alab.com.pe E-mail: grupo.comercial@alab.com.pe - RUC: 2063201801 - T: (01)431309 - (017)38030 Cel: 943966881 - 932846458

Documento controlado. Prohibida su reproducción parcial o total sin autorización de ALAB.

INFORMES

Validación de Instrumentos

Validación de especialista N° 1- Ficha de observación



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dr. Lozano Chung, Andi
Institución donde labora : Universidad Nacional de San Martín Tarapoto
Especialidad : Docente Temático
Instrumento de evaluación : Ficha de observación
Autor (s) del instrumento (s) : Aler Rios Lozano
Bertolt Charles Franz Sánchez Najar

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					x
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				x	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero de Yacucatina				x	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				x	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					x
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero de Yacucatina					x
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					x
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero de Yacucatina					x
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					x
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				x	
PUNTAJE TOTAL						46

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

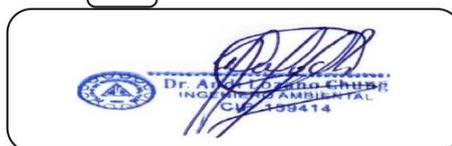
III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

4.6

Tarapoto 13 de Diciembre de 2021



Validación de especialista N° 2 - Ficha de observación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

III. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dr. Ruiz Aguilar Juan Luis
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo
 Especialidad : Docente metodólogo
 Instrumento de evaluación : Ficha de observación
 Autor (s) del instrumento (s) : Aler Rios Lozano
 Bertolt Charles Franz Sánchez Najar

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					x
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				x	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero de Yacuatina				x	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				x	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					x
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero de Yacuatina					x
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					x
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero de Yacuatina					x
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					x
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				x	
PUNTAJE TOTAL						46

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

4.6

Tarapoto 13 de Diciembre de 2021

Validación de especialista N° 3 - Ficha de observación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

V. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Blga. Colichon Carranza, Luz Margarita
 Institución donde labora : Red de Salud del Dorado
 Especialidad : Bióloga
 Instrumento de evaluación : Ficha de observación
 Autor (s) del instrumento (s) : Aler Rios Lozano
 Bertolt Charles Franz Sánchez Najar

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				x	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					x
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable:					x
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					x
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				x	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero de Yacucatina					x
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					x
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Fitorremediación de cromo y cadmio en suelos del botadero de Yacucatina					x
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.			x		
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					x
PUNTAJE TOTAL					46	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

4.6

Tarapoto 13 de Diciembre de 2021



Validación de especialista N° 1 - Cadena de Custodia



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

II. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dr. Lozano Chung Andi
Institución donde labora : Universidad Nacional de San Martín Tarapoto
Especialidad : Docente Temático
Instrumento de evaluación : Cadena de custodia
Autor (s) del instrumento (s) : Aler Ríos Lozano
Bertolt Charles Franz Sánchez Najjar

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					x
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					x
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Siembra de frijol castilla .					x
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					x
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				x	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: Siembra de frijol castilla .					x
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				x	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Siembra de frijol castilla .					x
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					x
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				x	
PUNTAJE TOTAL						47

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

4.7

Tarapoto 13 de Diciembre de 2021



Validación de especialista N° 2 - Cadena de Custodia



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

IV. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Dr. Ruiz Aguilar Juan Luis
 Institución donde labora : Universidad César Vallejo
 Especialidad : Docente metodólogo
 Instrumento de evaluación : Cadena de custodia
 Autor (s) del instrumento (s) : Aler Rios Lozano
 Bertolt Charles Franz Sánchez Najar

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					x
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					x
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Siembra de frijol castilla .					x
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				x	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				x	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: Siembra de frijol castilla .					x
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					x
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Siembra de frijol castilla .					x
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					x
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				x	
PUNTAJE TOTAL						47

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

VI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

4.7

Tarapoto 13 de Diciembre de 2021

Validación de especialista N° 3 - Cadena de Custodia



INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

VI. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Blga. Colichon Carranza, Luz Margarita
 Institución donde labora : Red de Salud del Dorado
 Especialidad : Bióloga
 Instrumento de evaluación : Cadena de custodia
 Autor (s) del instrumento (s) : Aler Rios Lozano
 Bertolt Charles Franz Sánchez Najar

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				x	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					x
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Siembra de frijol castilla .					x
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				x	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				x	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio: Siembra de frijol castilla .					x
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					x
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Siembra de frijol castilla .					x
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					x
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					x
PUNTAJE TOTAL					47	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

4.7

Tarapoto 13 de Diciembre de 2021



Informe de resultados emitidos por el laboratorio acreditado-ALAB SAC



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14632

I. DATOS DEL SERVICIO

1-RAZON SOCIAL : LOZANO CONSULTORES S.A.C.
2-DIRECCIÓN : JR. RAMON CASTILLA N° 704 - TARAPOTO
3-PROYECTO : FITORREMEDIACIÓN DE CROMO Y CADMIO EN SUELOS DE RELLENO SANITARIO, CON SIEMBRA DE FRUOL CASTILLA, YAUCATINA, 2021
4-PROCEDENCIA : TARAPOTO
5-SOLICITANTE : SOMALAB SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
6-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000004729-2021-0001
7-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8-MUESTREO POR : EL CLIENTE
9-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2021-11-24

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1-PRODUCTO : Suelos
2-NÚMERO DE MUESTRAS : 4
3-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2021-11-11
4-PERÍODO DE ENSAYO : 2021-11-11 al 2021-11-24

Galvy Moreno Mañot
Jefe de Laboratorio
CIP N° 151267

Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152267

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14632

EL MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Metales Totales en suelos ICP MS ¹	EPA Method 8200 II rev 2, 1996 / EPA METHOD 8200, Rev. 2, 2014	Inductively coupled plasma-mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. VALIDATED (Applied out of reach) 2020.

¹EPA¹ : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

²Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14632
IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-05398	M-21-05397	M-21-05398	M-21-05398			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	T3-SURELO BY	T3-SURELO BY	T3-SURELO BY	T3-SURELO BY			
COORDENADAS:	E038420	E038420	E038420	E038420			
UTM WGS 84:	N9281988	N9281987	N9281987	N9281988			
PRODUCTO:	SULFOS						
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	09-11-2021 09:23	28-10-2021 09:53	01-11-2021 05:56	09-11-2021 04:28			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Metas Totales en suelos ICP MS							
Aluminio ¹	mg/Kg	0.30	0.30	13 828.96	13 988.26	13 981.98	13 224.17
Antimonio ¹	mg/Kg	0.05	0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Arsénico ¹	mg/Kg	0.02	0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Bario ¹	mg/Kg	0.01	0.03	126.18	132.73	141.73	138.12
Berilio ¹	mg/Kg	0.01	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Bismuto ¹	mg/Kg	0.05	0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Boro ¹	mg/Kg	0.03	0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Cadmio ¹	mg/Kg	0.005	0.020	0.361	0.716	0.660	0.623
Calcio ¹	mg/Kg	0.1	0.4	26 652.7	27 470.4	27 669.9	26 624.8
Cromo ¹	mg/Kg	0.04	0.10	31.63	18.33	21.36	21.68
Cobalto ¹	mg/Kg	0.05	0.20	0.26	0.60	0.90	0.46
Cobres ¹	mg/Kg	0.005	0.020	12.323	11.282	6.768	12.681
Cromo ¹	mg/Kg	0.01	0.03	4.61	4.37	4.36	4.81
Cesio ¹	mg/Kg	0.03	0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Estroncio ¹	mg/Kg	0.05	0.20	52.61	57.51	52.93	52.51
Fosforo ¹	mg/Kg	0.04	0.10	234.18	268.51	268.76	319.01
Hierro ¹	mg/Kg	0.05	0.20	10 127.19	11 361.13	12 276.92	11 708.14
Litio ¹	mg/Kg	0.003	0.010	0.729	0.693	0.689	0.645

¹ Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, *¹ Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, *¹ Menor que el L. D.M.

*¹ No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14632

ITEM	1	2	3	4			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-21-00200	M-21-00207	M-21-00208	M-21-00209			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	T0-SUELO BY	T1-SUELO BY	T3-SUELO BY	T3-SUELO BY			
COORDENADAS:	E 0044012	E 0044016	E 0044014	E 0044014			
UTM WGS 84:	N 9281988	N 9281987	N 9281987	N 9281988			
PRODUCTO:	SUELOS						
INSTRUMENTO DE MUESTREO:	NO APLICA						
FECHA y HORA DE MUESTREO:	09-11-2021 09:30	26-10-2021 09:53	01-11-2021 08:58	09-11-2021 04:38			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS			
Magnesio ¹	mg/kg	0.06	0.20	2 762.97	2 758.87	2 674.53	2 713.17
Manganeso ¹	mg/kg	0.01	0.03	3 171.17	703.86	678.63	787.60
Mercurio ¹	mg/kg	0.01	0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Molibdeno ¹	mg/kg	0.03	0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Níquel ¹	mg/kg	0.01	0.04	8.71	8.20	8.28	8.40
Plata ¹	mg/kg	0.03	0.10	<0.10	<0.10	<0.10	<0.10
Plomo ¹	mg/kg	0.05	0.20	1.85	3.37	3.94	7.83
Potasio ¹	mg/kg	0.30	1.00	2 348.58	2 993.82	2 750.48	2 312.06
Selenio ¹	mg/kg	0.05	0.20	<0.20	<0.20	<0.20	<0.20
Silicio ¹	mg/kg	0.02	0.07	385.46	488.94	1 185.63	325.76
Sodio ¹	mg/kg	0.03	0.10	682.29	803.54	332.94	682.52
Taño ¹	mg/kg	0.01	0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Tiempo ¹	mg/kg	0.03	0.10	<0.10	<0.10	2.18	<0.10
Tiempo ¹	mg/kg	0.01	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Uranio ¹	mg/kg	0.01	0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
Vanadio ¹	mg/kg	0.01	0.04	24.58	23.37	25.82	22.83
Zinc ¹	mg/kg	0.01	0.03	1 500.86	36.80	37.86	31.58

¹ Ensayo acreditado por el IAG

L.D.M.: Límite de cuantificación del método, ¹< Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, ¹< Menor que el L.D.M.

¹< No ensayado

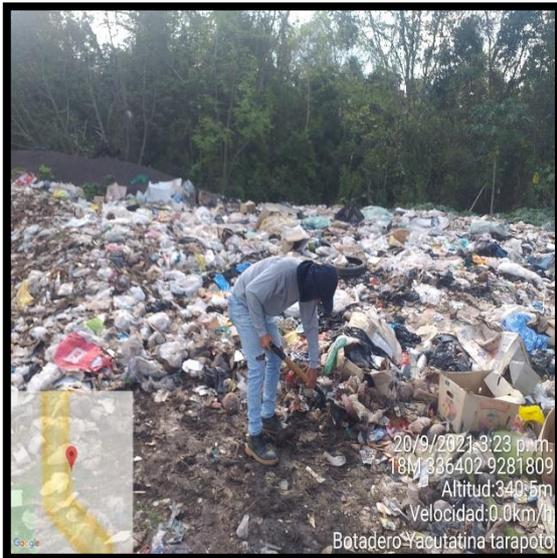
NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

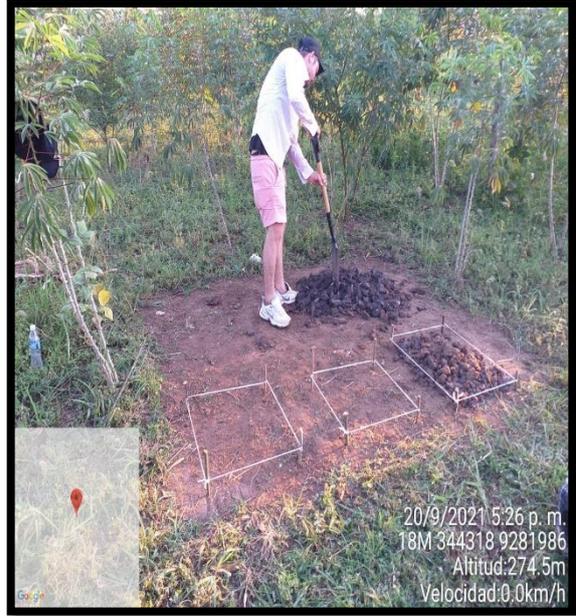
Panel fotográfico



Recoleccion de los suelos del botadero Yacutatina.



Acondicionamiento del terreno para los 3 tratamientos.



Armado de las 3 camas con los suelos del Botadero Yacucatina.



Circulación con malla raschel todo el perímetro del proyecto para evitar el ingreso de animales e insectos.



23/9/2021 5:36 p. m.
18M 344318 9281989
Altitud:270.6m
Velocidad:0.0km/h



23/9/2021 5:23 p. m.
18M 344316 9281986
Altitud:270.9m
Velocidad:0.0km/h

Sembrado de las semillas de frijol castilla; primera parcela con 17 plantas en 0.30 M², segunda parcela con 20 plantas en 0.25 M² y la tercera parcela con 14 plantas en 0.35 M².



2/10/2021 6:02 p. m.
18M 344319 9281985
Altitud:272.3m
Velocidad:0.0km/h
Parcela 1: 17 plantas



2/10/2021 6:03 p. m.
18M 344319 9281987
Altitud:268.5m
Velocidad:0.0km/h
Parcela 2: 20 plantas



2/10/2021 6:03 p. m.
18M 344317 9281986
Altitud:267.2m
Velocidad:0.0km/h
Parcela 3: 14 plantas

Primera semana de germinación del frijol castilla en las 3 parcelas con suelos del Botadero Yacucatina.



Segunda semana de germinación del frijol castilla en las 3 parcelas con suelos del Botadero Yacucatina.



Tercera semana de germinación del frijol castilla en las 3 parcelas con suelos del Botadero Yacucatina.



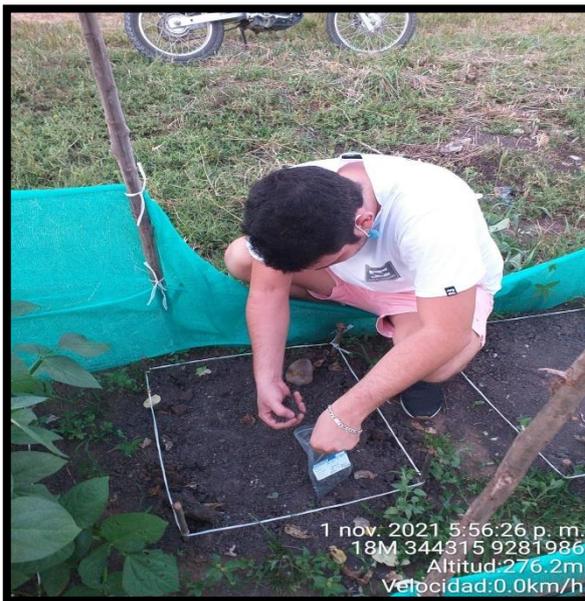
Cuarta semana de germinación del frijol castilla en las 3 parcelas con suelos del Botadero Yacucatina.



Recolección de la muestra del suelo, tratamiento 0 (T0) del Botadero Yacucatina pre tratamiento.



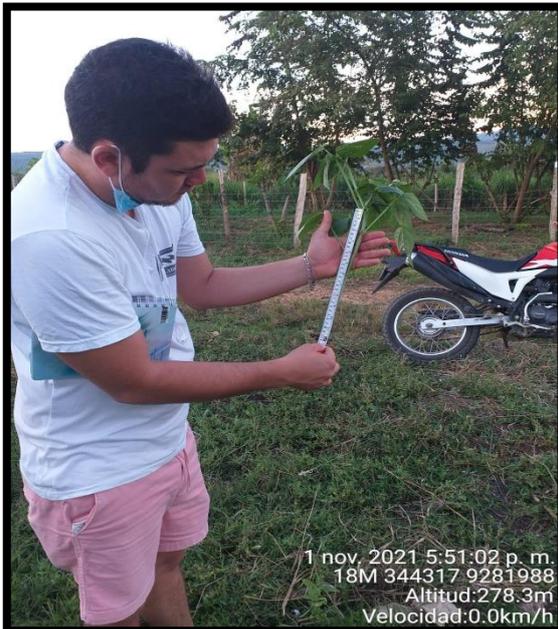
Recolección de la muestra del suelo, tratamiento 1 (T1) de la primera parcela con 17 plantas en 0.30 M2 post tratamiento.



Recolección de la muestra del suelo, tratamiento 2 (T2) de la segunda parcela con 20 plantas en 0.25 M2 post tratamiento.



Recolección de la muestra del suelo, tratamiento 3 (T3) de la tercera parcela con 14 plantas en 0.35 M2 post tratamiento.



Registrando el crecimiento y desarrollo vegetativo del frijol Castilla post tratamiento.