



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Capacidad del *Gynerium sagittatum* para la fitorremediación de suelos de cultivos  
arroz con metales pesados bajo condiciones controladas, Moyobamba, 2020**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTORES:**

Samamé Saboya, Fiorella Esperanza (ORCID: 0000-0001-7220-0659)

Osores Tello, Brayan Alexis (ORCID: 0000-0002-0597-9364)

**ASESOR:**

Ing. Condori Moreno, Delbert Eleasil (ORCID: 0000-0001-5318-6433)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

MOYOBAMBA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

A nuestro creador por habernos dado la fuerza y voluntad para permanecer con las metas proyectadas cuando a punto de caer hemos estado, le dedico principalmente este trabajo a Dios por permitirnos llegar hasta este momento tan importante de nuestra vida.

Le dedicamos este trabajo a nuestros padres por ser los pilares que nos impulsan a ir hacia adelante, por darnos su apoyo moral y valores formados para ser personas de bien cada día. De igual forma a nuestros docentes, gracias por su tiempo y dedicación brindada en el proceso de nuestra formación profesional.

Fiorella Esperanza

Brayan Alexis

## **Agradecimiento**

A Dios por habernos encaminado todos los días, por darnos fuerza y voluntad para superar dificultades en esta etapa de nuestra vida.

A nuestros padres y familiares que nos dieron su apoyo incondicional en nuestra formación profesional y logros, enseñándonos a no decaer y persistir ante obstáculos y dificultades.

Al PhD. Lizardo Visitación Figueroa jefe del departamento de ciencias de la Universidad Nacional Agraria La Molina, por su apoyo constante.

A nuestros docentes quienes inculcaron en nuestra formación profesional y personal. Por brindarnos conocimientos y valores para desenvolvernos como persona y como un buen profesional.

Fiorella Esperanza

Brayan Alexis

## 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
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II.MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	4
3.1 Tipo de y diseño de investigación.....	9
3.2 Variables y operacionalización.....	10
3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis.....	11
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	12
3.5 Procedimientos.....	14
3.6 Métodos de análisis de datos.....	18
3.7 Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS.....	20
V. DISCUSIÓN.....	30
VI. CONCLUSIONES.....	32
VII. RECOMENDACIONES.....	33
Referencias.....	34

## Índice de tablas

Tabla 1.	Valores iniciales de la concentración de cadmio en suelos de cultivo de arroz, Moyobamba, 2020.....	28
Tabla 2.	Valores iniciales de la concentración de cromo en suelos de cultivo de arroz, según el Decreto N.º 3.516.....	29
Tabla 3.	Desarrollo del tamaño de la <i>Gynerium sagittatum</i> después del proceso de fitorremediación .....	30
Tabla 4.	Desarrollo del tamaño de la raíz de <i>Gynerium sagittatum</i> después del proceso de fitorremediación.....	32
Tabla 5.	Prueba de Tukey determinación de los días óptimos para la reducción de Cadmio.....	34
Tabla 6.	Prueba de Tukey determinación de los días óptimos para la reducción de cromo.....	35
Tabla 7.	Eficiencia del <i>Gynerium sagittatum</i> en la remoción de cadmio y cromo en suelos de cultivos de arroz .....	36
Tabla 8.	Prueba ANOVA de un factor tratamiento vs remoción de cadmio.....	37
Tabla 9.	Prueba ANOVA de un factor tratamiento vs remoción de cromo..	37
Tabla 10.	Matriz de operacionalización de la variable. ....	51

## Índice de figuras

Figura 1.	Ubicación del área de estudio .....	22
Figura 2.	Localización de punto de muestreo.....	23
Figura 3.	proceso de experimentación .....	24
Figura 4.	Niveles iniciales de cadmio en suelos de cultivo de arroz.....	28
Figura 5.	Niveles iniciales de cromo en suelos de cultivo de arroz.....	29
Figura 6.	Desarrollo del tamaño del tallo de la <i>Gynerium sagittatum</i> después del proceso de fitorremediación.....	31
Figura 7.	Desarrollo del tamaño de la raíz de la <i>Gynerium sagittatum</i> después.....	33
Figura 8.	Días óptimos para reducir las concentraciones de cadmio en suelos de cultivos de arroz con <i>Gynerium sagittatum</i> .....	34
Figura 9.	Días óptimos para reducir las concentraciones de cromo en suelos de cultivos de arroz con <i>Gynerium sagittatum</i> .....	35
Figura 10.	Eficiencia del <i>Gynerium sagittatum</i> en la remoción de cadmio y cromo en suelos de cultivos de arroz .....	36

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo de poder determinar la capacidad del *Gynerium sagittatum* para la fitorremediación de suelos de cultivos arroz con metales pesados bajo condiciones controladas. El presente trabajo es de tipo aplicado con un diseño cuasi- experimental. Se tuvo como población a los suelos de cultivo de arroz del caserío Metoyacu, distrito de Moyobamba, y la muestra estuvo representada por un total de 82 kilogramos de suelo, se utilizó el manual de muestreo de suelos establecidos por el MINAM. Se utilizó como técnica a la observación y análisis de documentos. Siendo los instrumentos la ficha de resultados, sistematización y crecimiento. Se obtuvo como resultados que el suelo del área de estudio presenta una concentración de 1.51 ppm de cadmio y 27.21 ppm de cromo estos valores se encuentran por encima de las normas utilizadas. Por otro lado, se evidencia que el mayor desarrollo de la planta se da en 40 días, el *Gynerium sagittatum* tiene una eficiencia de remoción de 32% de cadmio y 34.58% de cromo. Finalmente, la prueba de ANOVA permite concluir que el *Gynerium sagittatum* tiene la capacidad de remover metales pesados tales como cadmio y cromo en suelos de cultivos de arroz.

Palabra clave: *Gynerium sagittatum*, suelo de cultivo de arroz, cadmio, cromo.

## ABSTRACT

The present research aimed to determine the capacity of *Gynerium sagittatum* for the phytoremediation of soils of rice crops with heavy metals under controlled conditions. The present work is of an applied type with a quasi-experimental design. The population was the rice cultivation soils of the Metoyacu village, Moyobamba district, and the sample was represented by a total of 82 kilograms of soil, the soil sampling manual established by MINAM was used. The observation and analysis of documents was used as a technique. The instruments being the results, systematization and growth sheet. The results were that the soil in the study area presents a concentration of 1.51 ppm of cadmium and 27.21 ppm of chromium, these values are above the standards used. On the other hand, it is evidenced that the greatest development of the plant occurs in 40 days, *Gynerium sagittatum* has a removal efficiency of 32% of cadmium and 34.58% of chromium. Finally, the ANOVA test allows to conclude that *Gynerium sagittatum* has the ability to remove heavy metals such as cadmium and chromium in soils of rice crops.

**Keyword:** *Gynerium sagittatum*, rice growing soil, cadmium, chromium.



## I. INTRODUCCIÓN

El suelo es uno de los recursos que tiene mayor importancia en nuestro planeta en la cual se desarrolla la vida, sin embargo, esta es sensible y presenta una difícil recuperación, este recurso se utiliza con diversos propósitos tales como para la extracción de material constructivo, minerales, es de uso para desarrollo de actividades económicas como la ganadería, servicios ambientales y agricultura. Siendo esta una actividad objeto de estudio, ya que provee sustento a una población, al ser humano, la agricultura como principal actividad económica puesto que se desarrolla en el suelo, siendo los sembríos, pastos y regadíos donde se viene haciendo un uso extensivo del recurso edáfico. La producción de arroz se utiliza una gran cantidad de plaguicidas, fertilizantes y diversos productos con el fin de mejorar su producción, todo esto lleva al aumento de la degradación del suelo (Silva y Correa, 2015, p.1).

En Latinoamérica, muchos países se presenta un alto nivel de contaminación del recurso edáfico a consecuencia del uso desmedido de agroquímicos por parte de los agricultores en Costa Rica, siendo los principales problemas el uso de fertilizantes nitrogenados para acelerar su producción agrícola, el cual no presenta una supervisión adecuada por el órgano de salud de su país lo que trae consigo el incremento de problemas de salud en su población (Pomareda, 2019, p.23). Otro de los países latinoamericanos que presenta dicha problemática es Colombia, los agricultores hacen uso excesivo de herbicidas con el propósito de lograr la erradicación de plagas, más aún en cultivos tradicionales tales como el café y arroz, ante esta realidad surge la alternativa de poder plantear resultados que propicien a tomar conciencia acerca del efecto que generan sobre el ambiente su uso indiscriminado (Rojas, 2019, p.23).

Según La Red Agrícola (2018, p.2) el Perú es el segundo país productor de arroz con más de tres millones de t de cáscara arroz, después de Brasil, y el segundo país en rendimiento con 7,6 t ha<sup>-1</sup>, después de Uruguay en América Latina. Las posibilidades para aumentar la producción son altas, mejorando las tecnologías de producción, cosecha y procesamiento. El incremento de las presiones bióticas por el cambio climático, inducen a los agricultores a realizar aplicaciones frecuentes de pesticidas, aumentando los costos de producción y contaminando el ambiente. El

alto consumo de agua, emisiones de metano y el efecto ambiental por el uso excesivo de agroquímicos, indican que los sistemas de producción de arroz no son sustentables ni logran la adaptación al cambio climático.

En la región de San Martín con respecto al sector agroindustrial es la primordial actividad de la región teniendo el orden de importancia la cosecha de arroz, maíz, café, cacao y palma aceitera. Por tal motivo, la producción de arroz es la actividad que genera empleo rural, que proporciona sustento para la población y de material básico para la industria emergente, sin embargo, dicha actividad productiva hace un uso indiscriminado de fertilizantes que ocasionan el deterioro de la calidad del suelo, puesto que genera la bioacumulación en el recurso de metales pesados, respecto a la agricultura en la región de San Martín creció un porcentaje de 6,4% por el buen desempeño de las actividades económicas (Del águila 2018, p.2).

En tal sentido el arroz es el cereal más importante para el consumo del hombre, de tal forma que se constituye como el alimento indispensable para la población mundial, sin embargo, presenta riesgos de contaminación por metales pesados los cuales constituyen un riesgo muy potencial para el consumidor ocasionando un problema para los pobladores (Méndez, 2009). Desde hace muchos años los metales pesados son considerados como un peligro para la humanidad, ya que unas veces en los suelos, éstos siguen varias vías que los conduce a las cadenas alimenticias.

En contraste con las realidades internacional y nacional, en el presente trabajo se surge el método de fitorremediación como una alternativa verde para extraer los metales pesados de los suelos contaminados, empleando la especie *Gynerium sagittatum*, la cual presenta una adaptabilidad para su desarrollo, ante lo señalado se formula la siguiente interrogante : ¿Cuál es la capacidad del *Gynerium sagittatum* para la fitorremediación de suelos de cultivos arroz con metales pesados (cadmio y cromo), bajo condiciones controladas en la ciudad de Moyobamba, 2020?.

La presente investigación tiene como propósito dar a conocer la capacidad que presenta la *Gynerium sagittatum* (caña brava) para la remoción de un suelo contaminado con metales pesado como el cadmio y cromo, y a través de ellos poder lograr la recuperación y minimización de los impactos del cadmio y cromo

que originan en el recurso edáfico, puesto que esta técnica es una opción ecológica para lograr la restauración de la holocenosis. Asimismo, la investigación se realiza con la finalidad de dar un aporte científico a la comunidad de investigadores para poder recomendar *Gynerium sagittatum* como una planta fitorremediadora de un suelo con presencia de metales pesados tales como cromo y cadmio, y esta pueda acumular el contaminante y lograr la mitigación de los impactos ambientales que aquejan los suelos de producción de arroz. El aporte que brinda el presente trabajo es el uso de una planta que solo para el poblador amazónico es utilizada para la construcción, o de lo contrario lo considera como una maleza; sin embargo, esta planta logra ser una alternativa eficaz para dar solución a la contaminación de suelos de cultivos de arroz debido a la presencia de un alto contenido de cadmio y cromo por la gran cantidad de agroquímicos que se usa.

El presente trabajo tiene como objetivo general determinar la capacidad del *Gynerium sagittatum* para la fitorremediación de suelos de cultivos arroz con metales pesados (cadmio y cromo) bajo condiciones controladas, mientras como objetivo específicos: determinar la cantidad de cadmio y cromo presentes en el suelo antes y después de la aplicación del proceso de fitorremediación con *Gynerium sagittatum*; describir las variaciones morfológicas de la *Gynerium sagittatum* después de la fitorremediación de suelos de cultivos de arroz contaminados con cadmio y cromo bajo condiciones de laboratorio, determinar el tiempo óptimo de fitorremediación con *Gynerium sagittatum* para la remoción de (cadmio, cromo) en suelos de cultivo y por último determinar la eficiencia del *Gynerium sagittatum* en la remoción de cadmio y cromo en suelos de cultivo de arroz.

La investigación presenta como hipótesis nula que el *Gynerium sagittatum* (caña brava) tiene la capacidad de acumulación para fitorremediar suelos de cultivos de arroz contaminados con metales pesados (cadmio y cromo) en la ciudad de Moyobamba, 2020. Mientras presenta como hipótesis alterna que el *Gynerium sagittatum* (caña brava) no tiene la capacidad de acumulación para fitorremediar suelos de cultivos de arroz contaminados con metales pesados (cadmio y cromo) en la ciudad de Moyobamba, 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

La investigación presenta como antecedentes a nivel internacional la investigación de Madera, Salamanca, Peña (2015) realizaron la fitorremediación empleando caña brava y Heliconias para remover lixiviados de vertederos, por lo cual se analizó Concentraciones de metales en el afluente y efluente; se analizaron raíces, tallos, ramas y hojas de plantas, así como DQO, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, TKN, T, pH, ORP, DO y CE. Se obtuvo como resultados sobresalientes que las eficiencias de remoción promedio de DQO, TKN y NH<sub>4</sub><sup>+</sup> -N fueron 66, 67 y 72%, respectivamente, y la remoción de metales pesados varió de 92 a 98% en todas las unidades, adicionalmente las raíces mostraron un mayor contenido de metal que los brotes. Se concluye que las plantas evaluadas presentan características significativas para la fitorremediación de lixiviados en húmedas artificiales.

Por su parte, Faccio, França, Pieniz, y Oliveira (2020) realizaron la descontaminación de suelos con metales pesados y nutrientes por la *Sagittaria montevidensis* en un sitio antropogénico contaminado en el sur de Brasil, tuvo como objetivo e estudiar la *Sagittaria montevidensis* con potencial para fitorremediación en una corriente contaminada antropogénica en el sur de Brasil. Se evaluaron los índices de fitorremediación, tales como el agente de bioconcentración y translocación, el número efectivo de la planta (PEN) y el potencial fitorreval (mg m<sup>-2</sup>). Como resultado sobresaliente se tuvo que *S. montevidensis* demostró potencial de rizofiltración para fósforo, manganeso, aluminio, vanadio, azufre, hierro, arsénico, cobre, magnesio, zinc, sodio, plomo, cadmio, níquel, cromo, teniendo en cuenta su capacidad de bioacumulación de estos contaminantes y retener altos niveles en las raíces. Concluye que la capacidad de descontaminación de *S. montevidensis*, junto con su producción de biomasa y su adaptabilidad representa un gran avance para la recuperación de esta área degradada y su posible aplicación en otros cursos de agua contaminados en Brasil.

Adicionalmente, Khan, Ahmed, Hassan y Saba (2019) realizaron un estudio para probar dos áreas de cultivo de *ricinus comunis* para la fitoextracción de metales pesados en suelos enriquecidas con metales pesados. Se analizaron muestras de suelo y plantas a los 100 días después de la siembra. Los datos sobre la absorción de metales pesados por los tejidos vegetales (raíces, hojas y brotes)

de los dos cultivares de ricino sugirieron que una cantidad considerable de metales tales como cobre, cromo, níquel, manganeso, plomo y hierro la cual se acumuló en la biomasa vegetal. Como resultados sobresalientes se tiene que el contenido de metales pesados del suelo al final del experimento disminuyó significativamente con ambos cultivares, lo que resultó en una mejor calidad del suelo. Por lo tanto, se concluye que ambos cultivares de ricino son útiles para descontaminar suelos con presencia de metales pesados.

Adicionalmente, Alaboudi, Ahmed y Brodie (2018) descontaminaron suelos con presencia de plomo y cadmio utilizando el girasol. Se llevaron a cabo experimentos con macetas para comparar la biomasa de la planta *Helianthus annuus* L. cultivada en suelos contaminados con Pb y Cd. Los resultados obtenidos mostraron que a medida que aumentaba la concentración de metales pesados en el recurso edáfico, los pesos frescos y secos de las plantas en crecimiento disminuían gradualmente. La aplicación de 200mgkg<sup>-1</sup> de suelo de Pb y Cd redujo los pesos frescos de brotes y raíces (hasta 76.6% y 64.3%; 88.5% y 80.80%). El estudio concluye que la planta de *H. annuus* fue más favorable para la absorción de Cd en comparación con Pb, y sugerimos su capacidad para recuperar suelos con presencia de Pb y Cd.

A nivel de nuestro país se presenta como antecedentes a nivel nacional, Vilcapaza (2019) evaluó la capacidad que presenta el *astragalus arequipensis* para la remoción de mercurio producto de la actividad minera, se recolectó un total de 64 kilogramos de suelos del lugar de estudio, se realizó un análisis de dicha muestra para determinar la cantidad inicial de mercurio, se tuvo 5 unidades y se contó con 4 tipos de tratamiento, y se evaluó el efecto luego de 62 días. Se tuvo como resultados más sobresalientes que existió una remoción de 97.55 ppm, 85.45 ppm en los tratamientos 2 y 3 mientras que en el tratamiento 1 y 4 fue de 87.47 ppm. Se logra concluir que el tratamiento que presenta mejor eficiencia es número 2 garbancillos más lombricomposta.

Por su parte, Grandez (2017) utilizó el girasol y enmiendas para la remoción de cadmio y plomo en suelos agrícolas a orillas del Río Mantaro, llegó a concluir que el girasol tiene una eficiencia de remoción de cadmio del 11%, mientras que el plomo de 9.95% por lo que existe diferencia significativa entre las concentraciones de

plomo y cadmio de un tratamiento a otro, se evidencia mayor presencia de metales pesados en la biomasa radicular y un porcentaje menor en el tallo de planta.

Asimismo, Giráldez (2019) evaluó la capacidad de la alfalfa para Fito extraer metales en suelos degradados por fertilizantes sintéticos en la E.E.A El Mantaro. Los resultados manifiesta que el *medicago sativa* logro extraer metales pesados del suelo en cantidades significativas siendo las siguientes: en la parcela número 1 extrajo 25.92% de cadmio; níquel 23.78% y plomo 20.65%, mientras que en la parcela 2 se observó una disminución de cadmio de 11.52, níquel 13.03% y plomo 5.49 mientras que en la parcela 3 se observó una disminución de cadmio de 34.03%, níquel 16.11% y plomo 25.93%. Los resultados permiten concluir que la alfalfa es una planta que permite la estabilización de los pesados en las raíces de las plantas.

Adicionalmente, Paredes (2015) evaluó el uso de especies forestales de la sierra peruana para fitorremediación de suelos en relaves mineros, la presente investigación obtuvo como resultados que se ha evidenciado que existe una mayor remoción de cobre usando todas las especies evaluadas, siendo *P. racemosa* con la que se obtuvo el mayor porcentaje de remoción con un 90.15 logró mayor remoción de Sb (80.14%), As de 54.62%, Ag de 50.65% y Pb (71.21%). Para el Cd, el Eucalipto fue la especie con la que se obtuvo el mayor porcentaje de remoción (50.05%).

A nivel de la región no existe información sistematizada de fitorremediación de suelos contaminados con MP.

Con referencia al marco teórico en la presente investigación Según (Shmaesfsky, 2020, p.15) la fitorremediación es uso de plantas para absorber contaminantes del suelo o del agua. Adicionalmente, Jiménez (2017, p. 229) manifiesta que la fitorremediación es un método de limpieza pasivo, estéticamente agradable y este depende estrictamente de la energía del sol, la cual presenta tiempos de aplicación largos y tienen un alcance limitado, estos están asociados a la profundidad que pueden alcanzar las raíces de las plantas, por medio de la cual se permite controlar la movilidad de la escorrentía, lixiviación y volatilización de los contaminantes además de la erosión del recurso edáfico.

Por su parte, Jeelani et al. (2017, p.1) señalan que la fitorremediación consistente en la utilización de plantas con el propósito de mejorar un problema de contaminación de origen orgánico e inorgánico en el suelo o agua, se centra en la realización de prácticas agrónomas, para la eliminación, disminución, retención de los compuestos presentes en el recurso edáfico.

Con respecto a la **fitoextracción** podemos decir que es un proceso tecnológico en el cual se utiliza plantas con el fin de degradar, remover o lograr la inmovilización de contaminantes en el suelo por lo que es una metodología de largo plazo, para lograr la remoción en su totalidad de su contaminante es necesario el uso de varios ciclos de cultivo de la planta utilizada, por tal motivo la duración del desarrollo y de la eficacia de remoción de la planta puede tomarse bastante tiempo (Prasad y Freitas, 2003, p.289).

Desde otra perspectiva, la **fitoestabilización** se da por el uso de plantas con el propósito de reducir el riesgo de movilización y que los contaminantes se transfieran, un claro ejemplo es a través de la acumulación de elementos en la raíz por medio de la precipitación del suelo (Peer y otros, 2006, p.5), es importante mencionar que las plantas que se desarrollan dentro de emplazamientos contaminados ayudan a la estabilización del suelo reduciendo la dispersión de los elementos contaminantes.

Mientras tanto, la **fitovolatilización** tiene como propósito la absorción de los contaminantes y ser transformados desde una fase líquida a una gaseosa (Pilon-Smith, 2005, p.23), Así mismo Pilon-Smith (2005, p.23) indica que **Fitoestimulación** presenta una relación directa con la degradación mediante microorganismos que están alrededor de las raíces de las plantas.

Por su parte, la **rizofiltración** guarda una relación con la utilización de plantas crecidas en cultivos mediante el uso de disoluciones minerales en un suelo agrícola que establece la función que no solo las plantas absorben si no también concentran y realizan la precipitación de contaminantes (Chandra y Kuldeep, 2018, p.10).

Según (Baird y Cann, 2013, p.741) las ventajas de la fitorremediación se centra es que es de bajo costo, además de sus beneficios estéticos y su naturaleza

no intrusiva, la ventaja con más importancia que presenta la fitorremediación es que pueda presentar un desarrollo in situ, en otros términos, se puede desarrollar en el lugar donde se encuentra la contaminación, además se evita la excavación, lo que propicia la mejora de la fertilidad del recurso edáfico y posibilita el crecimiento de una nueva vegetación. Presenta algunas limitaciones como cuando las raíces de la planta pueden ser pequeñas, además de factores climáticos, este método presenta se adapta a concentraciones medias o bajas; y presenta la posibilidad de incorporar los contaminantes hacia la cadena alimenticia y este se expulsa a través de la volatilización del medio por medio de las hojas.

Navarro, Aguilar, y López (2007, p.14) manifiesta que los procedimientos para acumular los metales pesados en las plantas se basan por la interacción entre la parte interna y externa de las plantas. Los hongos como las micorrizas que se encuentran en simbiosis con las raíces, en otras palabras, la raíz presentan una unión con las hifas de hongos determinados. Todo este proceso de simbiosis genera nutrientes, agua y minerales, además de sustratos energéticos que la planta obtiene por medio de los hongos presentes en el suelo y el hongo obtiene a través del aire, es importante mencionar que la raíz forma la principal entrada de los metales a través de un proceso flujo masivo y del intercambio catiónico, estas presentan una carga negativa y reaccionan de manera positiva a las cargas de los metales el cual proporciona un equilibrio dinámico que permite la entrada al interior de la celular, al unirse se realiza el transporte a través de una vía simplástica y apoplástica.

Los metales pesados presentan una elevada tendencia de biomagnificarse y bioacumularse por medio de diversas cadenas alimenticias, según Sherameti y Varma (2015, p.123) las plantas acumulan e incorporan metales por medio de 3 fases: la fase 1 implica el transporte de los metales dentro del interior de la planta y luego se da en la parte interna de la célula, esta llega por medio de difusión en el medio por el intercambio de cationes, las raíces de las plantas presenta cargas negativas por la presencia del carboxilo la cual interactúa con las cargas negativas de los metales, en la fase 2 los metales son secuestrados por medio de la unión, es decir se une una molécula a un átomo para formar un complejo. En la tercera fase logra involucrarse la detoxificación y compartimentalización donde el ion del metal es retenido en la vacuola de la célula vegetal.



Según Nava y Méndez (2011, p.140) los metales pesados están entre las sustancias con mayor toxicidad que se tiene conocimiento, los efectos hacia la salud del plomo y arsénico han sido demostrado hace muchos años, en relación a otros como el talio y cadmio cuyos efectos hace poco fueron demostrados.

La Contaminación del suelo Navarro, Aguilar, & Lopez (2007, p.16) indica que la contaminación con metales pesados puede deberse a dos factores: causas naturales como erosión de rocas, terremotos, tsunamis, etc. y causas antropogénicas (incineración, mineras, pesticidas, hidrocarburos). Según Hernández (2014, p.4) menciona que las actividades industriales, mineras generan una contaminación a gran nivel con metales pesados (Cr, Ni, Hg, Co, Ag, Au, Cu, Pb, Cd) y radionúclidos en los ambientes, en particular en los suelos de tal forma que afectan la fertilidad y en caso de acuíferos pueden comprometer este recurso como necesidad para el consumo humano. Presenta una toxicidad muy alta, por lo que presenta una acción de manera directa en el ser humano la cual ocurre por medio de una inactivación enzimática por medio del origen de metales.

Para Ortega, Beltran y Marrugo (2011, p.35) menciona que la caña brava es una planta silvestre que tiene como nombre científico *Gynerium sagittatum*, presenta una altura máxima de 4 metros, esta posee un tallo grueso y sólido que es resistente que le permite sobrevivir durante el tiempo, presenta diferentes usos tanto para la elaboración de jaulas, canastas y construcción de ceros. También presenta un uso medicinal puesto que presenta características inflamatorias, diuréticas y es anti anémico, las hojas son asimétricas, presenta una influencia que es utilizada en la amazonia para la producción de artesanías.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### Tipo de investigación

La investigación es tipo aplicada, Según Cegarra (2014, p.14) presenta como objetivo de poder comprender de mejor manera la influencia de condiciones determinadas, en el comportamiento del fenómeno que se estudia, en un reducido lugar para luego poder ser aplicado de manera industrial. De tal manera, la presenta investigación buscará solucionar como problema la remoción de metales pesados que se encuentran presentes en los suelos de cultivo de arroz.

##### Diseño de investigación

La investigación presentará un diseño experimental de tipo causi experimental, Según (Bisquerra, 2009, p.12) este tipo de diseño se manipulan al menos una variable en la cual implica la creación de un grupo con el fin de comparar y ver si la aplicación de un tratamiento genera efectos, esto se utiliza a menudo cuando es imposible asignar la muestra de manera aleatoria, a los sectores de tratamiento y grupos de control.

**El diseño será el siguiente:**

**GE: O1 X O2**

**GC: O3 \_ O4**

**Dónde:**

**G.E:** Grupo experimental

**G.C:** Grupo control

**X:** aplicación del *Gynerium sagittatum* para la fitorremediación

**O1:** Medición de cadmio y cromo inicial

**O2:** Medición de los metales pesados después de la aplicación del *Gynerium sagittatum*

**O3:** Medición de cadmio y cromo inicial

**O4:** Medición de cadmio y cromo final

### **3.2. Variables y Operacionalización**

#### **Variables.**

##### **Variable independiente:**

Capacidad del *Gynerium sagittatum* para fitorremediar suelos.

##### **Variable dependiente:**

Concentración de cadmio y cromo.

##### **Operacionalización de la variable.**

En relación al cuadro de operacionalización de variables véase el Anexo 1.

### **3.3 Población, muestra, muestreo**

#### **Población**

Devore (2008, p.12) manifiesta que la población forma todos los componentes que presentan las mismas características, el cual engloba a todo el universo para el fin de la problemática de la investigación. En el presente trabajo la población estuvo conformada por todos los suelos de cultivos de arroz existente del caserío Metoyacu cerca al río mayo del distrito de Moyobamba.

#### **Criterios de inclusión**

Dentro de los criterios de inclusión se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Accesibilidad al lugar
- Autorización del propietario del cultivo para la toma de muestra
- El suelo de cultivo de arroz debe haber tenido una fertilización no menor a 6 meses

#### **Criterios de exclusión**

Se tuvo en cuenta los siguientes criterios de exclusión:

- Lugar Inaccesible
- No tener autorización del propietario para la toma muestra
- Si el cultivo de arroz no tuvo fertilización hace 6 meses

## **Muestra**

Según Amdekar (2013, p.43) es una pequeña parte representativa de la población. En el presente trabajo tuvo como muestra un total de 82 kilogramos de suelos de cultivo de arroz del caserío Metoyacu.

## **Muestreo**

El muestreo fue de tipo no probabilístico puesto que Baptista y Hernández, Fernández (2014, p.180) indican que este tipo de facilita que el investigador logre seleccionar su muestra por criterios que toma en cuenta. Para el muestreo de suelos se utilizó el protocolo establecido por MINAM denominado manual para el muestreo de suelos, en dicho documento establece los protocolos para seguir en la toma de muestra de suelos, para la presente investigación se realizó el muestreo tipo aleatorio en un área de 06 hectáreas de cultivos de arroz.

## **Unidad de análisis**

En el presente trabajo se tuvo como unidad de análisis los metales pesados como cadmio y cromo presentes en suelos de cultivos de arroz, perteneciente a la provincia de Moyobamba.

### **3. 4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **Técnica**

El presente trabajo tuvo como técnica a la observación la cual se basa para realizar un registro de forma sistemática, válida y confiable del comportamiento que se visualiza, la cual se puede utilizar en diversas circunstancias donde los investigadores participan mirando, registrando y por medio de los análisis del hecho de interés (Díaz, 2009, p.42), por tal motivo esta la observación permitió la interacción de forma directa con las variables.

#### **Instrumento**

El estudio tuvo como instrumentos lo siguiente:

- Ficha de campo: el presente instrumento permitió establecer el lugar de muestreo por medio de la georreferenciación.

- Ficha de control del crecimiento de la especie, permitió identificar las variaciones del crecimiento de la caña brava en suelos contaminados con cadmio y cromo.

- Ficha de registro de parámetros físicos y químicos del suelo, esto permitió recoger la información antes y después de la aplicación del proceso de fitorremediación.

### **Validez del instrumento**

Se hizo uso del juicio de expertos para la determinación de la validez del documento con el fin de conocer si los instrumentos presentan coherencia con lo planteado en la investigación.

El panel de jueces estuvo conformado por:

Nombre del experto	:	Especialidad
Tania Milagros Valles Pinedo	:	Ing. Ambiental
Maikol Justino Pinedo	:	Ing. Forestal
Omar Jesús Quintana Canlla	:	Ing. Ambiental

### **Confiabilidad**

La confiabilidad de la presente investigación se encuentra ligada a los procedimientos de observación que permiten la descripción detallada de lo que ocurre en el momento, con el fin de poder intercambiar ideas con otros investigadores. Así mismo, se centra en el reporte de resultados brindados por el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

## **3.5 Procedimiento**

### **1. Etapa de gabinete inicial**

Se organizó de la siguiente manera:

- Se obtuvo información de diversas fuentes tales como artículos científicos, tesis, libros, revistas, etc.

- Se solicitó permiso al propietario de la extensión de cultivo de arroz para la toma de muestra.
- Se Adquirió herramientas para la toma de muestra.
- Se Adquirió de equipos de seguridad ante la situación de COVID19.
- Se elaboró de instrumentos de recolección de datos.
- Se Ubicó del lugar de muestreo por medio de la aplicación Google Earth.

## 2. Etapa de campo

### Reconocimiento del Área de estudio

El lugar de estudio de la presente investigación estuvo ubicado en el Caserío Metoyacu, correspondiente al distrito de Moyobamba. Para tener una ubicación más precisa del área se realizó una georreferenciación del lugar por medio del uso del GPS el área de estudio presenta las siguientes coordenadas: X: 284699.00, Y: 9333726.00.

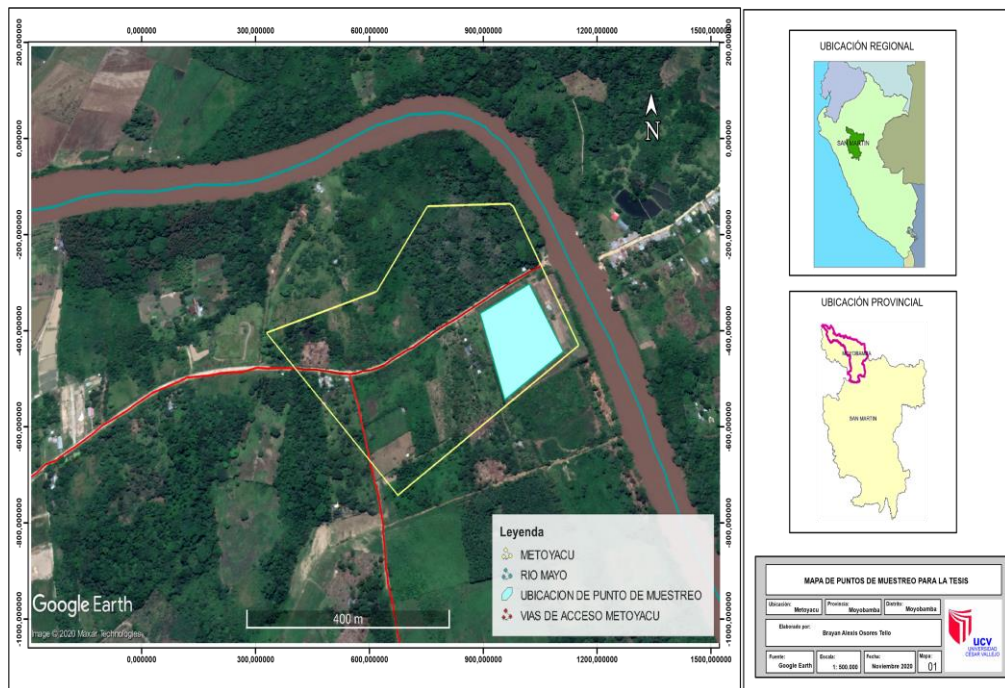
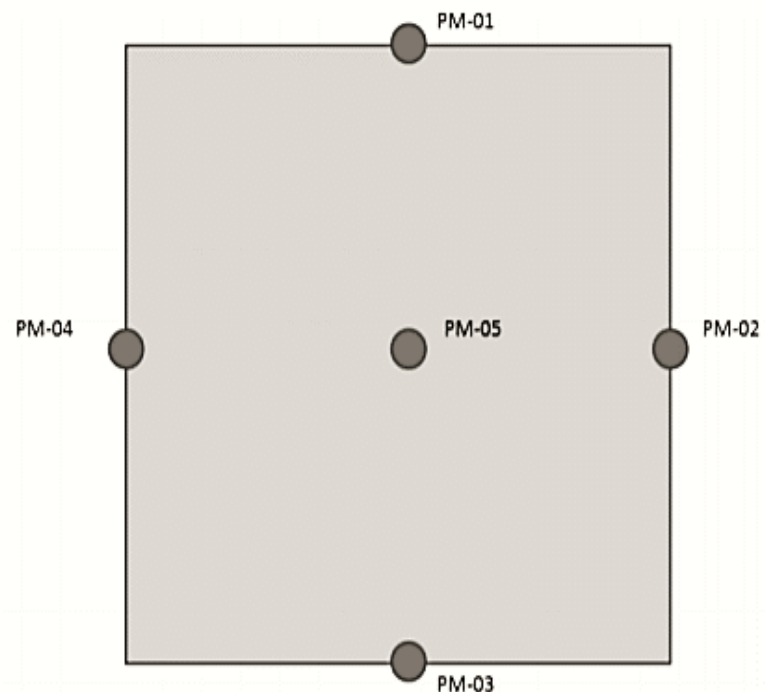


Figura 1. Ubicación del área de estudio

## Recolección de muestra

Para la recolección de muestras de suelos se utilizó la guía establecida en el D.S. N.º 002-2013 MINAM; se utilizó el modelo de muestreo de localización de zonas contaminadas de manera regular menor a 1000 m<sup>2</sup>, del lugar que ha sido delimitado se realizará la toma de muestras, el uso del suelo se extraerá de la profundidad que especifica el manual que es de 30 centímetros, para lo cual se tomará en cuenta los 5 puntos de muestreo, se aplica el método de cuarteo el cual consiste en mezclar la muestra compuesta, luego se divide en cruz y se elimina las dos partes opuestas se realiza con el fin de tener una muestra representativa, para el análisis inicial se tendrá 1 kilogramo de suelo que será enviado al laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina debidamente rotulado, para el proceso de fitorremediación se utilizó un total de 81 kilos de suelo para la realización del experimento.



**Figura 2.** Localización de puntos de muestreo

## **Caracterización de muestra inicial**

Para poder obtener los datos iniciales de la concentración de cadmio y cromo existentes en los suelos de cultivos de arroz, se envió la muestra de 1 kilogramos de suelo al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

El laboratorio encargado del análisis ha utilizado la metodología EPA 3050B, el cual permitió poder determinar la concentración de cadmio y cromo, a través de la técnica de espectrometría de absorción atómica, la cual permite identificar alrededor de 62 metales diferentes en una solución.

Para la conductividad eléctrica se utilizó la metodología de medición del contenido de sales solubles del extracto acuoso, el cual se determina la cantidad de sales pesando el residuo por medio de la evaporación, de una cantidad proporcional del extracto acuoso (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2017, p.32).

Para determinar el pH se utilizó la medición en el potenciómetro de la suspensión de suelo: agua en relación 1:1, este es medido potencialmente en una pasta saturada o líquida sobrenadante que se encuentra en equilibrio o una suspensión suelo – solución (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2017, p.29).

## **Proceso de experimentación**

- Para iniciar todo el proceso de experimentación en el presente trabajo se adquirió un total de 9 macetas, adicionalmente se llenaron un total de 9 kilos de tierra en cada recipiente.
- Seguidamente se utilizó un total de 18 plántulas de *Gynerium sagittatum* de 2 meses de edad aproximadamente y se realizó la medición de la raíz principal de la planta y el tamaño total de la planta.
- Adicionalmente, se procedió al lavado de las raíces de la planta mediante el uso de agua destilada con el fin de lavar las raíces del *Gynerium sagittatum* con el fin de eliminar impurezas que pueda presentar las raíces de la especie.



- Luego se colocaron las plántulas dentro de los maceteros con el sustrato tierra y se realizó el riego de las plantas de manera periódica.



**Figura 3.** Proceso de experimentación

### 3. Etapa de monitoreo del proceso de post experimentación

Esta etapa consistió de las siguientes acciones:

- Se realizó una evaluación a los 20, 30 y 40 días, en los cuales se evaluó la reducción de la concentración de cromo y cadmio para eso se toma una muestra representativa de cada macetero de 1 kg. Seguidamente se realizó el rotulado de manera correcta y se procedió a llevar las muestras de suelo al laboratorio de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina para los respectivos análisis, es importante mencionar que se utilizó la misma metodología empleada mencionada en la etapa de caracterización inicial.

- Asimismo, se desarrollaron la toma de las medidas biométricas cada 20,30 y 40 días del tamaño de la raíz principal y tamaño de la planta con el fin de ver si existe variaciones morfológicas en el crecimiento de la planta después del proceso de fitorremediación, se utilizó una wincha como instrumento de medida.

### 3.6. Métodos de análisis de datos

El método de análisis de datos en la presente investigación se basó en las siguientes acciones:

- Los análisis descriptivos en la presente investigación se utilizaron la media como medida de tendencia central.
- Los resultados fueron comparados con los ECA del suelo establecido en el Decreto Supremo N.º 011-2017-MINAM para el parámetro de concentración de cadmio y para el cromo se utilizó el Decreto N.º 3.516 - Norma de Calidad Ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados del gobierno Ecuatoriano.
- Se utilizó la prueba de Tukey con el fin de poder determinar el tiempo óptimo para la remoción de cadmio y cromo.
- Para determinar la eficiencia del *Gynerium sagittatum* en la remoción de la concentración de cadmio y cromo se utilizó la siguiente fórmula:

$$E = \frac{ci - cf}{ci} \times 100$$

Siendo:

Ci= Concentración inicial

Cf= Concentración final

- Se comprobó la hipótesis por medio de la aplicación de la prueba ANOVA con el fin de determinar si existe diferencia entre los tratamientos usados, por lo cual se realiza una comparación entre la varianza de tratamiento y varianza de error.
- La elaboración de los gráficos se realizó en el programa (Microsoft Excel) 2016 y para el análisis estadístico se utilizó el programa MINITAB 2019.

### **3.7. Aspectos éticos**

El trabajo se ejecutó con instrumentos validados que se utilizarán para recolectar datos. Asimismo, se respetará la pertenencia de los autores que contribuyen al desarrollo de las tesis, se respetará la norma ISO- 690. Asimismo, no existirá la alteración ni manipulación de resultados ante lo mencionado el trabajo mostrará veracidad y los resultados serán reflejo de lo encontrado en todo el proceso de experimentación. Se propiciará el aseguramiento de la biodiversidad empleada en la presente investigación, los residuos generados en el presente trabajo se clasificarán de manera correcta. Por otro lado, se tuvo en cuenta la Conducta Responsable en investigación (CRI). Así mismo, se tiene calificación aprobatoria de la CRI, el cual es otorgado por el CONCYTEC, esto se evidencia en el examen aprobatorio de dicho reglamento.

## IV. RESULTADOS

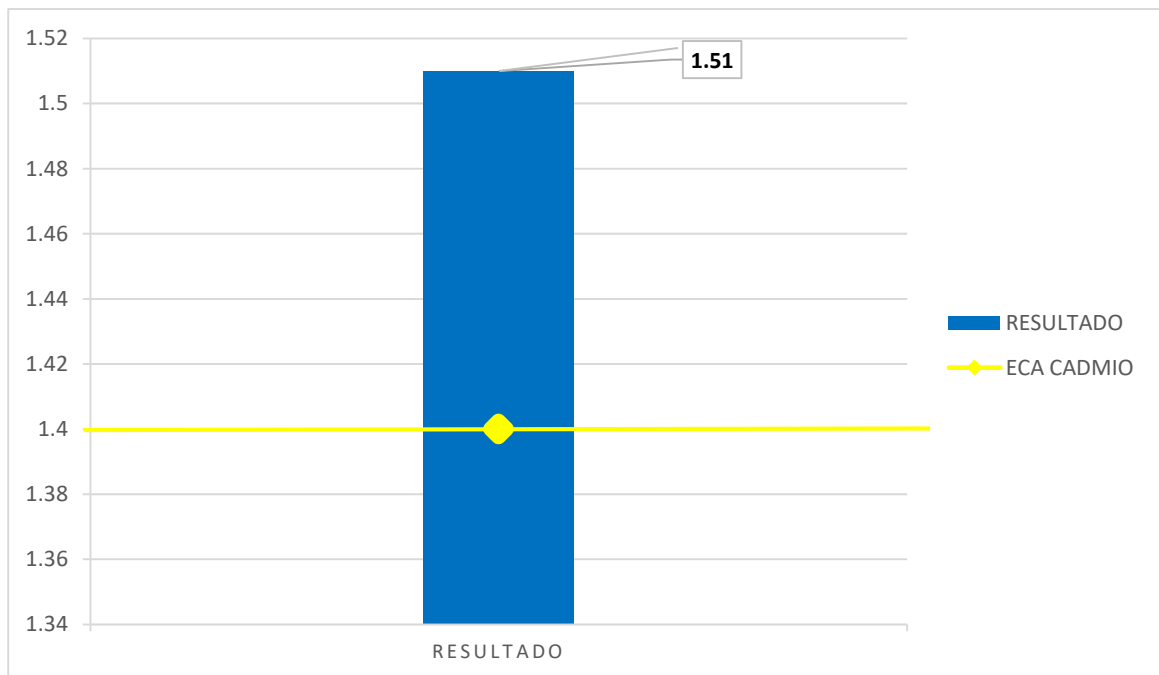
### 4.1 Determinación de la cantidad de cadmio y cromo presentes en suelo de cultivo de arroz.

Tabla 1.

Valores iniciales de la concentración de cadmio en suelos de cultivo de arroz, Moyobamba, 2020.

Parámetro	ECA	Resultados
Cadmio	1.4	1.51

Fuente: Resultados extraídos de los análisis de laboratorio



**Figura 4.** Niveles iniciales de cadmio en suelos de cultivo de arroz

Fuente: Resultados extraídos de los análisis de laboratorio

#### Interpretación:

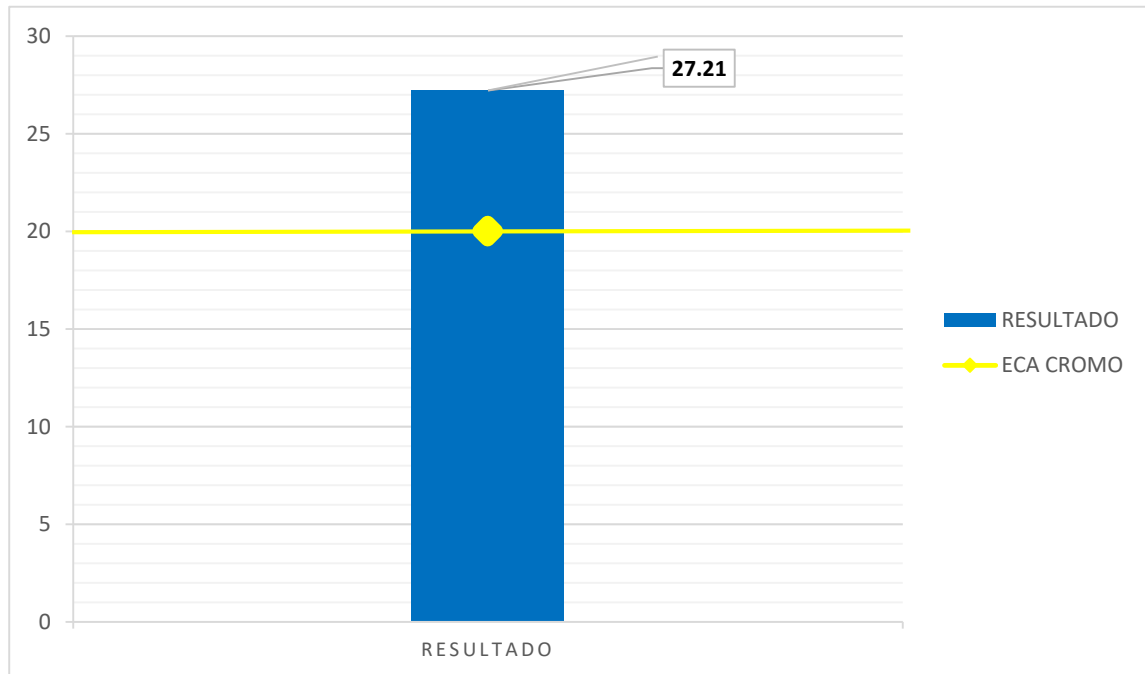
Los resultados obtenidos muestran los valores iniciales de cadmio en suelos de cultivo de arroz, se evidencia que los niveles de cadmio son de 1.51 ppm sobrepasando los ECA de suelo establecidos el DS. N.º 002-2013-MINAM en la categoría 3, se concluye que existe una contaminación del suelo por presencia de cadmio en el área de estudio.

Tabla 2.

Valores iniciales de la concentración de cromo en suelos de cultivo de arroz, según los criterios de calidad de suelo, Moyobamba, 2020.

Parámetro	Criterios de calidad	Resultados
Cromo	20	27.21

Fuente: Resultados extraídos de los análisis de laboratorio



**Figura 5.** Niveles iniciales de cromo en suelos de cultivo de arroz

Fuente: Resultados extraídos de los análisis de laboratorio

### Interpretación:

Los resultados obtenidos muestran los valores iniciales de cromo en suelos de cultivo de arroz se muestra que el suelo presenta un total de 27.21 ppm de cromo, esto sobrepasa lo establecido en la norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminado de Ecuador establecido en el Decreto N.º 3.516, se considera dicha norma puesto que el estado peruano no considera al cromo como un elemento aplicable dentro de los ECA de suelo.

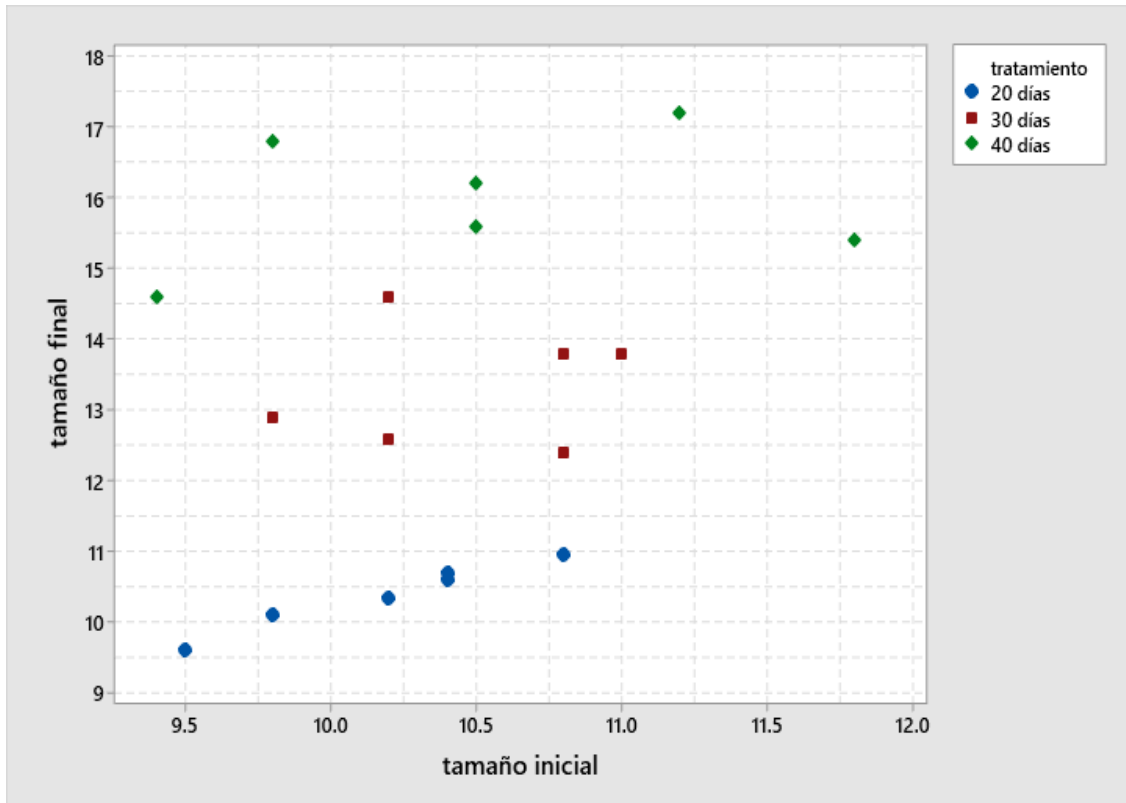
#### 4.2 Variaciones morfológicas de la *Gynerium sagittatum* después del proceso de fitorremediación.

Tabla 3.

Desarrollo del tamaño de la *Gynerium sagittatum* después del proceso de fitorremediación.

Tratamiento	Repeticiones	Tamaño inicial	Tamaño final	Porcentaje de variación
T1	R1	9.5	10.3	8.42%
		10.4	11.1	6.73%
	R2	10.2	10.4	1.96%
		9.8	10.5	7.14%
	R3	10.4	10.7	2.88%
		10.8	11.1	2.77%
	Media	10.18	10.68	4.90%
T2	R1	10.2	12.6	23.52%
		10.3	14.8	43.68%
	R2	10.2	13.6	33.33%
		10.4	13.4	28.84%
	R3	10.5	14.5	38.10%
		10.2	14.6	43.13%
	Media	10.3	13.91	35.11%
T3	R1	10.8	18.4	70.37%
		10.5	18.9	80%
	R2	11.2	19.6	75%
		10.5	18.5	76.20%
	R3	10.8	16.8	55.55%
		10.4	17.9	72.12%
	Media	10.7	18.35	71.49%

Fuente: Datos extraídos de la ficha de registro de crecimiento de *Gynerium sagittatum*



**Figura 6.** Desarrollo del tamaño del tallo de la *Gynerium sagittatum* después del proceso de fitorremediación

Fuente: Datos extraídos de la ficha de registro de crecimiento de *Gynerium sagittatum*

### Interpretación:

Como se aprecia en la figura 6. Se observa el crecimiento del tamaño del *Gynerium sagittatum* el cual fue notorio en cada uno de los tratamientos y repeticiones, se evidencia que la altura máxima que alcanzó la cañabrava fue de 19.6 centímetros en 40 días. De acuerdo a los resultados obtenidos se puede indicar que la especie en estudio tiene un proceso de adaptación rápido.

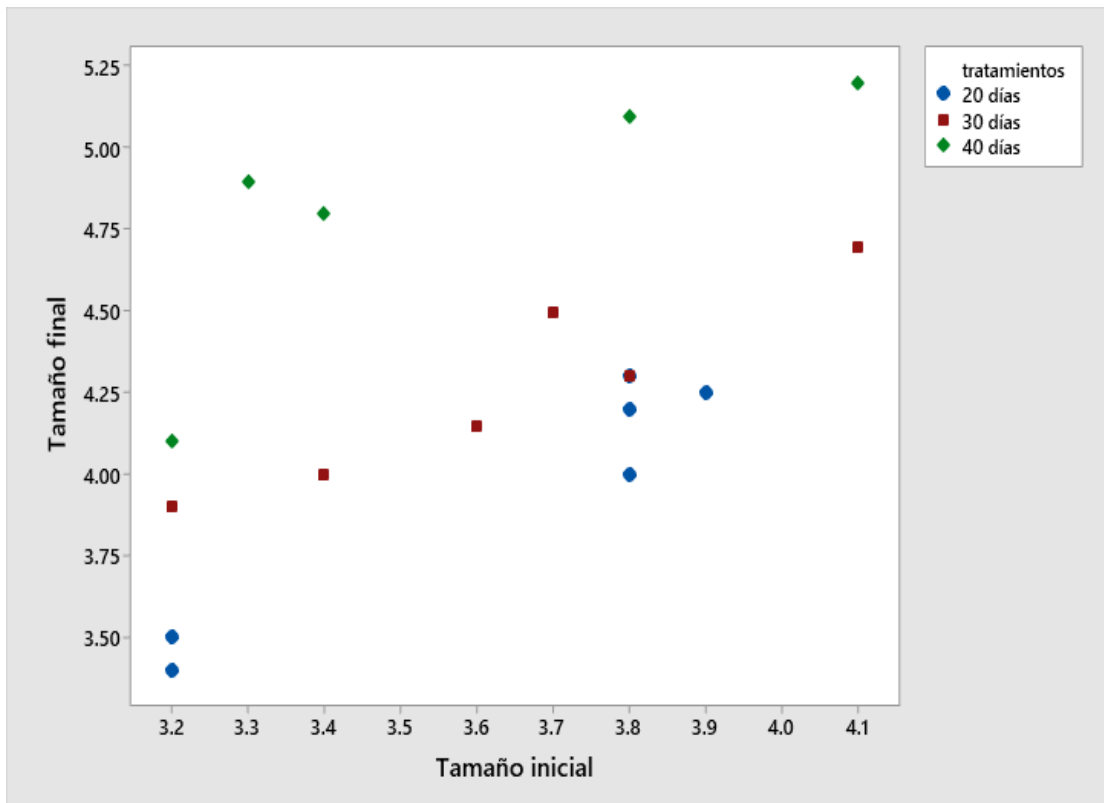
Tabla 4.

Desarrollo del tamaño de la raíz de *Gynerium sagittatum* después del proceso de fitorremediación.

Tratamiento	Repeticiones	Tamaño inicial	Tamaño final	Porcentaje de variación
T1	R1	3.20	3.50	9.37%
		3.80	4.20	10.52%
	R2	3.80	4.30	13.15%
		3.90	4.25	8.97%
	R3	3.20	3.40	6.25%
		3.80	4.00	5.26%
Media	3.62	3.94	8.92%	
T2	R1	3.70	4.50	21.62%
		4.10	4.70	14.63%
	R2	3.80	4.30	13.16%
		3.60	4.15	15.28%
	R3	3.20	3.90	21.88%
		3.40	4.00	17.65%
Media	3.63	4.25	17.37%	
T3	R1	3.80	5.10	34.21%
		4.10	5.20	26.83%
	R2	3.40	4.80	41.18%
		3.30	4.90	48.48%
	R3	3.20	4.10	28.13%
		3.80	5.10	34.21%
Media	3.6	4.87	35.19%	

Fuente: Datos extraídos de la ficha de registro de crecimiento de *Gynerium sagittatum*





**Figura 7.** Desarrollo del tamaño de la raíz de la *Gynerium sagittatum* después del proceso de fitorremediación

Fuente: Datos extraídos de la ficha de registro de crecimiento de *Gynerium sagittatum*

### Interpretación:

Como se aprecia en la figura 7. El crecimiento de la raíz principal de la *Gynerium sagittatum* no ha sido homogéneo, siendo una de las principales razones el lento desarrollo de las raíces a factores tanto químicos como climáticos, puesto que la muestra evidencia una alta cantidad de cadmio. Se muestra un crecimiento general de las raíces del *Gynerium sagittatum* en un periodo de 40 días, durante todo este proceso las raíces se desarrollaron de manera condicionada por el tipo de suelo (suelo contaminado con cadmio por actividad agrícola). Se observa que en el tratamiento 1 se observa un crecimiento mínimo de la raíz, que en el demás tratamiento por el corto tiempo que se realizó el tratamiento. El crecimiento promedio en el T1 es de 8.92%, mientras que en el tratamiento 2 es de 17.37% y Tratamiento 3 es 35.19%.

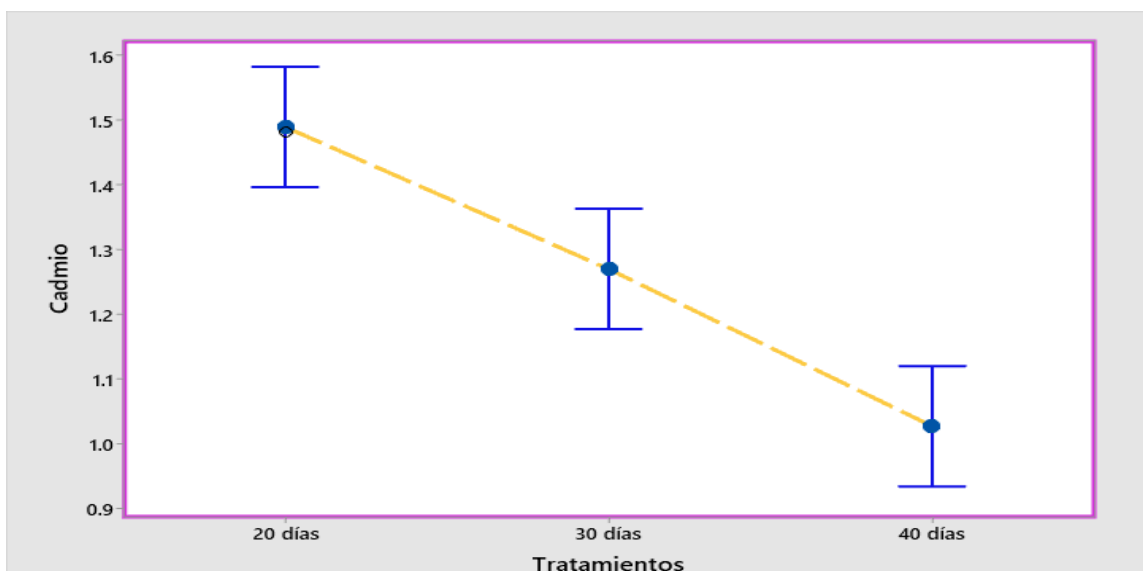
### 4.3 Determinación de los días óptimos para reducir las concentraciones de cadmio y cromo con *Gynerium sagittatum* en suelos de cultivos de arroz.

Tabla 5.

Prueba de Tukey determinación de los días óptimos para la reducción de Cadmio.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
20 días	3	1.49000	A
30 días	3	1.2700	B
40 días	3	1.0267	C

Fuente: Datos extraídos del programa MINITAB



**Figura 8.** Días óptimos para reducir las concentraciones de cadmio en suelos de cultivos de arroz con *Gynerium sagittatum*

Fuente. MINITAB 2019

#### Interpretación:

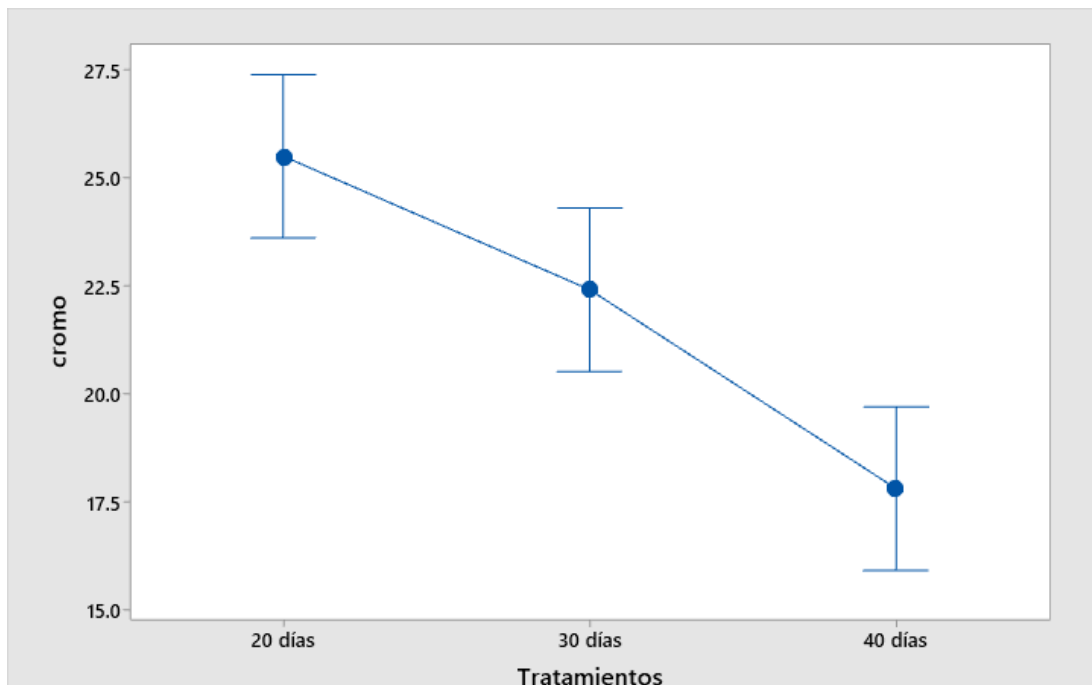
Se evidencia en la figura 8. Que los días utilizados en el proceso de fitorremediación muestran reducción de cadmio en suelos de cultivo de arroz, se logra evidenciar que a mayor tiempo mayor es la reducción de cadmio. Se logra evidenciar que al realizar el proceso en un tiempo de 20 días la presencia de cadmio sobrepasa los ECA de suelo, mientras que a los 30 días y 40 días se encuentran dentro de lo permitido, se evidencia una reducción significativa de cadmio a los 40 días. Se logra concluir que la prueba Tukey muestra que los tratamientos son diferentes siendo el proceso de fitorremediación a 40 días con resultados más sobresalientes.

Tabla 6.

Prueba de Tukey determinación de los días óptimos para la reducción de cromo.

Tratamientos	N	Media	Agrupación
20 días	3	25.507	A
30 días	3	22.413	A
40 días	3	17.80	B

Fuente: Datos extraídos del programa MINITAB



**Figura 9.** Días óptimos para reducir las concentraciones de cromo en suelos de cultivos de arroz con *Gynerium sagittatum*

Fuente. MINITAB 2019

**Interpretación:**

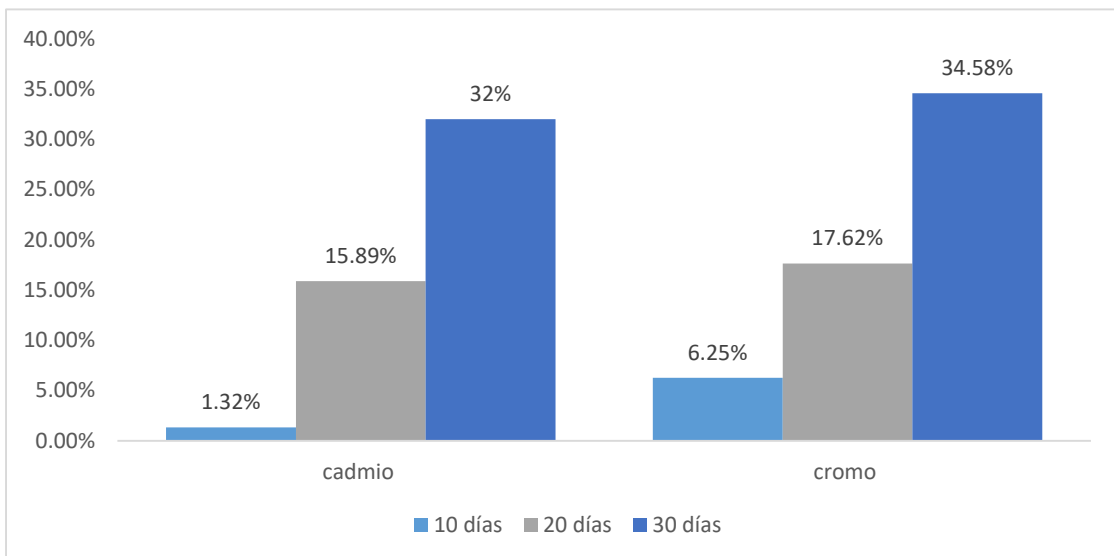
Se evidencia en la figura 9. Que los días utilizados en el proceso de fitorremediación muestran reducción de cromo en suelos de cultivo de arroz, se logra evidenciar que a mayor tiempo mayor es la reducción de cromo. De acuerdo a la prueba de Tukey realizada los tratamientos de 20 días y 30 días presentan similitudes mientras que el tratamiento de 40 días presenta mejor rendimiento para remover cromo.

#### 4.4 Determinación de la eficiencia del de *Gynerium sagittatum* en la remoción de cadmio y cromo.

Tabla 7.

Eficiencia del *Gynerium sagittatum* en la remoción de cadmio y cromo en suelos de cultivos de arroz.

Tratamientos	Eficiencia	
	Cadmio	Cromo
20 días	1.32%	6.25%
30 días	15.89%	17.62%
40 días	32%	34.58%



**Figura 10.** Eficiencia del *Gynerium sagittatum* en la remoción de cadmio y cromo en suelos de cultivos de arroz

Fuente. Elaboración propia

#### Interpretación:

Se puede observar en la figura 10. La eficiencia de remoción de cadmio y cromo del *Gynerium sagittatum* durante el proceso de fitorremediación, se evidencia que la planta en estudio presenta una mejor eficiencia de remoción de los metales en estudio a los 30 días teniendo una eficiencia de 32% de cadmio y 34.58% de cromo.

## 4.5 Prueba de hipótesis

Tabla 8.

Prueba ANOVA de un factor tratamiento vs remoción de cadmio.

---

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamientos	2	0.32229	0.161144	37.09	0.000
Error	6	0.02607	0.004344		
Total	8	0.34836			

---

Fuente. Datos extraídos del programa MINITAB 2019

### Interpretación:

De acuerdo a la prueba ANOVA se evidencia que existe diferencias significativas entre los tratamientos, el p valor es menor a 0,005 lo que permite aceptar la hipótesis que la *Gynerium sagittatum* permite la remoción de cadmio en suelos de cultivo de arroz en el distrito de Moyobamba, 2020.

Tabla 9.

Prueba ANOVA de un factor tratamiento vs remoción de cromo.

---

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Tratamientos	2	90.16	45.081	25.08	0.001
Error	6	10.78	1.797		
Total	8	100.95			

---

Fuente. Datos extraídos del programa MINITAB 2019

### Interpretación:

De acuerdo a la prueba ANOVA se evidencia que existe diferencias significativas entre los tratamientos, el p valor es menor a 0,005 lo que permite aceptar la hipótesis que la *Gynerium sagittatum* permite la remoción de cromo en suelos de cultivo de arroz en el distrito de Moyobamba, 2020.

## V. DISCUSIÓN

La presencia de metales pesados en el recurso edáfico puede impedir la biodegradación de compuestos orgánicos (Maslin y Maier, 2000, p.12 ); este tipo de contaminación presenta riesgos y peligros para el ser humano y los componentes del ecosistema por medio de la ingestión o un contacto de forma directa con el suelo contaminado, por medio de las cadenas tróficas ( suelo- planta- humano o viceversa), por medio de aguas subterráneas contaminadas y por medio de la disminución de la calidad de los alimentos por medio de fitotoxicidad por medio de la reducción de la capacidad del uso del suelo para la producción de alimentos. La presente investigación tuvo como objetivo de poder determinar la capacidad del *Gynerium sagittatum* para la fitorremediación de suelos de cultivos de arroz con metales pesados (cadmio y cromo) bajo condiciones controladas.

La presente investigación se ha podido determinar que la concentración de cadmio en suelos de cultivo de arroz es de 1.51 ppm, mientras que de cromo presenta un total de 27.21, de acuerdo al Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM en la cual se establece los ECA de suelo el valor del cadmio sobrepasa lo establecido según la categoría de suelo agrícola, sin embargo dicho reglamento no es aplicable para el valor del cromo, por lo cual se ha utilizado la norma de criterios de calidad de suelo dispuesto por el Decreto N.º 3.516 del Gobierno de Ecuador de tal forma se evidencia según la norma utiliza que el cromo inicial encontrado sobrepasa el valor establecido en la norma, se aduce la presencia de estos metales debido al uso indiscriminado de agroquímicos que en la antigüedad presentaba una gran cantidad de metales pesados y según Atilio (2017) estos persisten en el suelo a través del tiempo.

Se logra evidenciar un aumento del tamaño del *Gynerium sagittatum* se pudo determinar que en 20 días el aumento es de 0.50 centímetros, mientras que en 30 días aumentó en 3.61 cm, por su parte en 40 días aumento su tamaño en 7.5 cm. Por su parte la raíz principal tuvo un aumento de tamaño en 0.32 cm en 20 días, 0.60 centímetros en 30 días y en 40 días fue 1.27 cm. Los resultados obtenidos permiten establecer que la planta *Ricinus communis* presenta una mejor facilidad para poder adaptarse al suelo con presencia de metales pesados esto se indica puesto que Barrios y Garcilazo (2019, p.25) manifiestan que la higuera aumenta

su altura en 30 días aproximadamente en 35 cm, mientras que su raíz es de 14 cm. Se considera esto posible debido a lo manifestado por Chico (2012) el cual indica que la presencia de diversas concentraciones de metales pesados no interfiere en el crecimiento de la planta.

Se ha podido establecer que el *Gynerium sagittatum* durante el proceso de fitorremediación presenta una mejor eficiencia de remoción de los metales en estudio a los 30 días teniendo una eficiencia de 32% de cadmio. En relación al resultado obtenido es importante mencionar Giraldez (2019) el cual manifiesta que *el medicago sativa presenta una eficiencia de 34.03% para la remoción de cadmio*. Por su parte Paredes (2015) en su investigación permite llegar a la conclusión que el eucalipto permite la remoción del cadmio en suelos de relaves mineros en un 50.5%. De acuerdo a los resultados obtenidos podemos manifestar que el *medicago sativa* presenta características similares que el *Gynerium sagittatum* para la remoción de cadmio, mientras que el eucalipto presenta características más sobresalientes. Sin embargo, la investigación de Alaboudi, Ahmed y Brodie (2018) en la cual descontaminaron suelos con presencia de plomo y cadmio utilizando el girasol demuestra que el *Helianthus annuus L* muestra una eficacia de 88.5% de cadmio lo que manifiesta que la planta de *H. annuus* fue más favorable para la absorción de Cd en comparación con Pb y sugerimos su capacidad para recuperar suelos con presencia de Pb y Cd.

Así mismo los resultados obtenidos en la presente investigación demuestran que el *Gynerium sagittatum* presenta una eficiencia de remoción de 34.58% de cromo los resultados guardan relación los obtenidos por Khan, Ahmed, Hassan y Saba (2019) realizaron un estudio para probar dos áreas de cultivo de *ricinus comunis* la cual como resultados sobresalientes se tiene que el contenido de metales pesados del suelo al final del experimento disminuyó significativamente en un 96% con ambos cultivares, lo que resultó en una mejor calidad del suelo. Se evidencia mejores resultados puesto que los investigadores utilizaron un tiempo total de 100 días. Se permite concluir que el *Gynerium sagittatum* tiene la capacidad de remover metales pesados en cultivos de arroz en el distrito de Moyobamba.

## V. CONCLUSIONES

- 5.1 De acuerdo a la prueba de ANOVA podemos determinar que el *Gynerium sagittatum* tiene la capacidad para la fitorremediación de suelos de cultivos de arroz con metales pesados (cadmio y cromo) esto permite aceptar la hipótesis nula puesto que el p valor en la prueba de cadmio es de 0,000 mientras que de cromo 0,000 dichos valores son menores a 0,05.
- 5.2 Los suelos de cultivo de arroz presenta una concentración de cadmio de 1.51 ppm, mientras que la concentración de cromo 27.21 ambos valores se encuentran por encima de lo establecido en las normas de referencia utilizadas en la presente investigación.
- 5.3 Las variaciones morfológicas del *Gynerium sagittatum* muestran que el tamaño de planta en un tiempo de 10 días presenta una variación promedio de 0.50 cm, mientras que en 30 días 3.88 cm y 40 días de 7.65 cm, mientras que el tamaño de la raíz principal de planta muestra una variación promedio de 0.32 cm, 0.62 cm, 1.27 cm respectivamente.
- 5.4 Se ha podido determinar que el tiempo óptimo para el desarrollo del proceso de fitorremediación con *Gynerium sagittatum* es de 30 días esto lo demuestra la prueba de Tukey, además de los valores obtenidos evidencian que los valores encontrados se encuentran por debajo de las normas utilizadas como referencia.
- 5.5 El *Gynerium sagittatum* presenta una eficiencia en la remoción de cadmio del 32%, mientras que de cromo es de 34.58%.



## VI. RECOMENDACIONES

- 6.1 A la Dirección Regional de agricultura realizar la toma de muestras de suelos de cultivo de arroz con el propósito de identificar la presencia de cadmio y cromo, con el fin de garantizar la seguridad alimentaria y calidad de vida de la población.
- 6.2 Realizar todo el proceso de fitorremediación de forma in situ, con el propósito de comparar los resultados obtenidos con los que se obtuvo bajo condiciones controladas, adicionalmente poder identificar si las condiciones climatológicas son favorables o propician el retraso del proceso de fitorremediación
- 6.3 A los futuros investigadores realizar el proceso con un tiempo más prolongado con el propósito de que la especie pueda desarrollarse al máximo, puesto que el desarrollo del ***Gynerium sagittatum*** es lento y así poder determinar si el porcentaje de remoción aumenta.
- 6.4 A la comunidad científica realizar trabajos relacionados a la fitorremediación de cadmio y cromo mediante la utilización de otras especies con potencial para la absorción de metales pesados.

## Referencias

- ALABOUDI, Khalid, AHMED, Berhan y BRODIE, Graham. Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. Revista sciencie direct [en línea]. junio 2018, n.º 2. [fecha de consulta: 12 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aosas.2018.05.007> 0180-9023
- AMDEKAR, Joe. Statistical Methods: For Agricultural and Biological Sciences. Editorial: Alpha Science International Limited, 2013. 255 pp. ISBN 9781842658529
- BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación [en línea]. México: Grupo Editorial Patria, 2014. [Fecha de consulta: 4 de junio de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=6aCEBgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=lopez+2004+libro+metodologia&hl=e> ISBN 9786077440031
- BAIRD, Colin y CANN, MICHAEL. Química Ambiental [en línea]. España: Reverté, 2013. [fecha de consulta: 06 de junio de 2020] Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=59zeDwAAQBAJ&pg=PA741&dq=ventajas+fitorremediacion&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjRod2M\\_tLsAhUcK7kGHYqICeEQ6AEwAXoECAYQAg#v=onepage&q=ventajas%20fitorremediacion&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=59zeDwAAQBAJ&pg=PA741&dq=ventajas+fitorremediacion&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjRod2M_tLsAhUcK7kGHYqICeEQ6AEwAXoECAYQAg#v=onepage&q=ventajas%20fitorremediacion&f=false) ISBN 9788429194258
- BISQUERRA, Rafael. Metodología de investigación educativa. España: Editorial la Muralla, 2009. 2ª ed. pp.449. ISBN 9788471337481
- BRANZZINI, Agustina y ZUBILLAGA, Marta. Remediación Y Monitoreo de Suelos Contaminados Con Metales Pesados. España: EAE Editorial Academia Española, 2012. pp.68 ISBN: 978-3848468485
- CEGARRA, José. Metodología de la investigación científica y tecnológica [en línea]. Madrid: Diaz de Santos, 2014. [fecha de consulta: 13 de junio de 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=-XG4KMFNnP4C&printsec=frontcover&dq=investigacion+aplicada+definicion+2018&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiAxNC\\_n9XsAhUGIbkGHT\\_oDD44HhDoATAAegQIBRAC#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=-XG4KMFNnP4C&printsec=frontcover&dq=investigacion+aplicada+definicion+2018&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiAxNC_n9XsAhUGIbkGHT_oDD44HhDoATAAegQIBRAC#v=onepage&q&f=false) ISBN 9788499670278

- CHANDRA, Vimal y KULDEEP. Phytomanagement of Polluted Sites [en línea]. Estados Unidos: EL SERVIER, 2018. [Fecha de consulta: 1 de junio de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=vuR8DwAAQBAJ&pg=PA376&dq=CHANDRA,+Vimal+y+KULDEEP.+Phytomanagement+of+Polluted+Sites+%5Ben+l%C3%ADnea%5D.+Estados+unidos:+EL+SERVIER,+2018&hl=es->
- CORI, Dionicio. Capacidad del Vetiver (Chrysopogon Zizanioides) para la fitorremediación de suelos con plomo contaminado por relaves mineros; nivel de laboratorio, 2016. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2016. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/4629/Cori\\_DKM.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/4629/Cori_DKM.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- CRUZ, Martha. La contaminación del suelo y aguas su prevención con nuevas sustancias naturales [en línea]. España: Universidad de Sevilla, 2007. [fecha de consulta: 31 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=KPcJItVcQRoC&pg=PA6&dq=cruz+2007+libro+sus-419&sa=X&ved=0ahUKEwiy0-> ISSN 9788447209262
- DEL AGUILA, Greyssi. Diagnóstico de la actividad agroindustrial en la región san Martín periodo (2000 – 2015). Tesis (Ingeniería Agroindustrial). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín. Disponible en: <http://tesis.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2782/FIAI%20-%20Greisy%20Margarita%20Del%20Aguila%20Moncada.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DEVORE, Jay. Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias [en línea]. México: EDITEC, 2008. 7ª ed. [fecha de consulta: 10 de junio de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=-DazQgzN6zWC&pg=PA6> ISSN 9789706868312
- DIAZ, Víctor. Metodología de la investigación científica y bioestadística [en línea]. Chile: Ril editores, 2009. 2ª ed. [Fecha de consulta: 5 de junio de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=PpdFd> &dq=F+200 = ISSN 9789562846851

- FACCIO, Carolina, FRANCA, Simone y PIENIZ, Maurizi. Evaluation of Enhydra anagallis remediation at a contaminated watercourse in south Brazil. Revista internacional de fitorremediación [en línea]. Abril- junio 2020, n.º 03. [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1754759> ISSN 1549-7879
- GARZA, Ario. Manual de técnicas de investigación para estudiantes de ciencias sociales. México: El colegio de México. 7ª ed. pp.337. ISBN9681212983
- HERNANDEZ, Maria. Eviromental Risk assement of soil contamination [en línea]. Croacia: Intech DTP team, 2014. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=EBCQDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=SOIL+POLLUTION+BY+HEAVY+METALS&l=es> ISBN 9789535112358
- HEROS, Elizabeth. Unalm frente al cambio climático en el cultivo de arroz (Oryza sativa l.) [en línea]. Perú: Red Agrícola. 03 de julio de 2018. [fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.redagricola.com.pe/unalm-frente-al-cambio-climatico-en-el-cultivo-de-arroz-oryza-sativa-l/>
- JEELANI, Nasreen et al. Phytoremediation potential of *Acorus calamus* in soils co-contaminated with cadmium and polycyclic aromatic hydrocarbons. Scientific Reports [en línea]. Agosto 2017 n.º 7. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07831-3> ISSN 1598-2012
- JIMENEZ, Raul. Introducción a la contaminación de suelos [en línea]. España: Ediciones Mundi Prensa, 2017. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=iZg6DwAAQBAJ> tcover ISBN 9788484767893
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación científica. 6. a ed. Mexico: McGRAW-HILL, 699 pp. ISBN 9781456223960
- INIA. Manual de procedimientos de los análisis de suelos y agua con fines de riego. Disponible en: [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual\\_de\\_procedimientos\\_de\\_los.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/inia/504/1/Bazan-Manual_de_procedimientos_de_los.pdf)

- KHAN, Muhamad, AHMED, Nahir y HASSAN, Werth. Evaluation of Phytoremediation Potential of Castor Cultivars for Heavy Metals from Soil. *Planta daninha revista* [en línea]. Enero- marzo 2019, n.º 2 [fecha de consulta: 28 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/s0100-83582019370100134> ISSN 1806-9681
- LA ROSA, Diego. Evaluación Agroecológica de los suelos para un desarrollo sostenible [en línea]. España: Ediciones Mundi-Prensa, 2008. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=MNACI%C3%ETALES+Pe> ISSN 9788484763611
- LIMMER, Matt y BURKEN, Joel. Phytovolatilization of Organic Contaminants. *Environmental Science & Technology* [en línea]. Junio- agosto, 2016 n.º 8. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/303743640\\_Phytovolatilization\\_of\\_Organic\\_Contaminants](https://www.researchgate.net/publication/303743640_Phytovolatilization_of_Organic_Contaminants) ISSN 6632-4320
- LIÑAN, Kevin. Fitorremediación de suelos mediante la absorción de Pb al aplicar Sábila (*Aloe vera*); nivel de laboratorio, Ancash-2017. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31979>
- LÓPEZ, Sughey y ROJAS, Mariano. Mecanismos de fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobióticas. *Revista internacional de contaminación Ambiental* [en línea]. Febrero- Junio, 2005 n.º 2. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2020]. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0188-49992005000200091&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0188-49992005000200091&lng=es&nrm=iso) ISSN 0188-4999.
- MADERA, Carlos y PEÑA, Enrique. Phytoremediation of Landfill Leachate with *Colocasia esculenta*, *Gynerum sagittatum* and *Heliconia psittacorum* in Constructed Wetlands. *Revista internacional de fitorremediación* [en línea]. Febrero- junio 2015, n.º 1 [fecha de consulta: 28 de mayo de 2020] disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2013.828014> ISSN 1522-6514

MÉNDEZ, Judith; RAMÍREZ, Alma y GUTIÉRREZ, Román. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Revista tropical and Subtropical Agroecosystems* [en línea]. Mayo-julio, 2009, n.º 4. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf> ISSN: 1870-0462

Ministerio del Ambiente (Perú). Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM: Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. Lima: 2017. 4 pp.

NAVA, Concepción y MENDEZ, Marisela (2011). Efectos neurotóxicos de metales pesados (cadmio, plomo, arsénico y talio). *Archivos de Neurociencias* [en línea]. Julio- setiembre n.º 3. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/arcneu/ane-2011/ane113f.pdf> ISSN 0187-4705.

NAVARRO, Juan, AGUILAR, Isabel y LÓPEZ, Juan. Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Revista ecosistemas* [en línea]. Mayo, 2007, n.º 2. [fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/39439866\\_Aspectos\\_bioquimicos\\_y\\_geneticos\\_de\\_la\\_tolerancia\\_y\\_acumulacion\\_de\\_metales\\_pesados\\_en\\_plantas](https://www.researchgate.net/publication/39439866_Aspectos_bioquimicos_y_geneticos_de_la_tolerancia_y_acumulacion_de_metales_pesados_en_plantas)

ORTEGA, Rafael, BELTRAN, Javier, MARRUGO, José. Accumulation of mercury (Hg) by arrow cane (*Gynerium sagittatum*) (Aubl) Beauv. in vitro. *Revista colombiana de biotecnología* [en línea]. Junio 2011 n.º 03. [fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34752011000100005&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-34752011000100005&script=sci_abstract&tlng=es) ISSN 0123-3475

PEER, Wendy, FREEMAN, John y Murphy, Angus. Phytoremediation and hyperaccumulator plants. *Topics in Current Genetics*, agosto-diciembre, 2006, n.º 4. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2020] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/225421418\\_Phytoremediation\\_and\\_hyperaccumulator\\_plants](https://www.researchgate.net/publication/225421418_Phytoremediation_and_hyperaccumulator_plants).

- PILON, Elizabeth Phytoremediation. Annual Reviews of Plant Biology [en línea]. Febrero- junio, 2005, n.º 3. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.annualreviews.org/doi/pdf/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144214#article-denial> ISSN 1543-5008
- POMAREDA, Fabiola. Costa Rica: Glifosato, herbicida más usado en zona de incidencia de enfermedad renal crónica [en línea]. Costa Rica: El País. 14 de enero de 2019. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.elpais.cr/2019/01/14/costa-rica-glifosato-herbicida-mas-usado-en-zona-de-incidencia-de-enfermedad-renal-cronica/>
- PORTA, Jaime, LOPEZ, Martha y POCH, ROSA. Edafología, uso y protección del suelo [en línea]. España: Ediciones Mundi prensa, 2014. 2ª ed. [fecha de consulta: 28 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=7x1fAwAAQBAJ&pg=PA235&dq=contaminaci%C3%B3n+metales+suelo&hl=es-> ISBN 9788484766612
- PRASAD, Majeti, y OLIVEIRA, Helena. Metal hyperaccumulation in plants-Biodiversity prospecting for phytoremediation technology. Electronic Journal of Biotechnology [ en línea]. Junio – agosto n.º 03. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/27793658\\_Metal\\_hyperaccumulation\\_in\\_plants\\_Biodiversity\\_prospecting\\_for\\_phytoremediation\\_technology](https://www.researchgate.net/publication/27793658_Metal_hyperaccumulation_in_plants_Biodiversity_prospecting_for_phytoremediation_technology) ISSN 0717-3458
- RAMOS, Pedro. Avances en calidad ambiental [en línea]. España: Editorial Universidad de Salamanca, 2002. [Fecha de consulta: 2 de junio de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=WAgsRdxAGtQC&pg=PA265&dq=fitoremediaci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwi62ry-rse> ISSN 9788478008117
- Red agrícola. La tecnología se abre paso en el cultivo de arroz [en línea]. Junio 2018. [fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.redagricola.com.pe/la-tecnologia-se-abre-paso-en-el-cultivo-de->





- TAREK, Galal, YASSIN, Al-Sondan y HATIM, Al-Yasi. (2020) Phytostabilization as a phytoremediation strategy for mitigating water pollutants by the floating macrophyte *Ludwigia stolonifer*. *International Journal of Phytoremediation* [en línea]. Abril – junio, 2018. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2017.1365343> ISSN 1234- 5620
- TOVAR, Oscar. *Las gramíneas (poaceae) del Perú* [en línea]. España: FARESO, 1993. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=CHFjWTVw\\_oAC&pg=PA226&dq=Gynarium+sagittatum&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKagittatum&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=CHFjWTVw_oAC&pg=PA226&dq=Gynarium+sagittatum&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKagittatum&f=false) ISBN 8400073738
- VILCAPAZA, Jean. *Evaluación de la capacidad fitorremediadora del Garbancillo (*Astragalus arequipensis*) en función de tres tipos de enmiendas orgánicas sobre la remoción de mercurio del suelo contaminado por la actividad minera del centro poblado la Rinconada - Región Puno*. Tesis (Ingeniería Ambiental). Juliaca: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/1709?show=full>
- VOLKE, Tania y VELASCO, Juan. *Tecnología para la remediación de suelos contaminados* [en línea]. México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología, 2002. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=mj9rVESchCcC&pg=PA36&dq=fitorremediaci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=0ah=false> ISBN 9688175579
- VOLKE, Tania, VELASCO, Juan, LA ROSA, David. *Suelos contaminados con metales y metaloides* [en línea]. España: Ediciones Mundi-Prensa, 2005. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2020]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=A50ITx37ScsC&pg=PA10&source=kp\\_read\\_button&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=A50ITx37ScsC&pg=PA10&source=kp_read_button&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false) ISBN 9688174920

# Anexos

Anexo 1

**Tabla 10.**

*Matriz de operacionalización de variable*

<b>Variables</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad de medida</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Capacidad del <i>Gynerium sagittatum</i> para fitorremediar suelos</b>	Es una herbácea erecta, presenta tallos rectos y puede alcanzar una altura hasta 5 metros, y presenta hojas con un tamaño máximo de 2 metros de longitud, sus flores pueden medir hasta 4 metros (Conabio, 2009, p.56)	Para evaluar el tamaño de la plantas se hará uso de una cinta métrica, mientras para determinar la concentración de cadmio y cromo en la raíz y hojas de la caña brava se hará uso de la metodología AOAC Official Method 2013.06 21st Ed. 2019 (VALIDADO - Modificado)	Características morfológicas	Tamaño inicial y final de la planta	cm	Intervalo
				Cantidad inicial y final hojas	Und.	Intervalo
			Concentración	Cadmio y cromo inicial y final en la raíz	mg/kg	Intervalo
				Cadmio y cromo inicial y final en las hojas		
<b>Concentración de cadmio y cromo</b>	Cantidad de metales pesados que se encuentran dentro de la composición del recurso edáfico (Sánchez, 2005, p.59)	Se aplicará la metodología ISO 11265:1994/Cor 1:1996 para determinar la conductividad, mientras que el pH por la EPA Method 9045, se hará uso de la norma EPA Method 6020B para determinar la cantidad de cadmio y cromo en el suelo.	Parámetros fisicoquímicos del suelo	Conductividad inicial y final	µS/cm	Intervalo
				pH inicial y final del suelo	0-14	Intervalo
			Remoción de cadmio y cromo	Cadmio y cromo inicial y final	mg/kg	Intervalo


Anexo 2

Ficha de registro de campo

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		<b>FICHA DE REGISTRO DE CAMPO</b>	
<b>DATOS GENERALES</b>			
Nombre del sitio de estudio	: Metojacu	Departamento	: San Martín
Uso principal del suelo	: Agrícola	Provincia	: Moyobamba
Dirección del predio	: Pto. Metojacu.	Distrito	: Moyobamba
<b>DATOS DEL PUNTO DE MUESTREO</b>			
Coordenadas UTM	: X: 284699 Y: 9333726	Muestreadores	: Los investigadores
Temperatura	: 28 °C	Descripción de la superficie	: _____
Técnica de muestreo	: puntual.	Instrumentos	: _____
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>			
Fecha de muestreo	: 06/10/20.	Cantidad de muestra	: 21 Kilo
Hora muestreo	: 11:00 am.	Medidas de conservación	: _____
Profundidad	: 30 cm.	Tipo de muestreo	: aleatorio.
Observaciones		Croquis	
			

Anexo 3



Ficha de control de crecimiento de la planta

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO		<b>FICHA DE CONTROL DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA</b>						
LUGAR DE ESTUDIO		DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	FECHA	FIRMA		
Moyobamba PROYECTO		MOYOBAMBA	MOYOBAMBA	SAN MARTIN	07/10	<i>[Signature]</i>		
CAPACIDAD DEL GYNERIUM SAGITTATUM PARA LA FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DE CULTIVOS ARROZ CON METALES PESADOS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, MOYOBAMBA, 2020								
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS								
VARIABLE	Número de días	Tamaño inicial de planta	Tamaño final de planta	Tamaño de raíz iniciales	Tamaño de raíz finales			
capacidad de la caña brava		9.5	10.3	3.20	3.50			
		10.4	11.1	3.80	4.20			
		10.2	10.4	3.80	4.30			
		9.8	10.5	3.90	4.25			
	20 días		10.4	10.7	3.20	3.40		
			10.8	11.1	3.80	4.00		
		30 días		10.2	12.6	3.70	4.50	
				10.3	14.8	4.10	4.70	
			10.2	13.6	3.80	4.30		
			10.4	13.4	3.60	4.15		
			10.5	14.5	3.20	3.90		

		10.2	14.6	3.40	4.00
		10.8	18.4	3.80	5.10
		10.5	18.5	4.10	5.20
		11.2	16.8	3.40	4.80
		10.8	17.9	3.30	4.90
	40 días	10.4	17.9	3.20	4.10.
<b>RESPONSABLE</b>	SAMAME SABOYA, FIORELLA ESPERANZA			OSORES TELLO, BRAYAN ALEXIS	

## Anexo 4

### Ficha de sistematización

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>FICHA DE SISTEMATIZACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE METALES Y PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS</b>							
LUGAR DE ESTUDIO		DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO	FECHA	FIRMA			
Metoyacu		Moyobamba	MOYOBAMBA	SAN MARTIN	06/10/20				
PROYECTO		CAPACIDAD DEL GYNERIUM SAGITTATUM PARA LA FITORREMEDIACIÓN DE SUELOS DE CULTIVOS ARROZ CON METALES PESADOS BAJO CONDICIONES CONTROLADAS, MOYOBAMBA, 2020							
VARIABLE	Números de días	CONCENTRACIÓN				PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS			
		concentración de cadmio inicial	concentración de cadmio final	concentración de cromo inicial	concentración de cromo final	Conductividad inicial	Conductividad final	pH inicial	pH final
fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados	20 días	1.51	1.50	27.21	24.83	0.67	0.24	4.68	4.78
		1.51	1.49	27.21	26.72	0.67	0.40	4.68	4.37
		1.51	1.48	27.21	24.97	0.67	0.34	4.68	4.63
	30 días	1.51	1.30	27.21	23.12	0.67	0.44	4.68	4.59
		1.51	1.28	27.21	22.96	0.67	0.17	4.68	4.63
		1.51	1.23	27.21	21.16	0.67	0.11	4.68	4.67
	40 días	1.51	0.98	27.21	19.71	0.67	0.07	4.68	4.57
		1.51	1.15	27.21	16.24	0.67	0.04	4.68	4.72
		1.51	0.95	27.21	17.46	0.67	0.06	4.68	4.76
	RESPONSABLE	SAMAME SABOYA, FIORELLA ESPERANZA				OSORES TELLO, BRAYAN ALEXIS			

## Anexo 5

### Ficha de validación de instrumentos



#### INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

##### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : Justino Pinedo Maikol  
 Institución donde labora : ARA - San Martín  
 Especialidad : Ing. Forestal  
 Instrumento de evaluación : Ficha de registro de campo  
 Autor (s) del instrumento (s) : Samamé Saboya, Fiorella Esperanza  
 Osorio Tello, Brayan Alexis

##### 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>Concentración de cadmio y cromo.</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>Concentración de cadmio y cromo.</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>Concentración de cadmio y cromo.</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>		46					

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

##### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento elaborado cumple con los criterios establecidos en el formato de evaluación, por lo cual es aplicable.

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 46

Moyobamba, 02 de Julio de 2020

  
 JUSTINO PINEDO MAIKOL  
 Ingeniero Forestal  
 CIP. 174630



## INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto : Quintana Canlla Omar Jesús  
 Institución donde labora : Círculo de investigación ambiental - UNALM  
 Especialidad : Ing. Ambiental  
 Instrumento de evaluación : Ficha de registro de campo  
 Autores del instrumento : Samamé Saboya, Fiorella Esperanza  
 Osorio Tello, Brayan Alexis

### 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>Concentración de cadmio y cromo</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>Concentración de cadmio y cromo.</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>Concentración de cadmio y cromo.</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 FINAL</b>		47				

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

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento cumple con lo planteado en la investigación.

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 47

Moyobamba, 30 de junio de 2020

  
  
**Omar Jesús Quintana Canlla**  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 CIP N° 222510

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**
**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Valles Pinedo Tatiana Milagros  
 Institución donde labora : Proyecto Especial Alto Mayo  
 Especialidad : Ing. Ambiental  
 Instrumento de evaluación : Ficha de registro de campo  
 Autores del instrumento : Samamé Saboya Fiorella Esperanza  
 Osorio Tello Brayan Alexis

**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>concentración de cadmio y cromo</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>concentración de cadmio y cromo</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>concentración de cadmio y cromo.</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>43</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 de investigación elaborado cumple con los criterios de acuerdo al formato de validación, siendo aplicable.

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

43

Moyobamba, 03 de Julio de 2020



Tatiana Milagros Valles Pinedo  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP: 150999

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**
**II. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto : Justino Pinedo Maikol  
 Institución donde labora : ARA - San Martín  
 Especialidad : Ing. Forestal  
 Instrumento de evaluación : Ficha de sistematización de concentración de metales y parámetros fisicoquímicos  
 Autores del instrumento : Samamé Saboya, Fiorella Esperanza  
 Osorio Tello, Brayan Alexis

**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>Concentración de cadmio y cromo.</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>Concentración de cadmio y cromo.</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>Concentración de cadmio y cromo.</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>48</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)

**IV. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

El instrumento elaborado es aplicable, permitiendo la sistematización para la recolección de datos.

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 48

Moyobamba, 02 de Julio de 2020



JUSTINO PINEDO MAIKOL  
 Ingeniero Forestal  
 CIP. 174630

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**
**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto : Quintana Canlla Omar Jesús  
 Institución donde labora : Círculo de investigación ambiental - UNALM  
 Especialidad : Ing. Ambiental  
 Instrumento de evaluación : Ficha de sistematización de concentración de metales y parámetros físicoquímicos  
 Autores del instrumento : Samamé Saboya, Fiorella Esperanza  
 Osores Tello, Brayan Alexis

**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>Concentración de cadmio y cromo</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>Concentración de cadmio y cromo.</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>Concentración de cadmio y cromo.</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 FINAL</b>		48				

(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 elaborado es aplicable, permitiendo la sistematización para la recolección de datos.

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 48

Moyobamba , 30 de junio de 2020



Omar Jesús Quintana Canlla  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 CIP N° 222510

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**
**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto : Valles Pinedo Tatiana Milagros  
 Institución donde labora : Proyecto Especial Alto Mayo  
 Especialidad : Ing. Ambiental  
 Instrumento de evaluación : ficha de sistematización de concentración de metales y parámetros fisicoquímicos  
 Autores del instrumento : Samamé Saboya Fiorella Esperanza  
 Osorio Tello Brayan Alexis

**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>concentración de cadmio y cromo</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>concentración de cadmio y cromo</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>concentración de cadmio y cromo.</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>44</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 de investigación elaborado cumple con los criterios de acuerdo al formato de validación, siendo aplicable.

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

44

Moyobamba, 03 de Julio de 2020



Tatiana Milagros Valles Pinedo  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP: 150999

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**
**III. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto : Justino Pinedo Maikol  
 Institución donde labora : ARA - San Martín  
 Especialidad : Ing. Forestal  
 Instrumento de evaluación : Ficha de control de crecimiento de planta  
 Autor (s) del instrumento (s) : Samamé Saboya, Fiorella Esperanza  
 Osores Tello, Brayan Alexis

**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>Capacidad del Gynerium sagittatum para fitorremediar suelos.</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>Capacidad del Gynerium sagittatum para fitorremediar suelos.</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>Capacidad del Gynerium sagittatum para fitorremediar suelos.</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>					48	

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

**V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

El instrumento elaborado permitirá observar los efectos en el crecimiento de la planta de manera cuantitativa y cualitativa.

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 48

Moyobamba, 02 de Julio de 2020



JUSTINO PINEDO MAIKOL  
 Ingeniero Forestal  
 CIP. 174630

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**
**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto : Quintana canlla Omar Jesús  
 Institución donde labora : Círculo de investigación ambiental  
 Especialidad : Ing. Ambiental  
 Instrumento de evaluación : Ficha de control de crecimiento de planta  
 Autores del instrumento : Samamé Saboya, Fiorella Esperanza  
 Osoros Tello, Brayan Alexis

**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>Capacidad del Gynerium sagittatum para fitorremediar suelos.</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>Capacidad del Gynerium sagittatum para fitorremediar suelos.</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>Capacidad del Gynerium sagittatum para fitorremediar suelos.</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 FINAL</b>		48				

(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 elaborado cumple con el propósito de la investigación.

**PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 48

Moyobamba, 30 de junio de 2020




Omar Jesús Quintana Canlla  
INGENIERO AMBIENTAL  
CIP N° 222510

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA****I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Valles Pinedo Tatiana Milagros  
 Institución donde labora : Proyecto Especial Alto Mayo  
 Especialidad : Ing. Ambiental  
 Instrumento de evaluación : Ficha de control de crecimiento de la planta  
 Autores del instrumento : Samamé Saboya Fiorella Esperanza  
 Osoros Tello Brayan Alexis

**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>capacidad del gynerium sagittatum para fitorremediar suelos</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>capacidad del gynerium sagittatum para fitorremediar suelos.</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>capacidad del gynerium sagittatum para fitorremediar suelos.</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>43</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 de investigación elaborado cumple con los criterios de acuerdo al formato de validación, siendo aplicable.

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

43

Moyobamba, 03 de Julio de 2020

  
 Tatiana Milagros Valles Pinedo  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP: 150999



## Anexo 6

### Informe de resultados



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : BRAYAN ALEXIS OSORES TELLO/  
FIORELLA ESPERANZA SAMAME SABOYA

PROCEDENCIA : SAN MARTÍN/ MOYOBAMBA/ MOYOBAMBA

REFERENCIA : H.R. 72851

BOLETA : 4263

FECHA : 02/11/2020

Lab	Número Muestra Claves	pH	C.E. dS/m	Cd ppm	Cr ppm
2467	T1 20 DIAS	4.76	0.24	1.50	24.83
2468	T1 20 DIAS	4.37	0.40	1.49	26.72
2469	T1 20 DIAS	4.63	0.34	1.48	24.97
2470	T2 30 DIAS	4.59	0.14	1.30	23.12
2471	T2 30 DIAS	4.63	0.17	1.28	22.96
2472	T2 30 DIAS	4.67	0.11	1.23	21.16
2473	T3 40 DIAS	4.55	0.07	0.98	19.71
2474	T3 40 DIAS	4.72	0.04	1.15	16.24
2475	T3 40 DIAS	4.76	0.06	0.95	17.46
2476	muestra testigo	4.68	0.67	1.51	27.21



*Braulio La Torre Martínez*  
Ing. Braulio La Torre Martínez  
Jefe del Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
Celular: 946-505-254  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

Anexo 7

Hoja de recepción de muestras



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS Y PLANTAS

Teléfono: 614 7800 Anexo: 222 Teléfono Directo: 349 5622

Celular: (511) 946 505 254

e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe



16/10/20

HOJA DE RECEPCION Nº 072851 - 20 20

SOLICITANTE: BRAYAN ALEXIS OSORIO TELLO Telf.: 939980005 Fecha: 16-10-2020  
FIGUILLA ESPERANZA SANTIAGO SABOYA

PROCEDENCIA: Departamento: SAN MARTIN Provincia: MOYOBAMBA  
Distrito: MOYOBAMBA Predio: .....

MUESTRAS DE: SUELO CANTIDAD: 10

ANALISIS SOLICITADOS	P.U. S/.
( ) Análisis Suelo Fertilidad .....	
( ) Análisis Suelo Caracterización .....	
( ) Análisis Suelo Salinidad .....	
( ) Análisis Agua .....	
( ) Análisis Foliar .....	
( X ) Otros (Especificar) <u>RH, C.E, CADMIO Y CROMO.</u>	<u>90.80</u>

US\$  
**CANCELADO**  
16 OCT 2020  
LASPAP - UNALM

Entregado por: MAXIMO SANTOS A cuenta: .....

Recibido por: ELIZABETH QUISE Total S/ ..... US\$ .....

## Anexo 8

### Norma técnica Ecuatorina

Sustancia	Unidades (Concentración Peso Seco)	en	Suelo
<b>Parámetros Generales</b>			
Conductividad	mmhos/cm		2
PH			6 a 8
Relación de Adsorción de Sodio (Índice SAR)			4
<b>Parámetros Inorgánicos</b>			
Arsénico (inorgánico)	mg/kg		5
Azufre (elemental)	mg/kg		250
Bario	mg/kg		200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg		1
Cadmio	mg/kg		0.5
Cobalto	mg/kg		10
Cobre	mg/kg		30
Cromo Total	mg/kg		20
Cromo VI	mg/kg		2.5
Cianuro (libre)	mg/kg		0.25
Estaño	mg/kg		5
Flúor (total)	mg/kg		200
Mercurio	mg/kg		0.1
Molibdeno	mg/kg		2
Níquel	mg/kg		20
Plomo	mg/kg		25
Selenio	mg/kg		1
Vanadio	mg/kg		25
Zinc	mg/kg		60
<b>Parámetros Orgánicos</b>			
Benceno	mg/kg		0.05
Clorobenceno	mg/kg		0.1
Etilbenceno	mg/kg		0.1
Estireno	mg/kg		0.1
Tolueno	mg/kg		0.1
Xileno	mg/kg		0.1
PCBs	mg/kg		0.1
Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg		0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg		0.05
Hexaclorobenceno	mg/kg		0.1
Hexaclorociclohexano	mg/kg		0.01
Fenólicos no clorinados (cada tipo)	mg/kg		0.1
Clorofenoles (cada tipo)	mg/kg		0.05
Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs) cada tipo	mg/kg		0.1

\*: El valor numérico del Índice de Adsorción de Sodio (SAR) es la concentración requerida para que un suelo produzca todo tipo de cultivos.