



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Remediación de suelos de cacaotales con concentraciones de cadmio, mediante la siembra de *Chrysopogon zizanioides*, El Dorado, 2021.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AMBIENTAL

**AUTORA:**

León Torres, Almendra Penelope (ORCID: 0000 - 0001- 9099 - 0674)

**ASESOR:**

MSc. Ordoñez Sanchez, Luis Alberto (ORCID: 0000 - 0003 - 3860 - 4224)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Calidad y gestión de los recursos naturales

TARAPOTO – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

La presente investigación, va dedicada en primer lugar a Dios, a mis padres y hermanas que se mantuvieron presentes apoyándome en cada etapa de la elaboración de mi tesis, quienes fueron el soporte económico y motivación constante para no rendirme hasta lograr cumplir mis metas. Siendo mi familia mi mayor ejemplo de superación.

**León Torres, Almendra Penélope**

## **Agradecimiento**

A la Universidad César Vallejo por brindarme el acceso mediante la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Ambiental, para lograr mi meta trazada.

Al Msc. Ing. Luis Alberto Ordoñez Sánchez– Asesor de Tesis de la UCV, por el tiempo brindado y su rescatada labor mediante su asistencia para el desarrollo de la tesis.

Así mismo a cada uno de los profesionales que estuvieron presentes durante el tiempo de ejecución de la investigación.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras .....	vi
Resumen.....	vii
Abstract .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA .....</b>	<b>9</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	10
3.1.1. Tipo de investigación .....	10
3.1.2. Diseño de investigación.....	10
3.2. Variables y operacionalización.....	10
3.2.1. Variable independiente .....	10
3.2.2. Variable dependiente.....	10
3.2.3. Operacionalización de variables.....	10
3.3. Población, muestra y muestreo .....	11
3.3.1. Población .....	11
3.3.2. Muestra .....	11
3.3.3. Muestreo .....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	12
3.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	12
3.4.2. Instrumentos de recolección de datos. ....	12
3.5. Criterios de validez y confiabilidad .....	12
3.5.1. Validez de los Instrumentos .....	12
3.1.1. Confiabilidad de los Instrumentos .....	12
3.6. Procedimiento.....	13
3.7. Método de análisis de datos .....	20
3.8. Aspectos éticos .....	20
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>21</b>
<b>V. DISCUSIÓN .....</b>	<b>26</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>29</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>30</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>31</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>35</b>

## Índice de tablas

Tabla 1 <i>Puntos de monitoreo - muestreo de identificación.</i> .....	16
Tabla 2 <i>Parámetros de evaluación.</i> .....	16
Tabla 3 <i>Valores de Cd en parcelas de cacao - pre y post tto con C. zizanioides.</i> .....	21
Tabla 4 <i>Valores de Cd en C. zizanioides en pre y post tratamiento de fitorremediación.</i> ...	22
Tabla 5 <i>Número de raíces de C. zizanioides en fitorremediación por parcela.</i> .....	22
Tabla 6 <i>Longitud de raíces de C. zizanioides en fitorremediación por parcela.</i> .....	23
Tabla 7 <i>Número de hojas en plantas de C. zizanioides en fitorremediación por parcela.</i> .	24
Tabla 8 <i>Longitud de hojas en plantas de C. Zizanioides en fitorremediación por parcela.</i>	25

## Índice de figuras

Figura 1 <i>Diseño cuasi-experimental.</i> .....	10
Figura 2 <i>Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de suelo.</i> .....	15
Figura 3 <i>Diseño de la parcela – sub parcelas.</i> .....	18
Figura 4 <i>Puntos en cada sub parcela (1x4m) según un área rectangular.</i> .....	19
Figura 5 <i>Número de raíces de C. zizanioides en fitorremediación por parcela.</i> .....	23
Figura 6 <i>Longitud de raíces de C. zizanioides en fitorremediación por parcela.</i> .....	24
Figura 7 <i>Número de hojas de C. zizanioides en fitorremediación por parcela.</i> .....	25
Figura 8 <i>Longitud de hojas de C. zizanioides en fitorremediación por parcela.</i> .....	26

## Resumen

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la remediación de suelos de cacaotales con concentraciones de cadmio, mediante la siembra de *Chrysopogon zizanioides* (vetiver). La investigación es de tipo cuasi experimental cuantitativa, la población estuvo conformada por el suelo agrícola de cultivo de *Theobroma cacao*, El Dorado - Sisa. En las plantaciones de cacaotales jóvenes se delimitaron las parcelas experimentales con 80, 67 y 53 plantas por parcela respectivamente donde se instaló las plantas de vetiver. Se evaluó por 30 días, con los siguientes resultados, la concentración de Cd en el suelo antes del tratamiento fue 1.80 mg/kg, en las parcelas experimentales (PI, PII y PIII) post el tratamiento fue < 0,5 mg/kg para todos los casos; en la biomasa de vetiver en pre tratamiento la concentración de Cd fue < 0,05 mg/kg (M0) y post tratamiento fue 0,09 mg/kg (MF). Las raíces del vetiver se incrementaron en 12 unidades (15 a 27) con crecimiento de 7 cm, el número de hojas varió de 8 a 18 unidades y su longitud varió de 22 a 55 cm bajo 0.38 Cmol/Kg de K cambiante, <1 mg/Kg de P, 8.00 mg/Kg de N total, pH 7.69 y 2.8% de materia orgánica.

**Palabras clave:** Fitorremediación, cadmio, vetiver, suelo, cacao.

### **Abstract**

The objective of this research was to evaluate the remediation of cacao plantation soils with cadmium concentrations, through the sowing of *Chrysopogon zizanioides* (vetiver). The research is of a quantitative quasi-experimental type, the population was made up of the agricultural soil of *Theobroma cacao*, El Dorado - Sisa. In the young cocoa plantations, the experimental plots were delimited with 80, 67 and 53 plants per plot respectively where the vetiver plants were installed. It was evaluated for 30 days, with the following results, the concentration of Cd in the soil before the treatment was 1.80 mg / kg, in the experimental plots (PI, PII and PIII) after the treatment it was <0.5 mg / kg for all cases; in the vetiver biomass in pre treatment the Cd concentration was <0.05 mg / kg (M0) and post treatment was 0.09 mg / kg (MF). Vetiver roots increased by 12 units (15 to 27) with a growth of 7 cm, the number of leaves varied from 8 to 18 units and their length varied from 22 to 55 cm under 0.38 Cmol / Kg of changeable K, <1 mg / Kg of P, 8.00 mg / Kg of total N, pH 7.69 and 2.8% of organic matter.

**Keywords:** Phytoremediation, cadmium, vetiver, soil, cocoa.



## I. INTRODUCCIÓN

Según Duque et al. (2020), la actividad industrial es considerada una de las principales fuentes generadoras de residuos contaminantes, y que, muchos de estos se continuarían disponiendo sin o escaso tratamiento en botaderos informales. Entre las actividades con mayor impacto se considera a la minería, ganadería y la agricultura; esta última, debido al uso indiscriminado de una serie de agroquímicos que son aplicados sin asistencia técnica, los cuales facilitan la disposición de ciertos compuestos considerados de alto impacto entre los que se encontrarían los metales pesados producto de la desmineralización que los solubiliza y los predispone haciéndolos asimilables por las plantas. Según el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014), diversos mecanismos antropogénicos como el vertimiento de efluente contaminantes, la disposición de residuos sin tratamiento adecuado, disminución de hábitats, las prácticas agrícolas sin asistencia técnica, la reproducción de invasoras y sobreexplotación de los recursos, además de la existencia de contaminantes en la atmósfera conllevarían a graves consecuencias ambientales que alterarían la concentración y disposición de los nutrientes en el suelo y la calidad del agua. Que finalmente, pondría en peligro el aprovechamiento de los recursos y que, conllevaría a un riesgo de la perdurabilidad de la humanidad, animales, vegetales e incluso microorganismos. Según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2016), el cacao es una especie de cultivo frecuente en el África Oriental, con menor tendencia en América Central, América del Sur y Asia Oriental. Según el reporte de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD) la producción anual 2015, tendría como principales productores a Costa de Marfil: 39%, Ghana:20%, Indonesia: 12%, Nigeria: 5%, Brasil: 4%, Camerún:4%, Ecuador: 4% y Malasia:2%; que en conjunto representan el 90%; donde, muchos de estos países son netamente productores y que solo abastecerían a los mercados internacionales, mientras que otros ya vienen desarrollando tecnologías para generar productos terminados. El Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR, 2019), indica que el cacao ingresó al Perú como un cultivo alternativo a la producción de coca para recuperar las zonas degradadas por cultivos extractivos, en la actualidad en varias regiones sigue siendo financiado por el estado por considerarse una alternativa ecológica y económica. Según la The International Cocoa Organization

(ICCO), la producción anual al año 2018 alcanzaría las 120 mil toneladas, en relación al 2016 que solo alcanzó las 108.140 Tn, de los cuales la región San Martín produciría unas 46.293 Tn. Según información de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (SUNAT), en 2018, el Perú lograría una exportación equivalente a los \$ 159 millones, de los cuales la región San Martín habría proveído el 41% del cacao nacional. La región San Martín produciría anualmente unas 46.293 toneladas. En la actualidad diversas instituciones realizan esfuerzos denodados para recuperar los suelos contaminados, es por esto que la remediación se ha convertido en una técnica alterna para eliminar o minimizar los contaminantes, donde se utiliza especies microbianas y especies vegetales como técnicas viables; esta última puede consistir en la fitoextracción, rizodegradación y fitoestabilización, fitodegradación, y fitovolatilización. Esta tecnología de remediación es amigable con el ambiente y de bajo costo, por lo que se lo consideraría como una alternativa viable factible de ser masificada. Es así que, la fitorremediación mediante el Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) se propone como un agente remediador de suelos con concentraciones de cadmio dedicados al cultivo de Teobroma cacao (cacao) que actualmente se ha convertido en un grave problema agrícola en la región San Martín. Por lo antes expuesto, se plantea el sucesivo **problema general** ¿Cuál es la remediación de suelos de cacaotales con concentraciones de cadmio, mediante la siembra de *Chrysopogon zizanioides*, El Dorado, 2021?; y los problemas **específicos** son los siguientes ¿Cuál será la concentración de cadmio en suelos de cacaotales, antes y después del proceso de fitorremediación con *Chrysopogon zizanioides*, El Dorado, 2021?, ¿Cuál será la concentración de cadmio en la biomasa de *Chrysopogon zizanioides*, tras el proceso de fitorremediación, El Dorado, 2021?; ¿Cuál es la propuesta de remediación de suelos de cacaotales con la siembra de *Chrysopogon zizanioides*, El Dorado, 2021?; el presente estudio se **Justifica teóricamente**, teniendo en cuenta la contaminación de los suelos agrícolas por diversas actividades antropogénicas y procesos naturales que facilitan la disposición de ciertos elementos (metales pesados) que en altas concentraciones alterarían los procesos fisiológicos de las plantas de cacao o alcanzar a los humanos como parte de la cadena trófica, ocasionando diversos problemas a la salud y poniendo en riesgo la producción agrícola sanmartinense. Mientras que la **justificación metodológica**,

se basa en que, las plantas de vetiver sembrados teniendo en cuenta un diseño estratégico en el área de cobertura radicular de las plantas de cacao, estos aprovechen su capacidad quelante y dinámica de la sabia para acumular el cadmio en sus tejidos e impidiendo que este sea solubilizado, captado y translocado a ciertos tejidos como los frutos del cacao, considerándose como una alternativa estratégica y sostenible y la **justificación social**, se relaciona con la factibilidad poder ser implementada en procesos de remediación de suelos con casos similares, donde la concentración de cadmio u otros metales pesados superen los valores normados, contribuyendo así al desarrollo sostenible en actividades agrícolas de la región, donde sea factible su implementación como parte de procesos estratégicos en la producción de cacao. La utilización del vetiver como alternativa de tratamiento de los suelos contaminados permitiría una serie de beneficios, entre ellos: 1. Reducir los valores de cadmio en los suelos dedicados al cultivo de cacao. 2. Retener la humedad y como consiguiente la movilización de nutrientes por lixiviación, facilitando la disposición de estos para las plantas de cacao. 3. Impedir el crecimiento de malezas y facilitar el manejo en la producción de cacao. Por lo que el **objetivo general** que se plantea es Determinar la remediación de suelos de cacaotales con concentraciones de cadmio, mediante la siembra de *Chrysopogon zizanioides*, El Dorado, 2021; y los **objetivos específicos** son los siguientes: Evaluar la concentración de cadmio en suelos de cacaotales, antes y después del proceso de fitorremediación con *Chrysopogon zizanioides*, El Dorado, 2021, y Estudiar la concentración de cadmio en la biomasa de *Chrysopogon zizanioides*, tras el proceso de fitorremediación, El Dorado, 2021. Elaborar la propuesta de remediación de suelos de cacao con la siembra de *Chrysopogon zizanioides*, El Dorado, 2021; Teniendo en cuenta los problemas y los objetivos propuestos, se presenta como **Hipótesis nula (H0)**: La siembra de *Chrysopogon zizanioides*, no permitirá la remediación de suelos de cacaotales con concentraciones de cadmio, El Dorado, 2021. La **Hipótesis alterna (H1)**: La siembra de *Chrysopogon zizanioides*, permitirá la remediación de suelos de cacaotales con concentraciones de cadmio, El Dorado, 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

La investigación hace referencia a investigaciones precedentes, de los cuales se consideró como **antecedentes internacionales** al trabajo realizado por Jampasri et al. (2017, p. 2), cuyo objetivo fue biorremediar sitios contaminados con metales pesados. Se consideró el efecto del estrés salino (CE 3.5 dS/m) sobre el crecimiento y remoción de Cd (333 mg/kg) de suelos contaminados con espigas al cultivar pasto vetiver (*Vetiveria nemoralis*) en macetas durante 45 días. Se realizó 4 tratamientos: suelo no contaminado, suelo salino no contaminado, suelo contaminado y suelo salino contaminado. No se observó síntomas de toxicidad, el Cd se acumuló principalmente en las raíces, mientras que las plantas cultivadas en suelo salino mostraron la mayor acumulación de Cd en las raíces (191,5 mg/kg) y absorción (2,8 g/planta). Los resultados sugirieron que la acumulación de Cd en las plantas no se vio afectada ni por la salinidad ni por los contaminantes. Así mismo, (Ghadiri, Farpoor y Hejazi 2018), teniendo como objetivo estudiar la capacidad del vetiver y el Tall Fescuein para disminuir el contenido de Cd, Cu y Zn en el suelo contaminado. La investigación se realizó en invernadero en un diseño DCA que incluye 07 concentraciones: 0, 50, 100, 200, 400, 600, 800 ppm de Cd, Cu y Zn realizado durante tres repeticiones. El resultado en el crecimiento del vetiver no fue significativo; los niveles de Cd en el peso seco (PS) del brote, los niveles de Zn en los pesos frescos (PF) y secos del brote y los niveles de Cu en el PF y PS del brote y la raíz en Fescue no fueron significativos respecto al control. Las concentraciones máximas de Cd, Cu y Zn en vetiver vinculado con el tratamiento de 800 ppm se encontraron 591, 298 y 356 ppm. El resultado máximo de Cd:96 ppm, Cu:27 ppm y Zn:37 ppm en Fescue también se midió en suelos contaminados con 800 ppm. Obteniendo la mayor tasa de absorción y acumulación de Cd en el brote y la raíz de las plantas. Los resultados mostraron la mayor capacidad de vetiver en comparación con Fescue para la conseguir remediar ambientes contaminados con metales pesados. Por su parte (Ramírez, Giraldo & Barrera 2018), evaluaron la fitoextracción empleando hierba mora (*Solanum nigrum* L.) como alternativa para remediar suelos impactados con Cadmio (Cd). Se evaluó el comportamiento de *Solanum nigrum* sometido a 0,5 y 10 ppm de Cd en el suelo agrícola. Los resultados muestran una alta correlación entre las concentraciones de Cd en el suelo y labio-acumulación en el vegetal, cuyo incremento es significativo ( $P < 0.05$ ) en el área

foliar ( $r^2 = 0.64$ ), la biomasa de raíz ( $r^2 = 0.75$ ) como en tallo ( $r^2 = 0.48$ ) y hojas ( $r^2 = 0.69$ ). Concluyéndose que, *Solanum nigrum* L. representa una alternativa viable en la extracción de Cd, debido a su rápido crecimiento, con requerimientos mínimos una elevada adaptación. En el **contexto nacional**, se mencionará a Corpus & Castillo (2018), cuyo objetivo fue evaluar la capacidad fitorremediadora de *Calamagrostis recta*, *Cortaderia jubata* y *Festuca glyceriantha* en suelos contaminados en condiciones controladas. Para lo cual, el trabajo se desarrolló en una etapa de propagación (6 meses) y una de tratamiento (4 meses); se seleccionaron las especies, se recolectaron las semillas, se construyó el invernadero. Se evaluó la biomasa, sustrato y la capacidad de bioacumulación (BCF) de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn en el suelo con metales pesados (T1) y suelo de mina (T2). El factor BCF de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn en *Calamagrostis recta*, *Cortaderia jubata* y *Festuca glyceriantha* fue  $< 1$  en T2 respecto a T1. Concluyéndose que dichas especies mostraron alta eficiencia fitorremediadora. Así mismo, Cori (2016), evaluó la fitorremediación utilizando *C. zizanioides* con enmiendas. La evaluación se realizó en 90 días usando 05 sistemas en el que incluyó enmiendas consuelo natural, compost, fertilizante orgánico, lodo bentonítico e hidrogel combinado con el relave minero. Concluyendo que, la mayor eficiencia se dio en las hojas con una absorción de Cr en el T3:0.0625 mg, T4:0.0617 mg y T5:0.0846mg; de Cu fue en el T3:0.111 mg, T4:0.1258 mg y T5:0.1707 mg; el Vetiver bioacumuló mayor cantidad de Cd, Cu y Cr en hojas respecto a sus raíces. El Cadmio, Cobre, Hierro y Plomo en los lixiviados disminuyeron en los tratamientos T2, T3, T4, T5; la eficiencia varía en el lixiviado, donde el Cd del T1:0.1782 mg - 0.0112 mg en el T4; el Pb en T1 fue 0.1578 mg y 0.0018 mg en T4; el Cu en T1: 2mg, hasta 0.073 mg en el T3 y el Fe en T1 fue 1569.5 mg, hasta 8.3456 mg en el T2. Así mismo, en el **contexto local** se consideró a García & Ordoñez (2019), los cuales evaluaron la acumulación de Cd en plantines de Cacao en dos distritos sanmartinenses, para lo cual se realizó el muestreo de las parcelas, analizándose el suelo, semilla y hojas y comparados con los ECA (nacional) y el Reglamento (UE) N° 488/2014 (internacional). Los resultados arrojaron mayores valores en el distrito de Huicungo ya sea en la hoja con 2.13 ppm en la primera muestra y 2.08 ppm en la segunda; en semillas para ambos muestreos con 0.124 y 0.813 ppm; en suelos las mayores concentraciones fueron 0.633 ppm y 1.427ppm. Concluyéndose que el valor de Cd en suelo, semillas y

hojas es mayor en el distrito de Huicungo. Por su parte Santander et al. (2019), evaluaron el contenido de Cd además de la textura, CE, CIC, pH, % MO, N, P, K, Ca, Mg, Na y Al. Los valores de Cd se encuentran entre 0,231 - 0,960 ppm; en hojas entre 0,18 - 0,780 ppm; en la testa entre 0,012 - 0,021 ppm; en cotiledones entre 0,056 - 0,098 ppm; en almendras fermentadas y secas entre 0,023 - 0,075 ppm; en licor de cacao entre 0,089 - 0,210 ppm; en tabletas entre 0,116 - 0,625 ppm. La prueba de correlación de Pearson arroja que, en suelos los valores de Cd en todas las localidades existe diferencias significativas ( $p < 0,05$ ); en hojas los mayores valores se presentaron en Tángel y Tingo de Saposoa; en cotiledones de las almendras fermentadas no se evidenció diferencia significativa; en cuanto al licor la muestra proveniente de Tingo de Saposoa muestra diferencia significativa, los valores se encuentran debajo LMP; en las tabletas provenientes de las zona de Panamá en relación a las demás zonas se muestra diferencia significativa. Finalmente Arévalo et al. (2016), evaluaron la concentración de Cd, Pb, Ni, Cu, Fe, Mn y Zn en suelos con sembrío de cacao en diversas áreas productivas del Perú tales como Tumbes, Piura, amazonas y Cajamarca en el norte, Huánuco, San Martín y Junín en el centro, además de Cuzco en el sur; para lo cual se consideró cultivos con 10 a 15 años. Se determinó la textura, pH, materia orgánica, CIC, Ca, P, Mg, K, Al, Ni, Cd, Pb, Cu, Fe, Zn y Mn del suelo. Los resultados arrojaron que dichos valores son aptos para el cultivo de cacao. En lo referente a las **bases teóricas**, es importante conceptualizar al Vetiver, que según Grimshaw & Chairman (2001), lo describe como una gramínea con un sistema radicular fuerte, profundo y aromático, logra desarrollar hasta 5 metros, pero capacidad de follaje es hasta los 2 m de altura, presenta hojas alargadas y ásperas que alcanzan los 90 cm de largo y 1.5 cm de ancho, sus flores en espiga de has 30 cm en el extremo de sus ramas. Su clasificación Taxonomía es como sigue: pertenecen a la división Magnoliophyta, clase Liliopsida, familia Poaceae, género: *Vetiveria* y especie *Vetiveria zizanioides*. Por su parte el Cacao, según Arvelo et al. (2017), lo describen como un árbol de porte bajo (< 10 m) y copa abierta (< 6 m de diámetro); presenta una ramificación de hasta 6 niveles con verticilo continuado con entre 3 a 5 ramas, su fuste es de hasta 2 m, la raíz principal por lo general alcanza los 2 m con una concentración de las secundarias a los 20 cm iniciales; sus hojas tienen una característica elíptica con un borde de 20 a 60 por 4 a 12 cm, su pecíolo alcanza fácilmente los 10 cm;

sus inflorescencias en racimo de una 25 flores crecen en el tronco y ramas adultas; sus flores asexuales con un cáliz de 5 sépalos pálidos o rosáceos y una corola con 5 pétalos de color blanco, su ovario súpero con unos 5 estambres fértiles, su fruto es una drupa de 15-20 x 6-10 cm; de pericarpio coriáceo, su mesocarpio es resistente y un endocarpio débil; presentan de 20-60 semillas por fruto (2-4 de longitud); su testa coriácea (amarillento a naranja intenso) que encierra 2 cotiledones grasos (producto comercial). El género *Theobroma cacao* L., estaría asociada a unas 24 especies botánicas, el cual es una de las más utilizadas para la producción de chocolate; este presenta la siguiente clasificación: Criollo el cual tendría origen en centro América, la cual sería introducida en Europa por los colonizadores, actualmente su cultivo es común en México, Colombia y otros países e islas latinas; presenta lento crecimiento, son frágiles, con un rendimiento mínimo y susceptibles a diversas patologías respecto a otras variedades, sus frutos son dulces por lo que producen el Chocolate con menor amargor, representan el 5 – 8 % de la producción mundial (Arvelo et al., 2017). Forastero: Presenta origen en la alta amazonía, los países de mayor producción se encuentran en África y Asia, son resistentes a plagas, de muy buena adaptación y se caracterizan por tener poco aroma utilizándose por lo general para dar cuerpo en la industria del chocolate. Son arboles grandes y robustos, hojas pequeñas de color verde claro, mazorcas mamelonadas y calabacillas con cascara gruesa y dura de superficie lisa, tienen buen rendimiento, con cosecha precoz, sus almendras son pigmentadas (violeta oscuro). Actualmente se encuentra expandido en África Occidental y el sudeste asiático, representa aproximadamente un 80 – 85 % en estas regiones la producción mundial (Arvelo et al., 2017). Trinitario: Se cree con origen en la isla Trinidad, actualmente extendido en América Latina y El Caribe, además del África, es híbrido del Criollo - Forastero; representa actualmente el 10 a 15% de la producción mundial. El grupo de los híbridos es variado (unos 50 tipos), los más conocidos son el Guayaquil, Patastillo, Blanco Marfil y otros, dentro de ellos se encuentra la variedad CCN-51, variedad con alta rendimiento por hectárea; este, es auto compatible (requerir polinización cruzada) y precoz (produce antes de los 24 meses), no es susceptible a enfermedades y plagas; se adapta en zonas tropicales, presenta alto contenido de grasa (54%), su desventaja es el sabor ácido y astringente (Arvelo et al., 2017). Distribución en el Perú, su distribución de los

grupos genéticos indica que el 45 % del área ocupada (37 119 Ha) corresponde a las variedades tipocriollo y nativos, por su parte el cacao común como el CCN-51 Híbrido (53,7%) y el Trinitario y Forastero un 2,2% (1855 Ha). En la región San Martín representa el 34% (28 984 Ha), de la cual el CN-51 representaría el 91% (26,087 Ha) y el Criollo y Nativo con un 9% (2 138 Ha). Posteriormente se encuentran las regiones Cusco, Junín, Ayacucho y Amazonas con importantes áreas de plantío de variedades tipo Nativo y Criollo (MANAGRI, 2016). Respecto al clima y suelos, en la amazonia de Perú, Colombia, Bolivia, Brasil, Venezuela, e incluso Guyana y Surinam se encuentra distribuido. Los requerimientos climáticos, están relacionados con las temperaturas (24-29°C), los jóvenes son sensibles a temperaturas mayores de 32°C, siendo así necesario la sombra para poder establecerse, la temperatura mínima de 15°C (mayo); dependiente de la precipitación pluvial, en crecimiento requeriría de unos 100 mm con un máximo de 200 mm al mes; la ideal es de 175 mm/mes, superior a 90%, también le afecta; altitud menor de los 1000 msnm. Se desarrolla en suelos de profundidad (0,60 – 1,50 m), se desarrollan muy bien en suelos francos, franco-arcilloso y franco-arenoso, evitar con poca o excesiva aireación e infiltración; la pendiente no debe sobrepasar 25%, una topografía plana y ligeramente ondulada (MINAGRI, 2016). Según González, Carrillo & Sánchez (2017), manifiesta que el suelo presenta una capacidad auto depuradora, sobre todo en la estructura superficial; capacidad basada en: 1) los mecanismos biológicos descomponen la materia orgánica; 2) los mecanismos químicos hidrolíticos y de oxidación-reducción; 3) los mecanismos físicos como la filtración retiene agentes contaminantes por intercambio iónico. Desde otro punto de vista, Mahecha, Trujillo & Torres, (2015), consideran que los metales pesados generan efectos de toxicidad en los vegetales y la población que los aprovecha. Actualmente se conoce la relación entre estos y los agroquímicos los cuales podrían presentarse según se detalla a continuación: fertilizantes (Zn, Cd, Mo, Cr y Pb), plaguicidas (Zn, Hg, Cu, As, Pb y Mn), compost (Zn, Cu, Cd, Ni y Pb), estiércol (Zn, As y Cu), fertilizantes fosforados (Cd) y el agua residual aportarían diversos metales pesados según su procedencia. Por su parte McGrath y McCormack (1999), mencionan que la **toxicidad de los metales pesados en los vegetales**, está relacionada con el mecanismo fisiológico y morfológico, lo cual interfiere en el crecimiento y producción; fitotoxicidad se



determina considerando el comportamiento, signos y síntomas que podrían presentarse en el desarrollo, no dejando de lado las condiciones ambientales y manejo agrícola. Según Acosta (2007), entre los principales efectos podríamos mencionar: aluminio (Al), alteraciones de la membrana celular y citoplasma; arsénico (As), interfieren en el crecimiento, absorción y cinética de elementos como Ca, K, P y Mn; cadmio (Cd), interfiere en la fotosíntesis y mecanismos relacionados con el Mn, Ca y K; Cu, además de promueve el desbalance iónico a nivel membrana celular; cromo (Cr), altera la estructura del cloroplasto, inhibición la fotosíntesis, interfiere en mecanismos relacionados con el Fe, Ca, K y Mg; Hg; plomo (Pb), inhibe la fotosíntesis y acciones enzimáticas relacionadas con el Zn, altera la permeabilidad de la membrana, interfiere en la cinética del Cu, Fe y Mg. Centrándonos en el cadmio (Cd), este, se encuentra ligado al Zn, no se presenta en estado libre y el sulfuro de cadmio (CdS) es su única presentación mineral (Londoño et al., 2016); sus estados de oxidación es +1 y +2 (Correa, 2016). El **cadmio en el ambiente, es producto de la** descomposición de las rocas, además producto de la liberación por incendios forestales, actividad volcánica, industria ligada a la producción de fertilizantes fosfatados, quema de combustibles fósiles y residuos urbanos, lo que permite su depósito en el suelo y agua y más adelante alcanzar a los organismos vivos transportándose a los eslabones tróficos (Correa, 2016). **Tipos de fitorremediación, Fitoextracción:** Las plantas concentran los elementos contaminantes en sus estructuras (tejidos u órganos). Usada principalmente para remediar metales y otros tóxicos inorgánicos como el Se, As, Cd, Pb, radio nucleótidos, etc. (Rosique, 2016).

### III. METODOLOGÍA

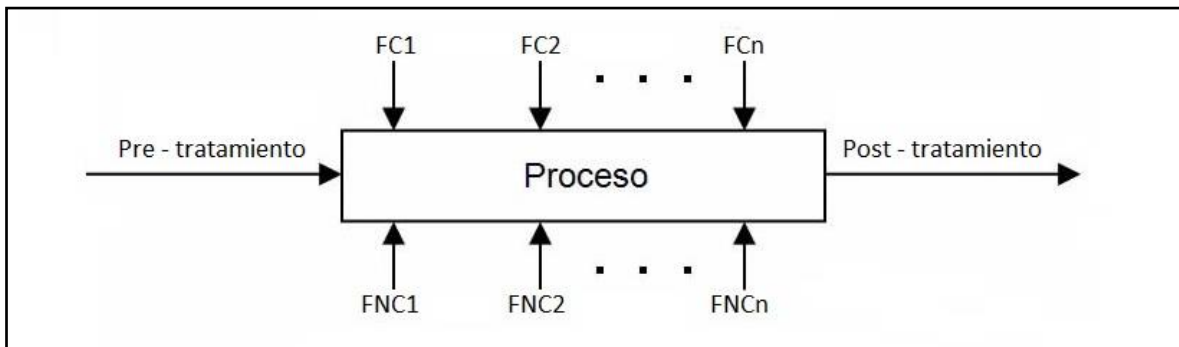
#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Según su carácter es de corte correlacional, considerando que se pretende determinar la relación entre los factores (FC y FNC); de acuerdo a su naturaleza, el enfoque es cuantitativa, según lo considerado por (Hernández et al. 2015).

##### 3.1.2. Diseño de investigación

EL diseño es cuasi experimental (Figura 1), teniendo en cuenta que la variable independiente alcanza es factible a manipularse; por lo que, el número de especímenes (plantas de *Chrysopogon zizanioides*) según e área tienen influencia directa en el resultado. Según la linealidad, el método muestra un “enfoque cuantitativo”(Paz 2017).



**Figura 1**

*Diseño cuasi-experimental.*

**Nota:**

FC: Factores controlables.

FNC: Factores no controlables.

*Fuente: Modificado a partir de Paz, 2017.*

#### 3.2. Variables y operacionalización

##### 3.2.1. Variable independiente

Siembra de *Chrysopogon zizanioides*.

##### 3.2.2. Variable dependiente

Remediación de suelos de cacaotales con concentraciones de cadmio.

##### 3.2.3. Operacionalización de variables

**Variable independiente:** Siembra de *Chrysopogon zizanioides*.

**Definición conceptual:** Los diseños de plantación estratégicos, teniendo en cuenta la distancia y disposición empleados a fin de optimizar ciertos recursos,

evitar o controlar ciertas plagas; aunque, en la actualidad se podrían emplear para la extracción de ciertos agentes presentes en determinadas áreas de interés como en fitorremediación de suelos contaminados, así lo indica el Fondo Mundial para la Naturaleza (Fondo Mundial para la Naturaleza 2021).

**Definición operacional:** La utilización estratégica del vetiver permitirá solubilizar, quelar y dinamizar al cadmio del suelo ocupado en la producción de cacao.

**Dimensión:** Cantidad de plantas en un área determinada.

**Indicadores:** Densidad poblacional del vetiver.

**Escala y unidad de medida:** Cuantitativa – discreta: unidad/área.

**Variable dependiente:** Remediación de suelos de cacaotales con concentraciones de cadmio.

**Definición conceptual:** La remediación es un proceso que integra medidas aplicadas a medios impactados, a fin de eliminar o minimizar la concentración del agente's considerados contaminantes a concentraciones seguras para los organismos vivos, evitando su toxicocinética en el ambiente (Congreso de la república, 2016).

**Definición operacional:** se realizó muestreos en campo y análisis en laboratorio acreditado en INACAL.

**Dimensiones:** Determinación de la concentración del metal pesado cadmio (Cd).

**Indicadores:** Concentración de cadmio (Cd), pH, conductividad, N, P, K, materia orgánica.

**Escala y unidad de medida:** Cuantitativa continua: ppm, mg/Kg.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

Está representada por el suelo agrícola orientado al cultivo de *Theobroma cacao* en la localidad de El Dorado - Sisa; considerando que, esta puede incluir individuos, objetos o medidas con características habituales (Melo, López y Melo 2020).

#### **3.3.2. Muestra**

4kg de suelo agrícola dedicada al cultivo de *Theobroma Cacao*; así como 24 plantas de *Chrysopogon zizanioides*, siendo 8 plantas por parcelas (N° de parcelas 4).

### **3.3.3. Muestreo**

Corresponde a un muestreo probabilístico; teniendo en cuenta que, la probabilidad que existe para encontrar cadmio en la muestra es evidente. El procedimiento se describe en la etapa de campo (Obtención de la muestra), teniendo en cuenta lo descrito por (Arias 2006).

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

### **3.4.1. Técnicas de recolección de datos.**

- Se utilizó la observación directa, lo que permitió registrar los cambios físicos durante el ensayo siendo dicha información procesada mediante el programa de microsoft Excel, el cual facilito el procesamiento de datos obtenidos mediante la realización de tablas, para así lograr una mejor interpretación de datos que se lograron obtener en el transcurso del tiempo que duro la investigación.

### **3.4.2. Instrumentos de recolección de datos.**

Para realizar el registro de datos durante el tiempo de ejecución del estudio se empleó:

- Ficha de registro de campo, para llevar un registro escrito de los datos, valores y acontecimientos observados durante el desarrollo de la investigación.
- La Cadena de custodia, instrumento facilitado por la institución (Laboratorio) responsable del análisis de los parámetros de interés.
- GPS marca GARMIN modelo GPSmap 62s para la toma de datos de ubicación de las muestras del suelo.
- Validación por profesionales expertos en los temas de investigación.

## **3.5. Criterios de validez y confiabilidad**

### **3.5.1. Validez de los Instrumentos**

El instrumento “formato de registro de campo” fue validado, por la opinión de los profesionales expertos considerando la descripción de sus ítems para cada variable.

### **3.1.1. Confiabilidad de los Instrumentos**

Está dada por la consistencia y minimizando las dimensiones señaladas en la operacionalización de variables, lo cual determinó la generación de resultados consistentes en la prueba piloto previa.

### **3.6. Procedimiento**

Es desarrollo del proyecto se realizó según las siguientes etapa:

#### **Etapa I: Etapa de gabinete inicial**

**En esta etapa inicial se llevaron a cabo las siguientes coordinaciones con Instituciones involucradas**

##### **Revisión Bibliográfica:**

- Se realizó la revisión de artículos científicos, libros, e información que corresponda al tema de estudio.

##### **Gestión para el desarrollo del proyecto:**

- Se realizaron las coordinaciones para la adquisición de materiales, equipos e instrumentos con un laboratorio acreditado, para ser usado durante la extracción de muestras que se requiera realizar durante la ejecución de estudio.
- Así mismo coordinó con el propietario de la parcela, a fin de facilitar el trabajo de campo.

##### **Elaboración de los instrumentos**

- Formato de campo, según lo establecido por el MINAM.
- Cadena de custodia, de acuerdo al formato de laboratorio.
- Mapas temáticos de identificación del área de estudio.

##### **Redacción del proyecto de tesis**

- Se realizó según el formato establecido por la Universidad Cesar Vallejo.

#### **Etapa II: Etapa de campo**

##### **Visita previa de campo**

- Se reconoció el terreno, a fin de tener una perspectiva general del área de estudio.

##### **Selección del terreno**

- Se realizó siguiendo el procedimiento establecido por el (Ministerio del Ambiente 2014).

- Se realizó la selección de terreno con sembrío de *Theobroma cacao* en la Provincia del Dorado – Sisa. Así mismo se realizó la georreferenciación del área y se identificaron los puntos de muestreo. (figura 2)



**Figura 2**  
*Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de suelo.*  
 Fuente: elaboración propia, 2021.

- Se realizó la selección de terreno con sembrío de *Theobroma cacao* en la Provincia del Dorado – Sisa.

### **Toma de muestra inicial**

- La muestra inicial fue tomada tanto como muestra de suelo y así mismo de *Chrysopogon zizanioides* que permitió caracterizar al suelo y determinar la concentración de Cd en ambas muestras de estudio.
- El muestreo se realizó según la Guía para el Muestreo de Suelos del MINAM (2014).
- Se realizaron dos muestras de biomasa de (*Chrysopogon zizanioides*) la inicial que fue realizada antes del proceso de fitorremediación y una segunda al finalizar el proceso de fitorremediación (30 días). Así mismo se realizó el muestreo de suelo, 1 muestra inicial antes del procedimiento de fitorremediación y 3 tres muestras de suelo al culminar el periodo de 30 días de sembrado las plantas de *Chrysopogon zizanioides* para el proceso de fitorremediación para ser enviado a laboratorio (tabla 3).

**Tabla 1**

*Puntos de monitoreo - muestreo de identificación.*

N°	Punto de muestreo	Coordenadas	
		Este	Norte
1	MI-1	319594	9265806
2	MI-2	319595	9265804
3	MI-3	319596	9265805
4	MI-4	319597	9265809

*Fuente: Elaboración propia (2021)*

### **Definición de los parámetros de evaluación**

- Los parámetros se clasificaron en parámetros de campo y laboratorio.

**Tabla 2**

*Parámetros de evaluación.*

Tipo de parámetro	Descripción	Unidad de medida
Laboratorio	Potencial de hidrógeno	Unidad de pH
	Cadmio	Mg
	N	%
	P	Ppm
	K	Ppm
	Textura	-

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*



### **Medición del parámetro de campo**

- Para determinar la temperatura, se utilizó termómetro ambiental para suelo, su medición se realizó directamente en campo.

### **Toma de muestra para análisis inicial**

- El muestreo se realizó siguiendo el procedimiento que se establece en la Guía para el Muestreo de Suelos del MINAM (2014), muestreo de identificación (MI).

### **Parámetros de laboratorio**

- Los recipientes contenedores fueron etiquetados y asegurados a fin evitar su deterioro.
- La etiqueta fue llenada según los criterios del laboratorio (ver anexo 4).

### **Cadena de custodia**

- Los frascos contenedores de la muestra, estuvieron acompañados de la cadena de custodia.
- Debe llenarse por triplicado, según los requisitos del laboratorio (ver anexo 5).

### **Envío de las muestras**

- Debe almacenarse temporal en un ambiente fresco y libre de humedad, se recomienda hacer uso de una cadena de frío si será procesada en un tiempo prolongado (cooler).

### **Análisis de las muestras**

- Las muestras fueron analizadas en el laboratorio EQUAS S.A. (acreditado por el INACAL) según la NTP ISO/IEC 17025:2006.

### **Diseño e instalación de la parcela**

- La parcela experimental fue cercada con cinta de seguridad considerando un área total con las siguientes dimensiones: 4 m de frontera x 4 m de fondo; la misma que será subdividida en 04 secciones de 1 x 4 m cada una (03 secciones experimentales y 01 control).
- En la parcela, se instaló un letrero donde se indicó la finalidad del proyecto y se prohibió el acceso de cualquier individuo que interfiera en el proceso de evaluación.

### Acondicionamiento del área

- Además de circular el área de estudio, se instalaron letreros donde se indicó el título del proyecto y la prohibición del acceso.

### Instalación de los tratamientos

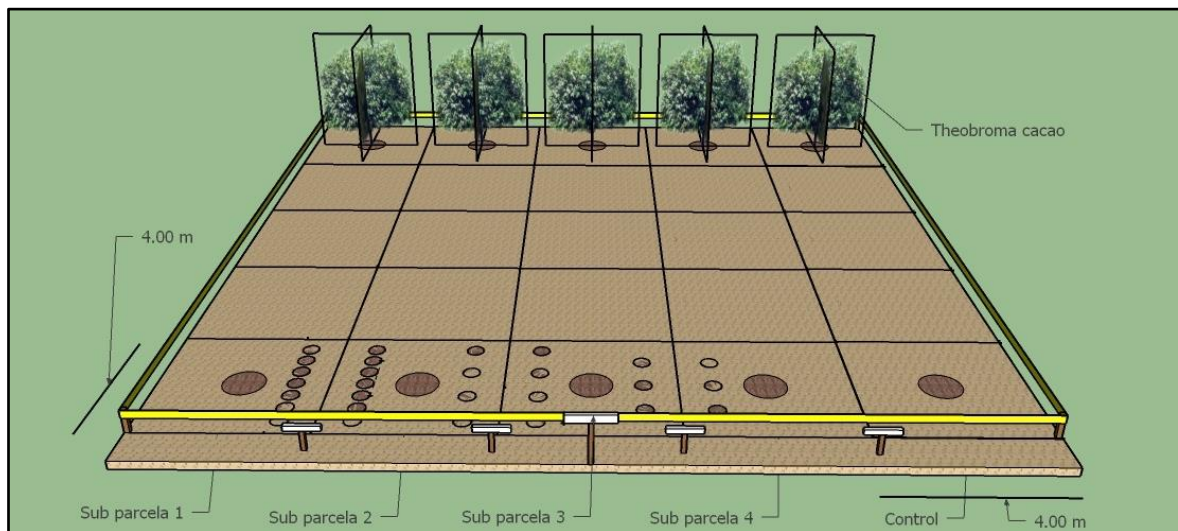
- Las subparcelas presentaron el siguiente diseño, tres tratamientos (figura 3):

Primera sub parcela (P1): Cacao + 80 plántulas de vetiver.

Segunda sub parcela (P2): Cacao + 67 plántulas de vetiver.

Tercera sub parcela (P2): Cacao + 53 plántulas de vetiver.

Carta sub parcela (C): Cacao (Control).



**Figura 3**

*Diseño de la parcela – sub parcelas.*

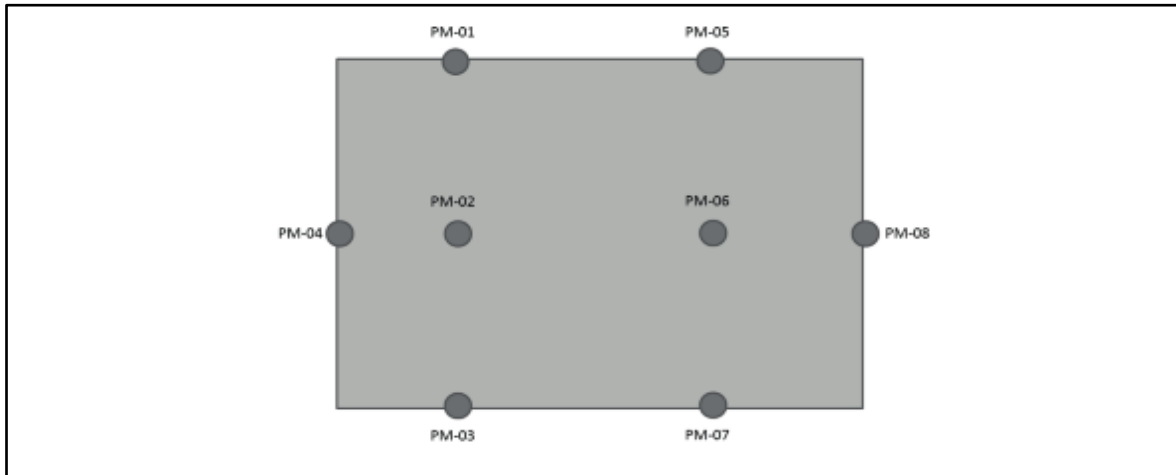
*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

### Evaluación de campo

- Al inicio de la ejecución del proyecto se tomó la muestra inicial tanto de suelo, como de plántulas de *Chrysopogon zizanioides*.
- La evaluación se desarrolló en un periodo de treinta (30) días.
- Posteriormente se procedió a la toma de muestra (suelo) para el análisis de los parámetros de campo.

### Toma de muestras para análisis final

- La muestra fue adquirida cada una de las sub parcelas por separado, considerando el método de Muestreo de Comprobación de Remediación (Figura 4).



#### **Figura 4**

*Puntos en cada sub parcela (1x4m) según un área rectangular.*

*Fuente: Ministerio del Ambiente, 2014.*

- De cada una de las sub parcelas (P1, P2, P3 y C), se seleccionó ocho puntos de muestreo.
- La cantidad total (total 8 Kg/Subparcela) fue homogenizada y se obtuvo una cantidad de 1 Kg por el método del cuarteo.

#### **Medición del parámetro en campo.**

- A cada muestra representativa (1 Kg) de cada sub parcela se determinó la temperatura utilizando un termómetro ambiental para suelo debidamente calibrados.

#### **Parámetros de laboratorio**

- El procedimiento fue el mismo que se describe en la muestra inicial.

#### **Etapa III: Etapa de laboratorio**

##### **Recepción de las muestras**

- En recepción comprueban los requisitos mínimos para considerar una muestra confiable.

- Los resultados del análisis de cada parámetro serán remitidos a los 7 días, previa coordinación con el área de gestión.

#### **Etapas IV: Etapa de gabinete final**

##### **Procesamiento de datos**

- Los resultados del análisis correspondiente al pre y post tratamiento se transcribieron a formatos virtuales.
- Una vez transcritos, se comenzaron a sistematizar e interpretar según la normativa nacional e internacional.

##### **Presentación de resultados**

- Los resultados fueron presentados en tablas o figuras con las respectivas comparaciones según la normativa vigente.

##### **Interpretación de resultados**

- Se realizó en función a la hipótesis propuesta y los antecedentes.

##### **Redacción del informe de tesis**

- El informe fue redactado en base al esquema propuesta por la universidad y siguiendo el criterio ISO, para ser presentado en el tiempo estipulado según el cronograma de actividades.

### **3.7. Método de análisis de datos**

Los resultados se analizaron en la aplicación Excel del paquete Microsoft Office 2019, posteriormente se determinó la tratabilidad considerando los valores de la remoción de Cadmio (%).

### **3.8. Aspectos éticos**

En consideración a la Guía de la Universidad Cesar Vallejo, las referencias relacionadas fueron citadas respetando el derecho de autor, tal y como se establece en la norma internacional ISO 690 de documentación y referencias bibliográficas. El presente documento, así como los procedimientos son inéditos, debido a que se elaboró por el autor, siguiendo información manuales, protocolos, así como otras teorías y de trabajos previos a nivel nacional e internacional, la cual fue verificada mediante la revisión en Turnitin. Se respetará los criterios éticos en la veracidad,

autenticidad y originalidad establecido por Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI, 2015).

#### IV. RESULTADOS

Luego de los estudios se obtuvieron los siguientes resultados:

#### **Concentración de cadmio en suelos de cacaotales jóvenes, en pre y post el proceso de fitorremediación con *Chrysopogon zizanioides*.**

**4.1:** La concentración de Cd en el suelo con sembrío de *Theobroma cacao L.* antes del tratamiento (P0), es de 1.80 mg/kg. Luego a los 30 días, en las parcelas experimentales (PI, PII y PIII) con densidades poblacionales de 80, 67 y 53 plántulas de *Chrysopogon zizanioides* por parcela respectivamente, presentan concentraciones inferiores a los 0,5 mg/kg para todos los casos (tabla 3).

**Tabla 3**

*Valores de Cd en parcelas de cacao - pre y post tto con C. zizanioides.*

Parámetros	ECA para suelo agrícola	Unidad	P 0	Tratamiento		
				PI	PII	PIII
Cadmio (Cd)	1.4	mg/kg	1.80	<0,5	<0,5	<0,5

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

#### **Interpretación:**

Las parcelas con sembríos de *Theobroma Cacao L.* en la provincia del Dorado presentan una concentración de cadmio de 1.8 mg/kg; posteriormente, mediante el proceso de fitorremediación con la siembra de *Chrysopogon zizanioides*, las parcelas experimentales PI, PII y PIII, la concentración ha disminuido significativamente hasta valores inferiores a los 0,5 mg/Kg, valores que, según la norma nacional como los ECA para suelo agrícola aplica según el uso mencionado.

## Concentración de cadmio en la biomasa de *Chrysopogon zizanioides*, en pre y post el proceso de fitorremediación

**4.2:** La concentración de Cd en las plantas de *Chrysopogon zizanioides*, en pre y post el tratamiento de fitorremediación de suelos con cultivos de *Theobroma cacao* L., en pre tratamiento fue inferior a los 0,05 mg/kg (M0) y post el tratamiento a los 30 días fue de 0,09 mg/kg (MF) (tabla 4).

**Tabla 4**

Valores de Cd en *C. zizanioides* en pre y post tratamiento de fitorremediación.

Parámetro	Unidad de medida	Pre tratamiento	Post tratamiento
Cd	mg/kg	< 0,05	0,09

Fuente: Elaboración propia, 2021.

### Interpretación:

La concentración de cadmio presente en el *Chrysopogon zizanioides* presentó un valor inicial (M0) de < 0,05 mg/kg, dicho valor se incrementó en la muestra final (MF) post el tratamiento, obteniendo un valor de 0,9 mg/kg, llegando a la conclusión que el *Chrysopogon zizanioides* si tiene la propiedad de fitorremediación de cadmio.

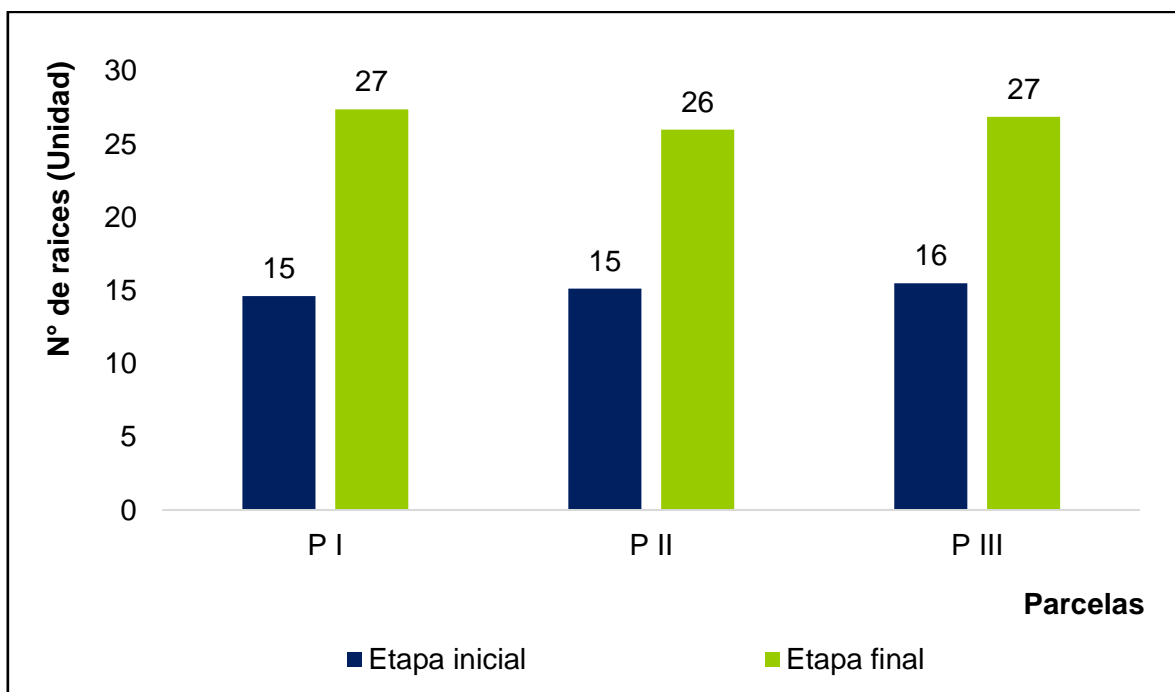
**4.3.** Las plantas de *Chrysopogon zizanioides*, a 30 días del trasplante, han incrementado en 12, el número de raíces, de 15 a 27 (tabla 5; figura 5).

**Tabla 5**

Número de raíces de *C. zizanioides* en fitorremediación por parcela.

Proceso	Parcelas		
	PI	PII	PIII
Etapa inicial	15	15	16
Etapa final	27	26	27

Fuente: Elaboración propia, 2021.



**Figura 5**

Número de raíces de *C. zizanioides* en fitorremediación por parcela.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

#### Interpretación:

Al evaluar el número de raíces de las plantas de *Chrysopogon zizanioides* en el proceso de fitorremediación de suelos de cacaotales jóvenes con alto contenido de cadmio en un periodo de 30 días; se determinó que estas se incrementan en un promedio de 12 unidades, y que, la densidad poblacional no tiene influencia sobre el número de raíces.

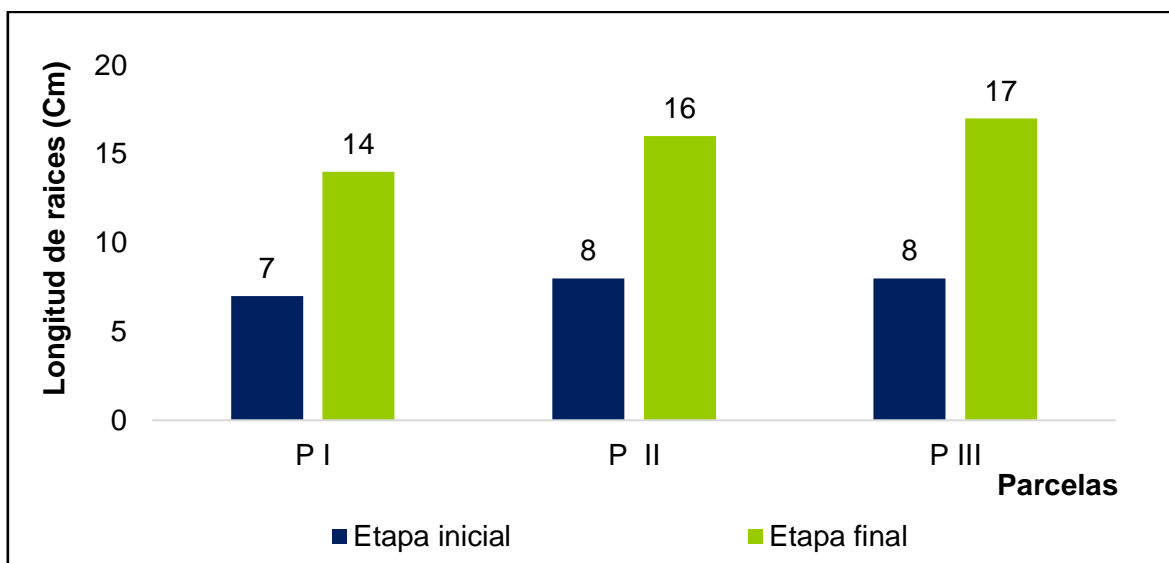
**4.4.** Las raíces de las plantas de *Chrysopogon zizanioides*, a 30 días del trasplante, han incrementado su crecimiento en 7 cm. (tabla 6; figura 6).

**Tabla 6**

Longitud de raíces de *C. zizanioides* en fitorremediación por parcela.

Proceso	Parcelas		
	PI	PII	PIII
Etapa inicial	7	8	8
Etapa final	14	16	17

Fuente: Elaboración propia, 2021.



**Figura 6**

*Longitud de raíces de C. zizanioides en fitorremediación por parcela.*

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*

**Interpretación:**

Al evaluar la longitud de raíces de las plantas de *Chrysopogon zizanioides* en el proceso de fitorremediación de suelos de cacaotales jóvenes con alto contenido de cadmio en un periodo de 30 días; se determinó que a una densidad de 80 plantas/parcela se alcanzó una longitud promedio de 14 cm, a 67 plantas/parcela se alcanzó una longitud promedio de 16 cm y a una densidad de 53 plantas/parcela se alcanzó una longitud promedio de 17 cm; interpretándose que la densidad poblacional tiene relación indirecta sobre las longitud de las raíces de *Chrysopogon zizanioides*.

**4.5.** El número de hojas de plantas *Chrysopogon zizanioides*, varía de 8 al momento del trasplante, hasta 18 a 30 días del trasplante (Tabla 7, figura 7).

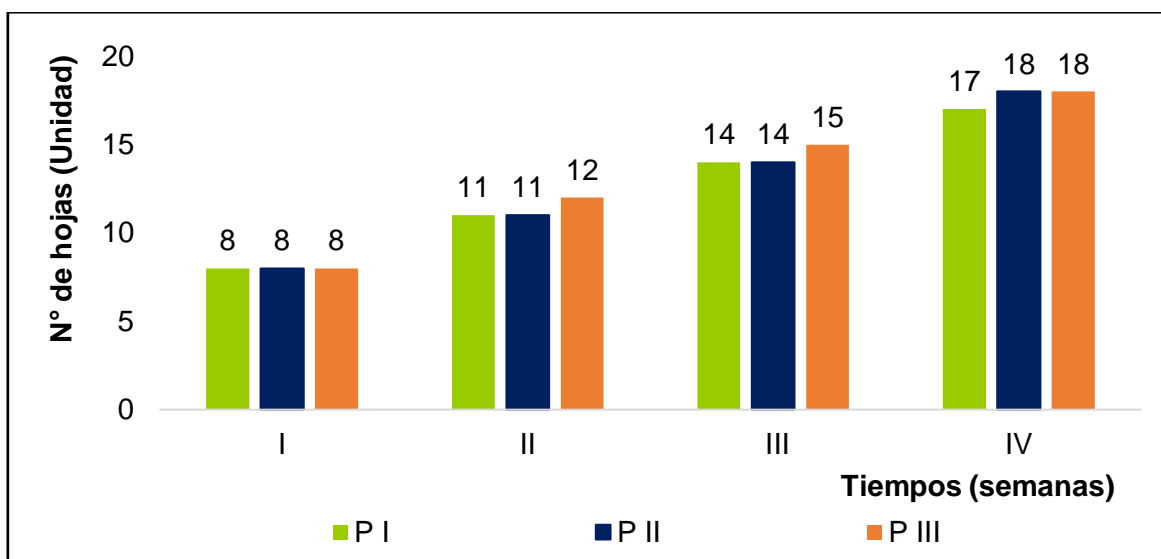
**Tabla 7**

*Número de hojas en plantas de C. zizanioides en fitorremediación por parcela.*

Tiempo (Semana)	Parcelas		
	PI	PII	PIII
I	8	8	8
II	11	11	12
III	14	14	15
IV	18	17	18

*Fuente: Elaboración propia, 2021.*





**Figura 7**

Número de hojas de *C. zizanioides* en fitorremediación por parcela.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

**Interpretación:**

Al evaluar el número de hojas de las plantas de *Chrysopogon zizanioides* en el proceso de fitorremediación de suelos de cacaotales jóvenes con alto contenido de cadmio en un periodo de 30 días; se determinó que, en el periodo mencionado varía des 8 unidades hasta un promedio de 18 unidades, independientemente de la densidad de plantas por parcela.

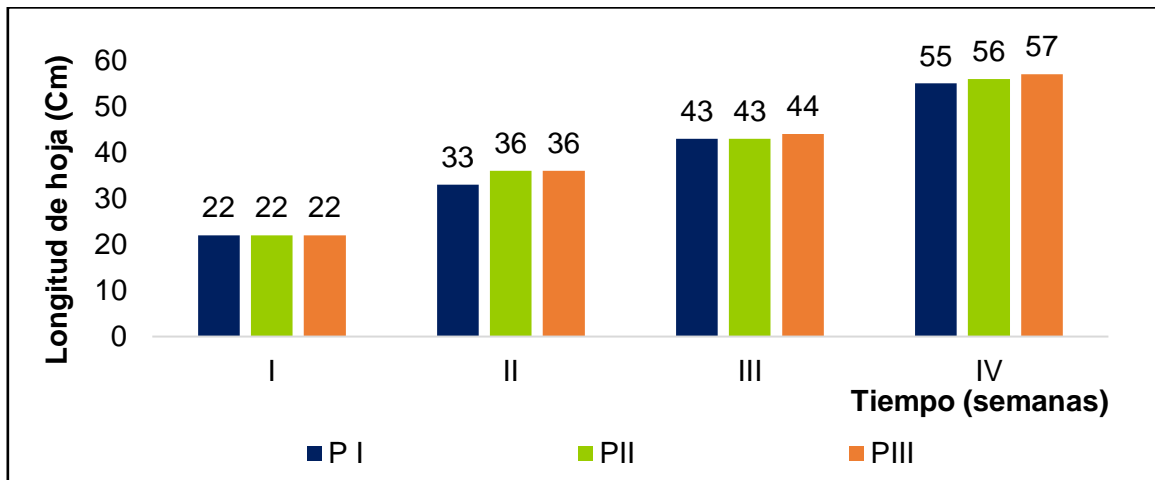
**4.6.** La longitud de hojas de plantas de *Chrysopogon zizanioides* varía de 22 cm al momento del trasplante, hasta 55 cm a los 30 días (tabla 8; figura 8).

**Tabla 8**

Longitud de hojas en plantas de *C. Zizanioides* en fitorremediación por parcela.

Tiempo (Semana)	Parcelas		
	PI	PII	PIII
I	22	22	22
II	36	36	37
III	43	44	43
IV	56	57	52

Fuente: Elaboración propia, 2021.



**Figura 8**

Longitud de hojas de *C. zizanioides* en fitorremediación por parcela.

Fuente: Elaboración propia, 2021.

#### Interpretación:

Al evaluar la longitud de hojas de las plantas de *Chrysopogon zizanioides* en el proceso de fitorremediación de suelos de cacaoales jóvenes con alto contenido de cadmio en un periodo de 30 días; se determinó que esta variable alcanzó una longitud máxima promedio de 55 cm en las plantas cuya densidad fue de 80 plantas/parcela, 56 cm en las plantas cuya densidad fue de 67 plantas/parcela y 57 cm en las plantas cuya densidad fue de 53 plantas/parcela; lo que permite interpretar que a mayor densidad, menor es la longitud de las hojas de las plantas de *Chrysopogon zizanioides*.

#### V. DISCUSIÓN

Respecto a la concentración de Cd en la biomasa de las plantas de *Chrysopogon zizanioides*, empleadas en el tratamiento de fitorremediación de suelos con cultivos de *Theobroma cacao* L., se encontró que, en condiciones de pre tratamiento los valores fueron inferior a los 0,05 mg/kg (M0) y post el tratamiento a los 30 días de evaluación fue de 0,09 mg/kg (MF). Lo cual guarda relación con trabajos como el realizado por **Jampasri et al. (2017)**, los cuales remediaron sitios contaminados con metales pesados como Cr de hasta 333 mg/kg utilizando pasto vetiver (*Vetiveria nemoralis*), cuyo ensayo se realizó en macetas durante 45 días. El Cd se

acumuló principalmente en las raíces, mientras que las plantas cultivadas en suelo salino mostraron la mayor acumulación de Cd en las raíces (191,5 mg/kg) y absorción (2,8 g/planta).

Así como existen trabajos con los que guarda similitud, también existen otros con los que se presenta discordancia, tal es el caso del realizado por **Ghadiri, Farpoor y Hejazi (2018)**, los cuales estudiaron la capacidad del vetiver para disminuir el contenido de Cd en el suelo contaminado en condiciones de invernadero a 0, 50, 100, 200, 400, 600, 800 ppm; donde los resultados no fueron significativos, debido a que, los niveles de Cd en el peso seco (PS) del brote se determinó concentraciones máximas de Cd vinculado con el tratamiento de 800 ppm se logró reducir solamente hasta 591 ppm. El resultado máximo de acumulación de Cd fue 96 ppm y su mayor tasa de absorción y acumulación se encontró en el brote y la raíz de las plantas.

Las plantas de *Chrysopogon zizanioides*, a 30 días del trasplante, han incrementado en 12 unidades el número de raíces, de 15 a 27 unidades; las raíces lograron un crecimiento de 7 cm, el número de hojas varía de 8 unidades promedio al momento del trasplante, hasta 18 unidades al culminar el ensayo; la longitud de hojas varía de 22 cm al momento del trasplante, hasta 55 cm a los 30 días de evaluación bajo 0.38 Cmol/Kg de K cambiable, <1 mg/Kg de P, 8.00 mg/K de nitrógeno total, pH 7.69 y una concentración de materia orgánica de 2.8 %. Características de crecimiento que según **Holanda et al. (2021)**, las pruebas experimentales en invernadero, en macetas, indican que presentan un incremento de hasta en un 100 % en el número de raíces, la longitud de las raíces por lo general está en función a la disponibilidad de los nutrientes, estas presentan mayor crecimiento en condiciones de escasez y son más cortas con un suelo rico en materia orgánica y minerales; caso similar sucede con el número de hojas, estas tienen el mismo comportamiento que las raíces, aunque estas se desarrollan en función a la disponibilidad de la luz solar, presentan un crecimiento con mayor área foliar en ambientes despejados y crecen delgadas y poco pigmentadas en ambientes con escasez de luminosidad.

La concentración de Cd en el suelo con sembrío de *Theobroma cacao* L. antes del tratamiento (P0), es de 1.80 mg/kg; luego a los 30 días, en las parcelas

experimentales (PI, PII y PIII) con densidades poblacionales de 80, 67 y 53 plántulas de *Chrysopogon zizanioides* por parcela respectivamente, presentan concentraciones inferiores a los 0,5 mg/kg para todos los casos y que en términos porcentuales corresponde a valores alrededor de 28%. Lo que permitiría corroborar estudios realizados por Corpus y Castillo (2018), cuando dice que diversas especies de herbáceas como *Calamagrostis recta*, *Cortaderia jubata* y *Festuca glycerantha*, y *Chrysopogon zizanioides* en condiciones de invernadero bioacumulan Cd y otros metales pesados; reduciendo la concentración de este hasta un 30 %.

El suelo es un sistema complejo y dinámico que influye directamente en la producción de alimentos y, en consecuencia, en la supervivencia humana. Apoya y regula los nutrientes y, por lo tanto, es esencial para la estructura y la vida de los ecosistemas. Un suelo sano aumenta el atractivo de una zona para el desarrollo de las poblaciones humanas y para actividades como la agricultura; la salud y productividad de los suelos son factores determinantes para la vida animal y vegetal (**Guerra Sierra et al., 2021**). De acuerdo al presente estudio podemos corroborar la importancia que puede tener un suelo sano, en este caso para la producción de Cacao que va ser el apoyo y aportador de nutrientes para las planta de cacao teniendo en cuenta que si el suelo tiene concentraciones de cadmio estas pueden ser aprovechadas directamente por las plantas y con un sistema de siembra de vetiver se podría controlar y mitigar que dichas concentraciones de cadmio sean acumuladas ya sea en planta de cacao talándolo a frutos (granos de Cacao), teniendo en cuenta que en la actualidad existen sistemas y mecanismos que regulan el contenido de metales pesados en la producción alimentario.

El presente estudio corroboraría los resultados de diversas investigaciones entre los que podemos citar al trabajo realizado por **Arevalo et al. (2016)**; indica que los contenidos totales de metales pesados como Cd, Ni, Pb, Fe, Cu, Zn y Mn en los suelos de plantaciones de cacao en las principales áreas de producción del Perú: zona Norte (Tumbes, Piura, Cajamarca y Amazonas); zona central (San Martín, Huánuco y Junín); zona Sur (Cuzco). Cabe señalar que en el mencionado estudio se consideraron plantaciones entre 10 y 15 años de edad

## VI. CONCLUSIONES

En la presente investigación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

La concentración de Cd en el suelo con sembrío de *Theobroma cacao L.* antes del tratamiento (P0), es de 1.80 mg/kg. Luego a los 30 días, en las parcelas experimentales (PI, PII y PIII) con densidades poblacionales de 80, 67 y 53 plántulas de *Chrysopogon zizanioides* por parcela respectivamente, presentan concentraciones inferiores a los 0,5 mg/kg para todos los casos.

La concentración de Cd en la biomasa de las plantas de *Chrysopogon zizanioides*, en pre y post el tratamiento de fitorremediación de suelos con cultivos de *Theobroma cacao L.*, en pre tratamiento fue inferior a los 0,05 mg/kg (M0) y post el tratamiento a los 30 días fue de 0,09 mg/kg (MF).

Las plantas de *Chrysopogon zizanioides*, a 30 días del trasplante incrementaron en 12 unidades el número de sus raíces (15 a 27 unidades); las raíces lograron un crecimiento de 7 cm, el número de hojas varía de 8 unidades promedio al momento del trasplante, hasta 18 unidades al culminar el ensayo; la longitud de hojas varía de 22 cm al momento del trasplante, hasta 55 cm a los 30 días de evaluación bajo 0.38 Cmol/Kg de K cambiante, <1 mg/Kg de P, 8.00 mg/K de nitrógeno total, pH 7.69 y una concentración de materia orgánica de 2.8 %.

De acuerdo a los resultados obtenidos del estudio realizado se puede concluir que la Hipótesis alterna es correcta debido a que la misma detalla que si es factible la remediación de suelos de cacaotales con concentraciones de cadmio.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Al ministerio de agricultura, a través del gobierno regional, realizar estudios para determinar la concentración de cadmio en el suelo y elaborar mapas temáticos de cada una de las provincias en la región San Martín.

Al gobierno regional de San Martín, proponer estudios piloto con mayor tiempo de aplicación a fin de obtener mejores resultados en la remediación de suelos haciendo usos de procesos de fitorremediación.

A otros investigadores que traten la línea de investigación, realizar análisis de manera individual de las estructuras de las plantas a fin de determinar cuál es la estructura que permite una mayor bioacumulación del elemento de interés.

A otros investigadores, mantener un control permanente de las plantas utilizadas en la fitorremediación a fin que los sistemas puedan ser evaluados de manera homogénea.

## REFERENCIAS

- ACOSTA, M. (2007). *Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del valle del mezquital, Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Disponible en:  
<http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/635/Determinacion%20de%20metales%20pesados%20suelos%20agricolas.pdf;sequence=1>
- ARÉVALO, E., Obando, M. E., Zúñiga, L. B., & Arévalo, C. O. (2016). Metales pesados en suelos de plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en tres regiones del Perú. *Ecología Aplicada*, 15(2). Disponible en:  
<http://dev.scielo.org.pe/pdf/ecol/v15n2/a03v15n2.pdf>
- ARIAS, F. (2006). *El proyecto de investigación* (E. Episteme, Ed.; 6th ed.). Disponible en:  
[https://www.academia.edu/10608760/El\\_Proyecto\\_de\\_Investigaci%C3%B3n\\_Introducci%C3%B3n\\_a\\_la\\_metodolog%C3%ADa\\_cient%C3%ADfica\\_5ta\\_Edici%C3%B3n\\_2006](https://www.academia.edu/10608760/El_Proyecto_de_Investigaci%C3%B3n_Introducci%C3%B3n_a_la_metodolog%C3%ADa_cient%C3%ADfica_5ta_Edici%C3%B3n_2006)
- ARVELO, Miguel., González, Diego., Maroto, Steven., Delgado, Tanya., & Montoya, Paola. (2017). Manual del cultivo de cacao Buenas prácticas para América Latina. In IICA (Ed.), *Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)* (1st ed.). Disponible en:  
[https://agroavances.com/img/publicacion\\_documentos/BVE17089191e\\_1.pdf](https://agroavances.com/img/publicacion_documentos/BVE17089191e_1.pdf)
- CORI, K. (2016). *Capacidad Del Vetiver (Chrysopogon Zizanioides) Para La Fitorremediación De Suelos Con Plomo Contaminado Por Relaves Mineros; Nivel De Laboratorio, 2016*. Universidad Cesar Vallejo. Disponible en:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/4629?show=full&locale-attribute=en>
- CORPUS, M., & Castillo, H. (2018). *Eficiencia de especies altoandinas como plantas fitorremediadoras de suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de minerales Santa Rosa de Jangas, en condiciones de invernadero, 2015-2016*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Disponible en:  
[http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNM\\_dd516058a9cae58f53db26c96a0d3a2d/Details](http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/RUNM_dd516058a9cae58f53db26c96a0d3a2d/Details)
- CORREA, C. (2016). *Ecotoxicología del cadmio, riesgo para la salud por la utilización de suelos ricos en cadmio*. Universidad Complutense. Disponible en:  
<https://eprints.ucm.es/id/eprint/49137/2/CARMEN%20CORREA%20GARCIA.pdf>
- DUQUE, M., Belmonte, L., Cortés, F., & Camacho, F. (2020). Agricultural waste: Review of the evolution, approaches and perspectives on alternative uses. *Global Ecology and Conservation*, 22, e00902. Disponible en:  
<https://www.semanticscholar.org/paper/Agricultural-waste%3A-Review-of-the-evolution%2C-and-on-Duque-Acevedo-Belmonte-Ure%C3%B1a/117566b600c326d4ea16ad8a621c78a4dd2c1703>
- FONDO Mundial para la Naturaleza. (2021). *Farming with biodiversity: Towards nature-positive production at scale* (p. 51). Disponible en:  
<https://spa.agromassidayu.com/vsemirnij-fond-dikoj-prirodi-a-087400>

GARCÍA, J., & Ordoñez, K. (2019). *Comparación de la concentración de Cadmio en Plantaciones de Cacao en los distritos de Huicungo y San Martín de Alao – 2018* [Universidad Cesar Vallejo]. Disponible en:

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/39344?locale-attribute=en>

GHADIRI, S., Farpoor, M. H., & Hejazi, M. (2018). Phytoremediation of soils polluted by heavy metals using Vetiver grass and Tall Fescue. *Desert*, 23(1), 123–132. Disponible en:

[https://jdesert.ut.ac.ir/article\\_66367\\_e61f40920238c9448ca6883f1f72c4e8.pdf](https://jdesert.ut.ac.ir/article_66367_e61f40920238c9448ca6883f1f72c4e8.pdf)

GONZÁLEZ, M. C. A., Carrillo, R., & Sánchez, A. S. (2017). Definiciones y problemática en la investigación científica en aspectos de fitoremediación de suelos. *Agro Productividad*, 10, 5–7. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/320237440\\_DEFINICIONES\\_Y\\_PROBLEMATICA\\_EN\\_LA\\_INVESTIGACION\\_CIENTIFICA\\_EN\\_ASPECTOS\\_DE\\_FITOREMEDIACION\\_DE\\_SUELOS\\_DEFINITIONS\\_AND\\_DIFFICULTIES\\_IN\\_SCIENTIFIC\\_RESEARCH REGARDING ASPECTS OF SOIL PHYTOREMEDIATION](https://www.researchgate.net/publication/320237440_DEFINICIONES_Y_PROBLEMATICA_EN_LA_INVESTIGACION_CIENTIFICA_EN_ASPECTOS_DE_FITOREMEDIACION_DE_SUELOS_DEFINITIONS_AND_DIFFICULTIES_IN_SCIENTIFIC_RESEARCH REGARDING ASPECTS OF SOIL PHYTOREMEDIATION)

GRIMSHAW, B. R., & Chairman, T. (2001). Vetiver systems– the dissemination and adoption issue. *Vetiver Newsletter*, 20(23), 1–2. Disponible en:

[https://www.vetiver.org/TVN\\_adoption.htm](https://www.vetiver.org/TVN_adoption.htm)

GUERRA SIERRA, B. E., Guerrero, J. M., & Sokolski, S. (2021). Phytoremediation of heavy metals in tropical soils an overview. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–25. Disponible en:

<https://pdfs.semanticscholar.org/275e/1efe56dc3b8009565dbbfe6f0bcf0c3e4a1b.pdf>

HERNÁNDEZ, R., Fernández, C., Baptista, M. del P., Méndez, S., & Mendoza, C. P. (2015). *Metodología de la investigación* (McGRAW-HILL, Ed.; 6th ed.). Disponible en:

[https://data.over-blog-kiwi.com/0/27/01/47/201304/ob\\_195288\\_metodologia-de-la-investigacion-sampieri-hernande.pdf](https://data.over-blog-kiwi.com/0/27/01/47/201304/ob_195288_metodologia-de-la-investigacion-sampieri-hernande.pdf)

HOLANDA, F. S. R., Dias, K. L. L. D., Santos, L. D. V., Brito, C. R. D. M., de Melo, J. C. R., & Santos, L. S. (2021). Development and morphometric characteristics of vetiver grass under different doses of organic fertilizer. *Revista Caatinga*, 34(1), 20–30. Disponible en:

<https://www.scielo.br/j/rcaat/a/WL8qhNSc7zq7Hb5w46kMwXn/?lang=en>

INTERGOVERNMENTAL Panel on Climate Change. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de Síntesis*. Disponible en :

<https://www.globalchange.gov/browse/reports/ipcc-climate-change-2014-synthesis-report>

JAMPASRI, K., Sittiwongpeng, K., & Raknak, K. (2017). Effect of salinity on the growth and cadmium accumulation of vetiveria nemoralis. *Environment and Natural Resources Journal*, 15(2), 62–70. Disponible en:

<https://www.thaiscience.info/Journals/Article/ENRJ/10985909.pdf>



- LONDOÑO Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz Garcia, F. G. (2016). Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145. Disponible en :  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117865>
- MAHECHA, J. D., Trujillo, J. M., & Torres, M. A. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari. *ORINOQUIA*, 19(1), 118–122. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5441176>
- MCGRANTH, D., & McCormarck, R. (1999). The significance of heavy metal and organic micropollutants in soils end of project report. *End of Project Report 4268*, 1, 1–34. Disponible en:  
<https://t-stor.teagasc.ie/handle/11019/1435?show=full>
- MELO, O. O., López, L. A., & Melo, S. E. (2020). *Diseño de experimentos - Métodos y aplicaciones* (MAQUETA LATEX, Ed.; 2nd ed.). Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias. Disponible en:  
[http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad\\_de\\_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas\\_Libros/Estadistica/Diseno\\_de\\_Experimentos/FCUN\\_LibroDisenoExperimentoOct20\\_2021Online.pdf](http://ciencias.bogota.unal.edu.co/fileadmin/Facultad_de_Ciencias/Publicaciones/Imagenes/Portadas_Libros/Estadistica/Diseno_de_Experimentos/FCUN_LibroDisenoExperimentoOct20_2021Online.pdf)
- MINISTERIO de Agricultura y Riego. (2016). *Estudio del Cacao en el Perú y el Mundo: Un análisis de la producción y el comercio*. 1–90. Disponible en:  
<https://www.coursehero.com/file/43390718/estudio-cacao-peru-julio-2016pdf/>
- MINISTERIO de Comercio Exterior y Turismo. (2019). *San Martín : Reporte de Comercio*. Disponible en:  
<https://www.gob.pe/institucion/mincetur/informes-publicaciones/345827-reporte-de-comercio-reporte-comercio-regional-rcr-san-martin-2019-i-sem>
- GUÍA para el muestreo de suelos, Pub. L. No. 002-2013-MINAM, 1 72 (2014). Disponible en:  
[https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/300594/d155225\\_opt.pdf](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/300594/d155225_opt.pdf)
- ORGANIZACIÓN Mundial de la Propiedad Intelectual. (2015). *Informe Mundial sobre la Propiedad Intelectual en 2015*. Disponible en:  
[https://www.wipo.int/pressroom/es/articles/2019/article\\_0013.html](https://www.wipo.int/pressroom/es/articles/2019/article_0013.html)
- PAZ, G. B. (2017). *Metodología de la investigación* (Grupo Editorial PATRIA, Ed.; 3rd ed.). Disponible en:  
<https://editorialpatria.com.mx/pdf/files/9786074384093.pdf>
- RAMÍREZ, R., Giraldo, D., & Barrera, D. (2018). Fitoextracción de cadmio con hierba mora (*Solanum nigrum* L.) en suelos cultivados con cacao (*Theobroma cacao* L.). *Acta Agrónoma*, 67, 420–424. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/328815947\\_Fitoextraccion\\_de\\_cadmio\\_con\\_hierba\\_mora\\_Solanum\\_nigrum\\_L\\_en\\_suelos\\_cultivados\\_con\\_cacao\\_Theobroma\\_cacao\\_L](https://www.researchgate.net/publication/328815947_Fitoextraccion_de_cadmio_con_hierba_mora_Solanum_nigrum_L_en_suelos_cultivados_con_cacao_Theobroma_cacao_L)

ROSIQUE, M. (2016). *Gestión de los residuos y suelos contaminados provenientes de la minería metálica: aspectos técnicos, problemas ambientales y marco normativo*. Universidad Politécnica de Cartagena. Disponible en:

[http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/gestion\\_de\\_los\\_residuos\\_y\\_suelos\\_contaminados\\_provenientes\\_de\\_la\\_mineria\\_metalica.pdf](http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/gestion_de_los_residuos_y_suelos_contaminados_provenientes_de_la_mineria_metalica.pdf)

SANTANDER, W., Medina, O., Verde, C., & Garay, R. (2019). *Cuantificación de los límites máximos permisibles de cadmio en suelos, frutos (cáscara, almendra fresca), granos fermentados, licor de cacao y chocolate, para garantizar una exportación de calidad en zonas productoras de las provincias de Huallaga y Bella*. Universidad Nacional de San Martín. Disponible en:

<https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/3596?show=full>

## ANEXOS

### Anexo 1. Operacionalización de variables.

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala y unidad de medida
Independiente: Siembra de <i>Chrysopogon zizanioides</i> , El Dorado, 2021	Los diseños de plantación estratégicos, teniendo en cuenta la distancia y disposición empleados a fin de optimizar ciertos recursos, evitar o controlar ciertas plagas; aunque, en la actualidad se podrían emplean para la extraer ciertos agentes presentes en determinadas áreas de interés como en fitorremediación de suelos contaminados, así lo indica el Fondo Mundial para la Naturaleza (Fondo Mundial para la Naturaleza 2021).	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La utilización estratégica del vetiver permitirá solubilizar, quelar y dinamizar al cadmio presente en concentraciones en el suelo agrícola dedicado al cultivo de cacao.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cantidad de plantas en un área determinada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Densidad poblacional del vetiver.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuantitativa – discreta: unidad/área.</li> </ul>
Dependiente: Remediación de suelos de cacaotales con concentraciones de cadmio.	La remediación es el conjunto de medidas a las que se someten los sitios contaminados para eliminar o reducir los contaminantes hasta un nivel seguro para la salud y el ambiente o prevenir su dispersión en el ambiente sin modificarlos, de conformidad con lo que establece la Ley General de Residuos sólidos (Congreso de la república, 2016).	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Capacidad de un determinado proceso, físico, químico o biológico estratégico que permitirá recuperar la calidad del medio donde se implemente y/o se aplique.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Determinación de la concentración del metal pesado cadmio (Cd) en el suelo de interés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Concentración del metal pesado cadmio (Cd).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Cuantitativa continua: ppm, mg/Kg.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia, 2021





Anexo 3. Registro de datos de Campo.



Tesis: Remediation de suelos de cacaoales con concentraciones de cadmio mediante la siembra de **Chrysopogon zizanioides**.  
 El Dorado, 2021.

Registro de datos de plantulas de **Chrysopogon Zizanioides**


Lugar: **Textano con Sembra de Cacao**      Responsable: **Leon Torres / Almendra Penelope**  
 Departamento: **San Martin**      Provincia: **El Dorado**      Distrito: **San Jose de Sisa**

Evaluación	N° de muestra	N° Raíces (cm)				N° Hojas				Log. Hoja (cm)			
		Semana I	Semana II	Semana III	Semana IV	Semana I	Semana II	Semana III	Semana IV	Semana I	Semana II	Semana III	Semana IV
Parcela 1	1	13	28	43	7	10	13	16	22	30	45	51	51
	2	15	33	48	6	10	14	17	22	30	39	43	51
	3	14	24	41	7	11	13	16	22	31	34	39	43
	4	22	26	42	8	12	13	19	22	33	42	48	55
	5	22	24	46	9	11	14	17	22	35	45	51	57
	6	18	27	41	8	12	13	16	22	37	44	51	57
	7	18	27	45	9	13	16	19	22	30	43	51	56
	8	13	24	47	9	11	13	17	22	35	43	51	56
Parcela 2	1	13	24	47	9	10	13	17	22	35	43	51	56
	2	13	23	46	8	10	14	19	22	33	43	51	56
	3	17	22	43	9	12	15	18	22	33	43	51	56
	4	14	28	41	7	11	13	17	22	34	43	51	56
	5	15	26	48	8	13	15	18	22	36	43	51	56
	6	14	24	47	8	12	14	17	22	39	43	51	56
	7	15	27	47	9	13	15	18	22	38	44	51	56
	8	18	31	46	6	9	12	16	22	38	44	51	56
Parcela 3	1	16	29	49	7	10	13	17	22	33	46	51	56
	2	14	29	47	8	12	15	18	22	33	42	51	56
	3	6	25	47	8	11	14	18	22	34	46	51	56
	4	12	28	46	9	13	15	18	22	37	43	51	56
	5	12	26	46	9	12	16	19	22	36	43	51	56
	6	18	29	48	8	10	14	17	22	38	43	51	56
	7	16	24	47	8	11	14	17	22	39	43	51	56
	8	16	25	48	10	13	16	19	22	37	46	51	56

  
 Almendra Penelope  
 Leon Torres  
 Bach. Ingenieria Ambiental.  
 DNI: 47830949




Anexo 4. Resultados de laboratorio de los parámetros de interés antes del tratamiento. (Pag. 1 de 4)



## Environmental Quality Analytical Services S.A.

Tecnología al servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental



**INFORME DE ENSAYO N° SA1676/21**

**Solicitante** : LEÓN TORRES ALMENDRA PENELOPE  
**Dirección** : Tarapoto

**Procedencia** : TARAPOTO  
**Distrito:** Sauce - **Provincia:** Tarapoto -  
**Departamento:** San Martín

**Matriz de la Muestra** : **Biomasa Chrysopogon zizanoides (Vetiver)**

Fecha de Muestreo : 28 - Octubre - 2 021  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 29 - Octubre - 2 021 /15:40 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 29 - Octubre al 9 - Noviembre - 2 021

Código Interno: L1676/21

PARÁMETROS	1676 - 1 <sup>(*)</sup>	Expresado en:	MÉTODO DE ENSAYO
	M F <sup>(*)</sup> Después del Tratamiento		
Cadmio (Cd)	< 0,5	mg/kg	EPA 3050B/EPA 7000 B


(\*) Código de Laboratorio                      (\*) Código del Solicitante

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -**  
 EPA 3050B: Acid Digestion Of Sediments, Sludges And Soils. EPA 7000B: Flame Atomic Absorption Spectrophotometry 2007.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -**  
 La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

**OBSERVACIONES. -**  
 El resultado está expresado en mg/kg PS (Peso Seco).  
 El resultado se aplica a la muestra cómo se recibió.

Lima, 09 de Diciembre de 2 021.



**Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo**  
Gerente General



*Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.*  
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Código: F01-P.DIR.04    Dirección de Laboratorio: Mz.1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte

Revisión: 00    Teléfonos: 548-4976 / 349-4050    e\_mail: info@equas.com.pe

Fecha: 17-10-2019

Página 1 de 1

Fuente: Copia del documento original, 2021.

**Anexo 5.** Resultados de laboratorio de los parámetros de interés, después del tratamiento. (Pág. 2 de 4)



**Environmental Quality  
Analytical Services S.A.**  
Tecnología al servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental



**INFORME DE ENSAYO N° SA1608/21**

**Solicitante** : LEÓN TORRES ALMENDRA PENELOPE  
**Dirección** : Tarapoto

**Procedencia** : TARAPOTO  
 Distrito: San José de Sisa - Provincia: El Dorado -  
 Departamento: San Martín

**Matriz de la Muestra** : Biomasa Chrysopogon zizanoides (Vetiver)

Fecha de Muestreo : 28 - Noviembre - 2 021  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 30 - Noviembre - 2 021 / 07:45 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 30 - Noviembre al 01 - Diciembre - 2021

Código Interno: L1608/21

PARÁMETROS	1608 - 1 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODO DE ENSAYO
	M 1 <sup>(b)</sup> Antes del Tratamiento (08:00 h)		
Cadmio (Cd)	0,90	mg/kg	EPA 3050B/EPA 7000 B

(<sup>a</sup>) Código de Laboratorio                      (<sup>b</sup>) Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.** -  
 EPA 3050B: Acid Digestion Of Sediments, Sludges And Soils. EPA 7000B: Flame Atomic Absorption Spectrophotometry 2007.

**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA.** -  
 La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

**OBSERVACIONES.** -  
 El resultado está expresado en mg/kg PS (Peso Seco).  
 El resultado se aplica a la muestra cómo se recibió.

Lima, 01 de Diciembre de 2 021.



**Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo**  
Gerente General



**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.**  
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.


Código: F01-P.DIR.04    Dirección de Laboratorio: Mz.1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
 Revisión: 00                      Teléfonos: 548-4976 / 349-4050    e\_mail: info@equas.com.pe  
 Fecha: 17-10-2019

Página 1 de 1

Fuente: Copia del documento original, 2021.




**Anexo 6.** Resultados de laboratorio de los parámetros de interés, antes del tratamiento. (Pág. 3 de 4)



**Environmental Quality Analytical Services S.Á.**  
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO PERUANO DE  
ACREDITACION INACAL - DA CON  
REGISTRO N° LE - 030



**INFORME DE ENSAYO N° SA1607/21**

**Solicitante** : LEÓN TORRES ALMENDRA PENELOPE  
**Dirección** : Tarapoto

**Procedencia** : TARAPOTO  
**Distrito:** San José de Sisa - **Provincia:** El Dorado -  
**Departamento:** San Martín

**Matriz de la Muestra** : Suelo

Fecha de Muestreo : 28 - Octubre - 2 021  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 29 - Octubre - 2 021 / 15:45 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 29 - Octubre al 04 de Noviembre - 2021

Código Interno: L1607/21

PARÁMETROS	1607 - 1 <sup>(a)</sup>	Expresado en:	MÉTODO DE ENSAYO
	M 1 <sup>(b)</sup> Antes del Tratamiento (15:25 h) N 9 265 805 – E 319 596 <sup>(c)</sup>		
Cadmio (Cd)	1,80	mg/kg	EPA 3050B/EPA 7000 B
Conductividad Eléctrica	5,76	mS/m	ISO 11265
Fósforo Disponible (Olsen)	< 1	mg/kg	Método 6.1(Validado) (-)(*)
Materia Orgánica	2,8	%	Método 7.1(Validado) (-)(*)
Nitrógeno Total	8	mg/kg	APHA- 4500-N C / EPA 352.1 (Validado) (*)
pH	7,69	Unidad de pH	EPA 9045D
Potasio Cambiable (K <sup>+</sup> )	0,38	Cmol <sup>+</sup> /kg	NOM-021 AS-12 (*)

(<sup>a</sup>) Código de Laboratorio      (<sup>b</sup>) Código del Solicitante y hora de muestreo      (<sup>c</sup>) Ubicación en coordenadas UTM WGS 84

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -**

- EPA 3050B: Acid Digestion Of Sediments, Sludges And Soils. EPA 7000B: Flame Atomic Absorption Spectrophotometry 2007.
- Soil Quality: Determination of the Specific Electrical Conductivity. 1994
- Métodos de Análisis recomendados para los Suelos de Chile. INIA. Método 6.1,2006. Extracción con Solución de Bicarbonato de Sodio 0.5 mol/L a pH 8.5 y Determinación colorimétrica de Azul de Molibdeno. (Validado)
- Métodos de Análisis recomendados para los Suelos de Chile. INIA. Método 7.1,2006. Oxidación con Dicromato en medio Ácido y Determinación colorimétrica del Cromato reducido. (Validado)
- Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010.
- EPA 9045D: Soil And Waste pH. 2004
- (-) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS, TL-1011.
- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.


**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -**

- Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.


**OBSERVACIONES. -**

- Los resultados están expresados en mg/kg PS (Peso Seco).
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 01 de Diciembre de 2 021.



**Ing. Eusebio Victor Cóndor Evaristo**  
Gerente General




**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.**  
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

---


Código: F01-P-DIR.00      Dirección de Laboratorio: Mz.1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
 Revisión: 00      Teléfonos: 548-4976 / 349-4050      e\_mail: info@equas.com.pe  
 Fecha: 17-10-2019 Página 1 de 2

Fuente: Copia del documento original, 2021.


**Anexo 7. Resultados de laboratorio de los parámetros de interés, después del tratamiento. (Pág. 4 de 4)**



**Environmental Quality Analytical Services S.A.**  
Tecnología al Servicio de la Protección y Saneamiento Ambiental



TESTING LABORATORY ACCREDITED BY INTERNATIONAL ACCREDITATION SERVICE, INC.  
CERTIFICATE: TL-1011  
ACCREDITED Testing Laboratory



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL DA CON REGISTRO N° LE-030  
Registro N° LE-030

**INFORME DE ENSAYO N° SA1675/21**

**Solicitante** : LEÓN TORRES ALMENDRA PENELOPE  
**Dirección** : Tarapoto  
**Procedencia** : TARAPOTO  
**Distrito:** San José de Sisa - **Provincia:** El Dorado - **Departamento:** San Martín  
**Matriz de la Muestra** : Suelo  
**Fecha de Muestreo** : 28 - Noviembre - 2 021  
**Responsable del Muestreo** : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
**Fecha y Hora de Recepción** : 30 - Noviembre - 2 021 / 07:55 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo** : 30 - Noviembre al 09 - Diciembre - 2021

Código Interno: L1675/21

PARÁMETROS	1675 - 1 <sup>(*)</sup>	1675 - 2 <sup>(*)</sup>	1675 - 3 <sup>(*)</sup>	Expresado en:	MÉTODO DE ENSAYO
	M I <sup>(b)</sup> Después del Tratamiento (14:10 h)	M II <sup>(b)</sup> Después del Tratamiento (14:35 h)	M III <sup>(b)</sup> Después del Tratamiento (14:49 h)		
Cadmio (Cd)	< 0,5	< 0,5	< 0,5	mg/kg	EPA 3050B/EPA 7000 B
Conductividad Eléctrica	7,86	8,63	8,12	mS/m	ISO 11265
Fósforo Disponible (Olsen)	< 1	< 1	< 1	mg/kg	Método 6.1(Validado) (-)(*)
Materia Orgánica	1,9	2,3	2,5	%	Método 7.1(Validado) (-)(*)
Nitrógeno Total	8,1	8,5	8,7	mg/kg	APHA- 4500-N C / EPA 352.1 (Validado) (*)
pH	7,91	7,75	7,05	Unidad de pH	EPA 9045D
Potasio Cambiable (K <sup>+</sup> )	0,26	0,21	0,10	Cmol <sup>+</sup> /kg	NOM-021 AS-12 (*)

(\*) Código de Laboratorio      (b) Código del Solicitante y hora de muestreo

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -**

- EPA 3050B: Acid Digestion Of Sediments, Sludges And Soils. EPA 7000B: Flame Atomic Absorption Spectrophotometry 2007.
- Soil Quality: Determination of the Specific Electrical Conductivity. 1994
- Métodos de Análisis recomendados para los Suelos de Chile. INIA. Método 6.1.2006. Extracción con Solución de Bicarbonato de Sodio 0.5 mol/L a pH 8,5 y Determinación colorimétrica de Azul de Molibdeno. (Validado)
- Métodos de Análisis recomendados para los Suelos de Chile. INIA. Método 7.1.2006. Oxidación con Dicromato en medio Ácido y Determinación colorimétrica del Cromato reducido. (Validado)
- Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass. ASTM International, West Conshohocken, PA, 2010.
- EPA 9045D. Soil And Waste pH. 2004
- (-) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que han sido acreditados por el IAS, TL-1011.
- (\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

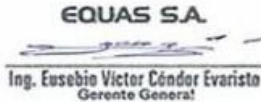
**ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA. -**

- Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.


**OBSERVACIONES. -**

- Los resultados están expresados en mg/kg PS (Peso Seco).
- Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

Lima, 09 de Diciembre de 2 021.



**Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo**  
Gerente General



**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.**  
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.  
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Código: F01-P.DIR.04      Dirección de Laboratorio: Mz.1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte


Revisión: 00      Teléfonos: 548-4976 / 349-4050      e\_mail: info@equas.com.pe

Fecha: 17-10-2019

Página 1 de 1

Fuente: Copia del documento original, 2021.

**Anexo 8.** Instrumento – Formato de registro de campo (Pág. 1 de 3).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Dr. Andi Lozano Chung.  
 Institución donde labora: Universidad Nacional de San Martín.  
 Especialidad: Ingeniero Ambiental.  
 Instrumento de evaluación: Formato de registro de campo.  
 Autor (s) del instrumento (s): León Torres, Almendra Penelope.

**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: <b>Siembra de <i>Chrysopogon zizanooides</i>.</b>				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: <b>Siembra de <i>Chrysopogon zizanooides</i>.</b>				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: <b>Siembra de <i>Chrysopogon zizanooides</i>.</b>					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
<b>PUNTAJE TOTAL</b>					<b>47</b>	


(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:** 47 Tarapoto 15 de Octubre de 2021



Andi Lozano Chung  
INGENIERO AMBIENTAL  
CIP 159414

Fuente: Copia del documento original, 2021.



**Anexo 9.** Instrumento – Formato de registro de campo (Pág. 2 de 3).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Dr. Julio Armando Ríos Ramírez.  
 Institución donde labora: Universidad Nacional de San Martín.  
 Especialidad: Gestión Universitaria.  
 Instrumento de evaluación: Formato de registro de campo.  
 Autor (s) del instrumento (s): León Torres, Almendra Penelope.

**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: <b>Siembra de <i>Chrysopogon zizanooides</i>.</b>					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: <b>Siembra de <i>Chrysopogon zizanooides</i>.</b>					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: <b>Siembra de <i>Chrysopogon zizanooides</i>.</b>					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
<b>PUNTAJE TOTAL</b>					45	

(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)

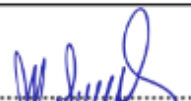
**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

*Es aplicable*

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

45

Tarapoto 15 de Octubre de 2021

  
 .....  
 Dr. Julio Armando Ríos Ramírez  
 INGENIERO AGRÓNOMO  
 CIP: 127889

Fuente: Copia del documento original, 2021.

**Anexo 10.** Instrumento – Formato de registro de campo (Pág. 3 de 3).



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Mg. Abel Rivera Cervantes  
 Institución donde labora: Corporación Gronperu S.A.C.  
 Especialidad: Gestión pública.  
 Instrumento de evaluación: Formato de registro de campo.  
 Autor (s) del instrumento (s): León Torres, Almendra Penelope.

**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: <b>Siembra de <i>Chrysopogon zizanooides</i></b> .				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: <b>Siembra de <i>Chrysopogon zizanooides</i></b> .					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: <b>Siembra de <i>Chrysopogon zizanooides</i></b> .				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	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>					45	

(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**

*Es aplicable*

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

45

Tarapoto 15 de Octubre de 2021

  
 ABEL RIVERA CERVANTES  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP: N° 221517

Fuente: Copia del documento original, 2021.

### **Tablas de resultados de parámetros adicionales:**

**Anexo 11.** La conductividad eléctrica de suelos con sembrío de *Theobroma cacao* L. es M0 de 5,7 umho/cm, M1 7,86 umho/cm, MII 8,63 umho/cm, MIII 8,12 umho/cm.

**Tabla 11.** Resultado de la medición del Parámetro de Conductividad eléctrica antes y después de proceso de fitorremediación en parcelas experimentales.

Parámetros	Normativa ECA 2017	unidades de medida	P 0	P I	P II	P III
			Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento
conductividad eléctrica	0.2-2.4	umho/cm	5,76	7,86	8,63	8,12

Fuente Elaboración Propia 2021.

#### **Interpretación:**

La conductividad eléctrica de suelos con cultivos de *Theobroma Cacao* L. es de M0 5,7 umho/cm y post la aplicación de la siembra de *Chrysopogon zizanioides* Fue de: P I 7,86 umho/cm - P II 8,63 umho/cm – P III 8,12 umho/cm.

**Anexo 12.** El Fosforo disponible en el suelo con cultivo de *Theobroma Cacao* L. es de < 1 mg/kg las cuatro (4) muestras realizadas.

**Tabla 12.** Resultado de la medición del Parámetro de fosforo antes y después de proceso de fitorremediación en parcelas experimentales.

Parámetros	Normativa ECA 2017	unidades de medida	P 0	P I	P II	P III
			Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento
P disponible	8.0-20	mg/Kg	< 1	< 1	< 1	< 1

Fuente Elaboración propia 2021.

#### **Interpretación:**

El suelo con cultivo de *Theobroma Cacao* L. presenta valores de Fosforo disponible por debajo de los valores establecidos según los estándares de calidad ambiental (8.0 - 20 mg/kg).

**Anexo 13.** La materia Orgánica presente en suelo con cultivo de *Theobroma Cacao* L. es de 2,8 %.

**Tabla 13.** Resultado de la medición del Parámetro de *Materia orgánica antes y después de proceso de fitorremediación* en parcelas experimentales.

Parámetros	Normativa ECA 2017	unidad de medida	P0	P I	P II	P III
			Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento
<b>Materia Orgánica</b>	<b>2.0-4.9</b>	<b>%</b>	<b>2,8</b>	<b>1,9</b>	<b>2,3</b>	<b>2,5</b>

Fuente Elaboración Propia 2021.

**Interpretación:**

La materia orgánica presente en el suelo con cultivo de *Theobroma cacao L.* presento un valor inicial de 2,8%, dicho valor posterior al tratamiento mediante la siembra *Chrysopogon zizanioides* en cada una de las parcelas ensayadas (PI, PII y PIII) se redujeron a 1,9 % - 2,3 % - 2,5 % respectivamente, para todos los casos los valores se encuentran dentro del rango establecido en los Estándares de calidad (2.0 - 4.9 %).

**Anexo 13.** El nitrógeno total del suelo con cultivo de *Theobroma Cacao L.* es de 8,00 antes del tratamiento con la siembra de *Chrysopogon zizanioides* y post el tratamiento: MI 8,1- MII 8,5 y MIII 8,7.

**Tabla 14.** Resultado de la medición del Parámetro de nitrógeno total antes y después de proceso de fitorremediación en parcelas experimentales.

Parámetros	Normativa ECA 2017	unidad de medida	P0	P I	P II	P III
			Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento
N total	>7	mg/kg	8.00	8,1	8.5	8,7

Fuente Elaboración Propia 2021

**Interpretación:**

Los suelos con cultivo de *Theobroma Cacao L.* tienen Nitrógeno Total por encima del límite permisible.

**Anexo 14.** El potasio disponible en suelo con cultivo de Theobroma Cacao L. Es de 0,38 Cmol\*/Kg.

**Tabla 15.** Resultado de la medición del Parámetro de K Cambiante antes y después de proceso de fitorremediación en parcelas experimentales.

Parámetros	Normativa ECA 2017	unidad de medida	P0	P I	P II	P III
			Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento
K Cambiante	0.2-1.5	Cmol*/Kg	0,38	0,26	0,21	0,10

Fuente Elaboración Propia 2021

#### Interpretación:

El K cambiante de las muestras de suelo de las 3 parcelas de estudio disminuyeron a comparación de la primera parcela que tuvo un resultado de 0,38 Cmol\*/Kg, pero teniendo en cuenta que dichos resultados se mantienen dentro del los Límites Permisibles.

**Anexo 15.** El Ph de suelo con cultivo de Theobroma cacao L. de la Parcela 0 es de 7,69, Parcela I 7,91, PARCELA II 7,75 y Parcela III 7,05.

**Tabla 16.** Resultado de la medición del Parámetro de pH antes y después de proceso de fitorremediación en parcelas experimentales.

Parámetros	Normativa ECA 2017	unidad de medida	P0	P I	P II	P III
			Antes del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento	Después del tratamiento
pH	6.0-8.0	Unidad de Ph	7,69	7,91	7,75	7,05

Fuente elaboración Propia 2021.

#### Interpretación

El pH de las muestras de suelo de las 4 parcelas de estudio se encuentra dentro del Límite Permisible de según la Normativa ECA.



**Anexo 16. Panel fotográfico como evidencia de las actividades desarrolladas.**



Se realizó la visita de campo para la selección de parcela de estudio - El Dorado – Sisa.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Se realizó la selección de terreno con sembrío de *Theobroma cacao* - El Dorado – Sisa.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.





Medición y Limpieza de las parcelas.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Instalación de cinta de peligro para la separación de parcelas.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.





Instrumentos para la recolección de muestras de suelo.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Extracción de plantas de *Chrysopogon zizanioides*.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.





Extracción de plantas de *Chrysopogon zizanioides*.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Llenado de la hoja de campo y hoja de custodia para envío de muestras.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.





Imagen fotográfica del crecimiento de *Chrysopogon zizanioides*.  
Fuente: Elaboración propia, 2021

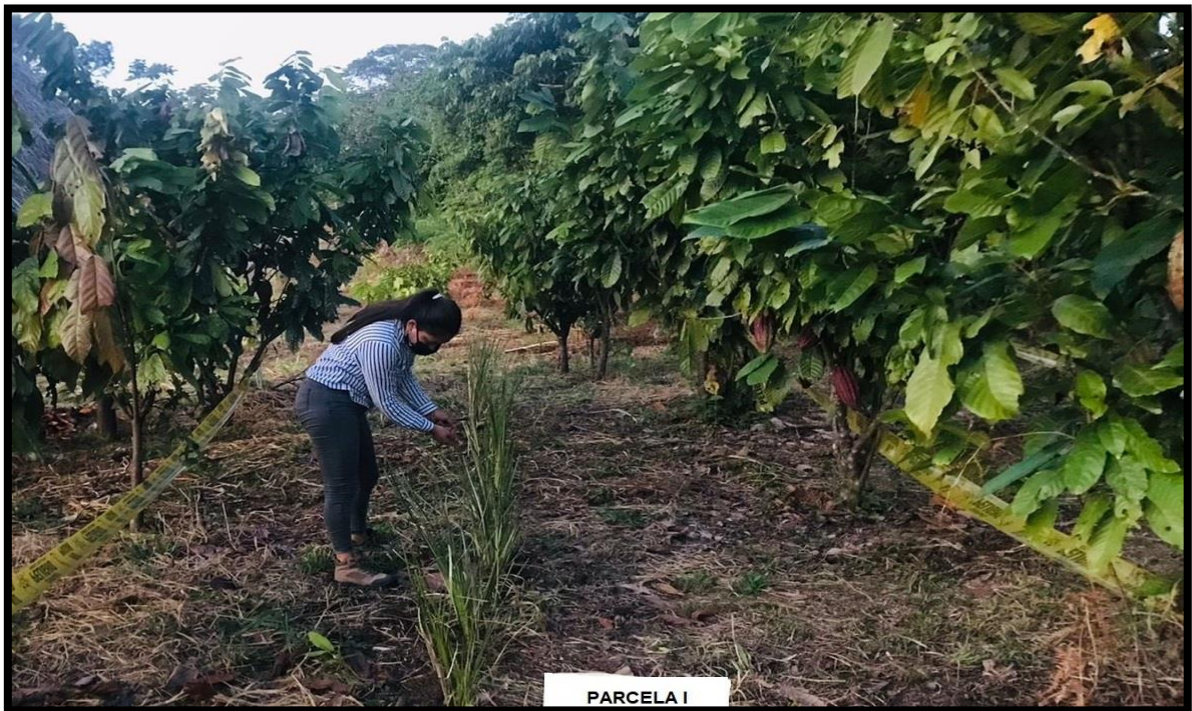


Plantas de *Chrysopogon zizanioides* en crecimiento.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.





Parcelas con diferentes densidades de *Chrysopogon zizanioides* para fitorremediación de suelos con concentraciones cadmio.  
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Medición de la longitud de hojas  
Fuente: Elaboración propia, 2021.



Muestra de *Chrysopogon zizanioides* extraída después del tratamiento de fitorremediación.

Fuente: *Elaboración propia, 2021.*