



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Remediación de Suelo Agrícola Dedicado al Cultivo de Arroz con  
Concentraciones de Cadmio, Mediante la Aplicación de  
Microorganismos Eficaces y Carbón Activado**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES:**

Paredes García, Flor de María (ORCID: 0000-0003-2725-4011)  
Romero Panduro, Dina Milagros (ORCID:0000-0002-1187-7575)

**ASESOR:**

Mg. Herrera Díaz, Marco Antonio (ORCID: 0000-0002-8578-4259)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

*A mi madre y amigos, por el amor y apoyo incondicional para llegar a concretar mis metas trazadas. Que Dios los bendiga siempre.*

**Flor**

*Por el compromiso y apoyo incondicional, agradezco a los pilares fundamentales de mi vida. A mi madre, hermanos y madrina: Mercedes Panduro Pezo, Carlos Romero, Diana Romero y Carola Inga. Quienes me apoyaron para llegar a concretar mi meta trazada.*

**Dina**

## **Agradecimiento**

A Dios por ser mi guía, fortaleza, fidelidad y amor ha estado conmigo hasta el día de hoy.

A mi asesor por su valiosa guía y asesoramiento a la realización de la misma; de igual manera a todas las personas que ayudaron directa e indirectamente en la realización de este proyecto.

A la Srta. Chanit García a sus padres por facilitarnos el acceso a su parcela y poder desarrollar el presente proyecto, así mismo agradezco a mi asesor por la orientación en este proceso de investigación y todo el tiempo necesario y su apoyo incondicional a lo largo de mi carrera universitaria.

## Índice de contenidos

Caratula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de gráficos y figuras .....	vii
Resumen .....	1
Abstract .....	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MARCO TEÓRICO .....	8
III. METODOLOGÍA.....	27
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	27
3.2. Variables y operacionalización .....	27
3.3. Población, muestra y muestreo.....	30
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	32
3.5. Procedimientos .....	33
3.6. Método de análisis de datos .....	43
3.7. Aspectos Éticos .....	43
IV. RESULTADOS .....	44
V. DISCUSIÓN.....	51
VI. CONCLUSIONES .....	54
VII. RECOMENDACIONES.....	55
REFERENCIAS .....	56
ANEXOS.....	63
Anexo 1. Declaratoria de autenticidad (autores) .....	63
Anexo 2. Declaratoria de autenticidad (asesor) .....	64
Anexo 3. Matriz de Operacionalización.....	65
Anexo 4.Solicitud para acceder a la toma de muestra y ejecución del proyecto. .....	66
Anexo 5. Validación del instrumento - Formato de registro de campo (Hoja 1: 3). .....	67

Anexo 6. Validación del instrumento - Formato de registro de campo (Hoja 2: 3). .....	68
Anexo 7. Validación del instrumento - Formato de registro de campo (Hoja 3: 3). .....	69
Anexo 8. Formato de registro de campo.....	70
Anexo 9. Resultados del análisis para la determinación de cadmio (Página 1 a 3) .....	71
Anexo 10. Resultados del análisis para la determinación de cadmio.....	72
Anexo 11. Resultados del análisis para la determinación de cadmio.....	73
Anexo 12. <i>Certificado de acreditación del laboratorio EQUAS S.A.</i> .....	74
Anexo 13. <i>Resultados de la caracterización del suelo agrícola</i> .....	75
Anexo 14. Certificado de Calibración de la Balanza Analítica (Página 1 de 2). ...	76
Anexo 15. Certificado de Calibración de la Balanza Analítica (Página 2 de 2). ...	77
Anexo 16. Certificado de Calibración del Multiparamétrico (Página 1 de 2). .....	78
Anexo 17. Certificado de Calibración del Multiparamétrico (Página 2 de 2). .....	79
Anexo 18. Cadena de custodia para la determinación de Cd. ....	80
Anexo 19. Mapa de ubicación de la parcela experimental. ....	81
Anexo 20. Panel fotográfico de las actividades realizadas en el desarrollo del proyecto .....	82

## Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación de tamaño de poro del carbón activado .....	18
Tabla 2: Alteraciones funcionales por metales pesados que contaminan las plantas.....	23
Tabla 3: Operacionalización de las variables. ....	29
Tabla 4: Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación .....	31
Tabla 5: Red de puntos de monitoreo .....	37
Tabla 6: Parámetros de evaluación .....	38
Tabla 7: Análisis de varianza de la variable concentración de Cd en suelo .....	47
Tabla 8: Análisis económico para la ejecución del proyecto.....	49

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1: Estructura de un carbón según la temperatura de tratamiento (HTT). ...	19
Figura 2: Principio de la espectrometría de masas.....	25
Figura 3: Principio de la espectroscopia de absorción atómica. ....	26
Figura 4: Esquema del diseño experimental. ....	27
Figura 5: Mapa referencial de la ubicación de la parcela experimental. ....	35
Figura 6: Diseño de la parcela, en la que se desarrollara el proyecto .....	40
Figura 7: Localización de puntos de muestreo en las sub-parcelas. ....	41
Figura 8: Valores comparativos de cadmio (ppm) en suelo agrícola y los ECA.....	44
Figura 9: Microorganismos eficaces (mL) aplicado a subparcelas experimentales.	
45	
Figura 10: Carbón activado (g) aplicado en las subparcelas experimentales.....	45
Figura 11: Concentración de Cadmio (ppm) en subparcelas experimentales antes y postratamiento .....	46

## Resumen

El objetivo de la presente investigación fue determinar la eficacia de los formulados de microorganismos eficaces y carbón activado en la remediación de suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz con concentraciones de cadmio en el sector Cocopa del distrito de Cacatachi en la provincia y región San Martín; para lo cual se realizó la selección de un área con influencia, se procedió a su delimitación y circulación para impedir el acceso de individuos que podrían alterar la investigación. Se trabajo con dos subparcelas a los que se aplicó los formulados y una subparcela control a la cual no se le aplicó ningún tratamiento; posteriormente se reactivó los microorganismos eficientes, posteriormente se formularon concentraciones de microorganismos eficaces y carbón activado 250 mL/500 g para su aplicación la subparcela 1 y 500 mL/1000 g para su aplicación en la subparcela 2 El carbón activado se aplicó por única vez haciendo uso de una sembradora de gras y se homogenizó hasta una profundidad de 20 centímetros, los microorganismos eficaces se aplicaron posterior al carbón activado en los volúmenes indicados y se prosiguió cada 5 días hasta antes de la cosecha. La concentración de cadmio inicial en el suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) fue de 1.99 ppm que supera el valor establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (Ministerio del Ambiente, 2017), en el que se considera como valor sugerido 1.40 ppm. Tras concluir la aplicación de los formulados, se realizó un nuevo muestreo de suelo en el que se encontraron 1.22 y 0.92 ppm para ambos casos del tratamiento; mientras que en la subparcela control en el que no se aplicó EM ni carbón activado se encontró 1.98 ppm. Según la prueba de análisis de varianza se determinó que existe diferencia significativa entre ambos tratamientos y que el de mayor eficiencia es el de 500 mL/1000 g.

**Palabras clave:** Cadmio, microorganismos eficaces, carbón activado y biorremediación.

## Abstract

The objective of the present investigation was to determine the efficacy of the formulations of effective microorganisms and activated carbon in the remediation of agricultural land dedicated to the cultivation of rice with cadmium concentrations in the Cocopa sector of the district of Cacatachi in the province and region of San Martín; for which the selection of an area with influence was made, its delimitation and circulation were proceeded to prevent the access of individuals that could alter the investigation. We worked with two subplots to which the formulations were applied and a control subplot to which no treatment was applied; subsequently the efficient microorganisms were reactivated, subsequently concentrations of effective microorganisms and activated carbon 250 mL / 500 g were formulated for application subplot 1 and 500 mL / 1000 g for application in subplot 2. Activated carbon was applied only once using a fat seeder and homogenized to a depth of 20 centimeters, the effective microorganisms were applied after activated carbon in the indicated volumes and continued every 5 days until before harvest. The concentration of initial cadmium in agricultural land dedicated to rice cultivation (*Oryza sativa*) field of 1.99 ppm that exceeds the value established in the Environmental Quality Standards for Soil (MINAM, 2017), which is considered as suggested value 1.40 ppm. After concluding the application of the formulations, a new soil sampling was carried out in which 1.22 and 0.92 ppm were found for both cases of the treatment; while in the control subplot in which no MS or activated carbon was applied 1.98 ppm was found. According to the variance analysis test, it was determined that there is a significant difference between both treatments and that the one with the highest efficiency is 500 mL / 1000 g.

**Keywords:** Cadmium, effective microorganisms, activated carbon and bioremediation.

## I. INTRODUCCIÓN

Para el presente estudio se consideró en un primer momento la **realidad problemática** que está en función al contexto de investigación, para ello, cabe mencionar que, el crecimiento poblacional desmedido, ha conllevado que a una mayor demanda de productos alimenticios de origen animal y vegetal; pero que debido a la proliferación de agentes dañinos hoy en día es muy frecuente la utilización de plaguicidas; así mismo debido a la explotación de los suelos agrícolas, las escocés de nutrientes en el suelo es evidente lo que demanda el uso de agentes fertilizantes suplementarios; y en la gran mayoría de los casos estos productos son utilizados de manera indiscriminada y que conllevaría a problemas colaterales en la salud de los seres vivos y del ambiente mismo.

Los plaguicidas y los fertilizantes aportan y solubilizan ciertos elementos en el suelo, haciéndolos disponibles para las plantas y que podrían generar fitotoxicidad, o en el peor de los casos alcanzar el organismo de los consumidores y que traerían graves problemas como los casos de cáncer y disfunción de ciertos órganos blanco.

El cadmio es uno de los elementos considerados como metales pesados de importancia ambiental y biomédica, que si alcanza las cadenas tróficas ocasionaría problemas irreversibles. La utilización de ciertos métodos de tratamiento de suelos y el agua contaminada, por lo general son muy costosos, y en otros casos se soluciona un problema, pero se genera otro. Por lo que en la actualidad se está optando por tratamientos amigables y sostenibles, en los que se incluye los métodos biológicos como la degradación, transformación y bioacumulación. Por lo que el aprovechamiento de los microorganismos eficaces es una alternativa a la problemática mencionada. Pero que debido a su cinética en el ambiente esos podrían perderse fácilmente, lo que se requeriría de una alternativa para mantenerlos disponibles por un mayor tiempo.

La aplicación del carbón activado se convertiría en un aliado estratégico por su naturaleza de perdurabilidad en el ambiente y sus propiedades fisicoquímicas de adsorción y absorción que retendría a los microorganismos eficaces y a los compuestos de cadmio libres evitando en todo momento su disposición de

este para las plantas o se arrastre junto al agua de riego, o en su defecto alcance estratos más profundos contaminando el agua subterránea.

Según López, Cisneros, & Ochoa (2016), describe que, la remediación es el conjunto de actividades orientadas a controlar, disminuir o eliminar el contaminante, el cual podría estar presente de manera difusa o puntual (suelo y/o subsuelo). Existen métodos físicos, químicos y biológicos; estos últimos constituyen los métodos de biorremediación, una tecnología que utiliza organismos vivos (vegetales, algas, hongos y/o bacterias) para absorber, degradar o transformar los contaminantes del medio en el que se encuentren.

Así mismo, Simbaña & Ramos (2016), describe que las alternativas de biorremediación tienen como principio modificar el ambiente estimulando el metabolismo de los organismos presentes (bioestimulación), emplear cultivos de microorganismos (consorcios) y el aislamiento, identificación y reproducción de organismos sobrevivientes al contaminante para posteriormente aplicarlos in-situ o ex-situ (bioaumentación).

En los cuarenta, se cree que, el control químico de las plagas tiene su máximo apogeo, como parte de una estrategia propuesta por los países industrializados para mejorar la producción agrícola a escala industrial (Mena, Gema, & Limón, 2005). Pero que con el pasar de los años, vienen siendo cuestionados; es así que, en la actualidad, todos los veintiséis de diciembre se conmemora el “Día Mundial Contra el Uso Indiscriminado de Agroquímicos”, fecha orientada a llamar a la reflexión y toma de conciencia (Devine, Eza, Ogusuku & Furlong, 2008).

En Latinoamérica, en la edad de la industrialización se aplicaron diversas técnicas biotecnológicas de remediación de suelos que han conllevado a muchos años para completar la recuperación de las áreas impactadas; el periodo de tratabilidad depende de “la cantidad del contaminante y la climatología del ambiente donde se desarrolle el proceso”, ya que estos, tienen relación directa “sobre el crecimiento y la actividad de los organismos empleados” (Ferrera, Rojas, Poggi, Alarcón, & Cañizares, 2006).

En el Perú, el Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA), es el ente regulador del uso de agroquímicos. Que, “según los criterios técnicos agrícolas sugiere que”, “los productos que no cuenten con un control adecuado deberían ser considerados como sospechosos y no podrían ser destinados a los mercados internacionales”. Actualmente, SENASA “promueve programas de control biológico, como una alternativa de la agricultura amigable con ambiente y menos perjudicial para los consumidores”. Lo que generarían “mayor oferta de los biocontroladores e impulsaría la formación de laboratorios dedicados a su producción” (Sender Uribe & Gómez Chuchon, 2017).

En la Amazonía, “se cree que la biorremediación se aplicaría desde los 90 para tratar suelos contaminados con hidrocarburos”. Según el MINAM, “existirían reportes de siniestros desde la década del 70 y que, con el pasar del tiempo se fueron intensificado, a pesar de las medidas preventivas aplicadas por las empresas dedicadas a la explotación petroquímica”. Posiblemente, “en muchos casos el crudo no fue recuperado para tratarlo en una estación y reinyectarlo a la producción” (Cuvi & Bejarano, 2015).

En la actualidad, “varias empresas agrícolas vienen aplicando métodos tecnológicos en la remediación de suelos, aguas e incluso en el control de plagas con la finalidad de cumplimiento con las normas relacionadas al ambiente y a la producción limpia que exigen los mercados internacionales” (Cuvi & Bejarano, 2015).

Es así que, con la presente investigación, se pretende aplicar una alternativa viable de remediación de suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz con presencia de cadmio; las formulaciones de microorganismos eficaces perdurarían en el suelo fértil gracias a la capacidad de retención del carbón facilitando su persistencia para transformar, o bioacumular el cadmio disponible en el suelo.

Para el desarrollo de este estudio se formuló el siguiente problema General:

¿La utilización de microorganismos eficaces y carbón activado permitirá remediar el suelo agrícola dedicados al cultivo de arroz con concentraciones de cadmio?, consiguientemente se plantearon **problemas específicos** tales como: ¿Cuál será la concentración de cadmio presente en el suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz?; ¿Cuáles serán las concentraciones de carbón activado y microorganismos eficaces que permitan remediar el suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz?; ¿La aplicación de microorganismos eficaces y carbón activado reducirá la concentración de cadmio hasta valores admisibles para suelos agrícolas?.

Por otra parte, esta investigación se **justifica teóricamente** teniendo en cuenta la problemática local, nacional y mundial, ya que actualmente, la contaminación en general es un tema de preocupación mayor; en el Perú, la extracción de minerales, de productos energéticos, la agricultura y otras serían las actividades de mayor impacto. En la agricultura, el uso desmedido de agroquímicos no solo extingue la vida, también promueven que los nutrientes del suelo lixivien y no se encuentren disponible; o en el peor de los casos, otros considerados agentes tóxicos se predispongan para ser absorbidos y asimilables por las plantas o en su defecto contaminen las aguas subterráneas y superficiales (Chávez, 2014).

Por lo anteriormente expuesto, en el presente proyecto se pretende aprovechar las propiedades del suelo (autodepuración) y potenciarlo mediante la aplicación del carbón activado para retener los microorganismos eficaces, y que, estos transformen o los bioacumulen a los contaminantes presentes. De esta manera, podría considerarse como una alternativa ambientalmente amigable que garantice el bienestar de los consumidores y mitigue los impactos negativos al ambiente, considerando que, el carbón activado proviene de una fuente natural como es la cascara de coco y los microorganismos eficaces son organismos seleccionados del ambiente por sus características bioquímicas.

Además, se debe tener en cuenta que, la biorremediación es una alternativa ecológica que mejora las condiciones de los ecosistemas, haciendo uso de tecnologías limpias que aportan conocimiento técnico a la población dedicada a

la actividad en cuestión e incluso a los profesionales competentes del cuidado ambiental.

Con los resultados obtenidos se podría redactar una línea base para el desarrollo de estrategias que permitan la recuperación de suelos impactados en los que se predisponen ciertos metales pesados como es el cadmio; y que, son captados y absorbidos por los vegetales y posiblemente lleguen a las cadenas tróficas en el que se incluye al hombre. Así mismo, teniendo en cuenta que la población requiere información fidedigna respecto a la problemática para no tergiversar los comentarios o sospechas de ciertos grupos alarmista que crean conflictos sociales.

Seguidamente se presenta las **Hipótesis de la investigación**, siendo la H0: Al menos una fórmula de carbón activado y microorganismos eficaces permitirán disminuir la concentración de cadmio en suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz; Por lo tanto, la H1: Ninguna fórmula de carbón activado y microorganismos eficaces permitirán disminuir la concentración de cadmio en suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz.

Finalmente se presentan los objetivos, planteando como **objetivo general**: Determinar la eficacia de los formulados de microorganismos eficaces y carbón activado en la remediación de suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz con concentraciones de cadmio; y como **objetivos específicos**, Determinar el nivel de concentración de cadmio en suelos agrícolas dedicados al cultivo de arroz; Formular y probar dos fórmulas diferentes de microorganismos eficaces y carbón activado para remediar suelos agrícolas dedicados al cultivo de arroz con concentraciones de cadmio; Evaluar el nivel de concentración residual de cadmio en suelos agrícolas, tras la aplicación de dos fórmulas de microorganismos eficaces y carbón activado y Comparar los resultados finales con la normativa nacional vigente para suelos agrícolas.

## II. MARCO TEÓRICO

Esta investigación también hace referencia a **estudios previos** de investigadores, de ello se tomó como **antecedentes internacionales** a I. Hernández, Navas, & Infante, (2017) en su trabajo de investigación titulado **“Fitorremediación de un suelo contaminado con petróleo extrapesado con *Megathyrus maximus*”**, Se proponen tratar un suelo impactado con “hidrocarburo utilizando *Megathyrus maximus*”. Según la prueba estadística, arroja que, “si existe diferencia significativa entre el sistema con el fitorremediante y el sistema que no lo presentaba”. “El periodo que demando dicha evaluación fue de 120 días, en donde se logró disminuir un 17.1 % en el sistema problema”. “La fracción del hidrocarburo aromáticos y saturados disminuyo significativamente en el sistema problema, mientras que solo los aromáticos en el sistema control”. Además, “la actividad microbiana fue siempre mayor o similar en el sistema problema, probablemente debido a la rizósfera que favorece la actividad”.

Para Diez Lázaro, (2008) en su tesis doctoral titulada **“Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas”**; Evalúa diversos vegetales para remediar suelos alterados con metales pesados usando diversas prácticas agrícolas. “Concluyendo que las características químicas de las rocas tienen relación con el contenido de los metales pesados en el suelo”; “los valores de pH tienen relación con la concentración de Mn y Zn”; “el contenido de materia orgánica predispone la disponibilidad del Cu”; “Las especies *Cistus ladanifer* L. subsp. *ladanifer* (Cistaceae), *Lavandula stoechas* L. (Lamiaceae), *Plantago subulata* L. subsp. *radicata* (Plantaginaceae) y *Thymus mastichina* L. (Lamiaceae) presentaron mayor capacidad para bioacumular Cr, Mn y Zn en su parte aérea, dependiente de la edafología y morfología del suelo”. “La acumulación de Mn y Zn fue mayor en suelos ácidos, mientras que la acumulación de Cr en suelos sobre básicos”.

Alalwan, Kadhom & Alminshid (2020), realizan un estudio denominado “Removal of heavy metals from wastewater using agricultural byproducts”; donde

el objetivo es presentar la información disponible sobre la utilización de materiales de biomasa para la eliminación de metales pesados. El mecanismo de sorción de la biomasa puede constar de varios pasos que incluyen quimisorción, complejación, adsorción en la superficie, difusión a través de los poros e intercambio iónico. Los metales pesados se eliminaron en diferentes velocidades según el adsorbente y el propio metal. Por ejemplo, los desechos de coco mostraron capacidades de adsorción de 263 y 285 mg/g para eliminar iones de plomo y cadmio, respectivamente. Además, la corteza de roble negro ha adsorbido mercurio en una capacidad de adsorción de 400 mg / g, mientras que la capacidad de adsorción de cromo de salvado de trigo fue de 310 mg/g. La capacidad de adsorción se calcula comúnmente mediante la ecuación de primer orden de Lagergren, el modelo de Redlich Peterson y el modelo de Brunauer-Emmett-Teller (BET). Sin embargo, los modelos de Langmuir y Freundlich se utilizaron de forma intensiva para calcular la cantidad adsorbida por unidad de peso de sorbentes sólidos. Se destaca el uso de estos materiales debido a su bajo costo, capacidad de regeneración, alta eficiencia de adsorción y pequeños lodos químicos o biológicos con posibilidad de recuperación de metales.

Por otra parte, en cuanto a trabajos previos del **contexto nacional** se tomó a Balta, (2019), en su tesis de maestría titulada **“El carbón activado y el bio-carbón en la asimilación del cadmio por el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo el invernadero”**; se propuso evaluar “el efecto producido por carbón activado y el bio-carbón sobre la absorción de cadmio y su distribución en los diferentes tejidos de la planta de tomate”. Las plantas tratadas con “bio-carbón fueron más eficientes en la absorción de nutrientes”; así como “en la producción de materia seca en las que se registró 23.17 g/maceta comparadas con las tratadas con carbón activado que alcanzaron 21.10 g materia seca/maceta”; que según la prueba estadística entre este último y el testigo “no existe diferencia significativa”. En conclusión, “el carbón activado es más eficiente que el bio-carbón en reducir la disponibilidad y absorción de Cd en las plantas de tomate, aunque también reduce la absorción de N, P, K, Ca y Mg”.

En Lima – Perú, Maguiña Castillo, (2017), en su tesis de postgrado titulado **“Determinación de la capacidad fitorremediadora de *Lupinus mutabilis***

**Sweet“chocho o tarwi” en suelos contaminados con cadmio (Cd)”**, se trazó como objetivo “evaluar la capacidad de remediación de *Lupinus mutabilis* Sweet en suelos impactados con cadmio”. Se ensayaron cuatro tratamientos: “T1: 4 mg, T2: 8 mg, T3: 12 mg y T4: 16 mg de CdSO<sub>4</sub>/L respectivamente, con aplicación en periodos diferentes”. “El mayor valor de acumulado fue 3.13 mg/kg a nivel radicular, 0.15 mg/kg a nivel de tallo y 0.13 mg/kg en los foliolos, en el tratamiento T4, donde además se evidenció la mayor reducción de metal en el sustrato”. “Se registraron cambios que alteraron la forma y la función de la raíz a los 20 días de evaluación mientras que en el tallo y los foliolos a los 50 días de exposición”. “El índice de tolerancia se determinó en un rango entre 68.29% (T1) y 28.36% (T4)”. “La supervivencia mínima fue de 0.33 en el sistema T4”.

Para Jiménez, (2017) en su trabajo de campo titulado “**Biorremediación con Inóculos de *Pleurotus ostreatus* para recuperar suelos contaminados con metales pesados en La Florida Cajamarca, 2016**”, realizó el ensayo para determinar cuál es la disminución de metales pesados en el suelo de influencia minera (Mina Cushuro), donde se empleó inóculos de *Pleurotus ostreatus*, por un periodo de seis (06) meses pst la aplicación”. “Se concluye que el Inóculo de *Pleurotus ostreatus* logró reducir en un 80 % el contenido de Pb en el suelo ensayado bajo condiciones controladas, teniendo como referencia un valor experimental de 93 ppm, hasta alcanzar 65.3 ppm”.

En lo referente a las **bases teóricas** de la investigación es importante comenzar describiendo lo vital que resulta la bioremediación es considerada como una alternativa viable de la remediación de suelos contaminados en contraste con otras alternativas como son los tratamientos físicos o químicos. Los tratamientos biológicos para recuperación de suelos contaminados pueden tener buen rendimiento y de bajo costo si las condiciones de remediación son optimizadas (Cortón & Viale, 2006).

**El suelo**, según Ortiz, Sanz, Dorado, & Villar (2007), lo consideran así a la capa superficial de la corteza terrestre, está constituido por minerales propios o formados a partir de la roca madre. Su estructura se diferencia en horizontes

resultante del acomplejamiento de compuestos orgánicos e inorgánicos e influenciados por propiedades físicas (estructura, textura, porosidad, capacidad de retención de agua, densidad aparente), químicas (pH, oxido-reducción e intercambio catiónico). Es el componente dinámico entre la atmósfera, litosfera, biosfera e hidrosfera, clave en el desarrollo de los ciclos biogeoquímicos. Proporciona el soporte para los vegetales y la biomasa en general; participa en la distribución del agua (superficial – subterránea); filtra, almacena, degrada, neutraliza e inmoviliza sustancias extrañas impidiendo entren en la cadena alimenticia; además es hábitat de muchos organismos.

Los **componentes del suelo**, según Pereira et al. (2011), el suelo presenta componentes inorgánicos (arcilla, arena, aire y agua) y orgánicos (restos vegetales y animales que se descomponen hasta humus). El suelo está constituido por fases, estas se describen a continuación:

**Fase sólida:** Comprende minerales litosféricos como sílice arena, arcilla, cal, además de componentes orgánicos como el humus.

**Fase líquida:** Comprende el agua que se filtra por entre las partículas del suelo.

**Fase gaseosa:** Presenta composición similar al aire, con mayor proporción de CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O(g); el agua disminuye los espacios de aire.

**Propiedades del suelo**, según Pereira et al. (2011), las principales propiedades del suelo son el color, granulometría, consistencia, estructura, textura, porosidad, humedad, densidad, pH, MO, CIC, sales solubles, óxidos amorfos y óxidos de hierro. Las propiedades físicas están influenciadas por la composición mineral y el ambiente; estas propiedades están relacionadas además con las actividades agrícolas como el laboreo, la fertilización, el drenaje, la irrigación, la conservación del suelo, el contenido de humedad y el manejo de los residuos de cosecha. Las propiedades físico-químicas y biológicas determinan la productividad; la granulometría y su composición química determinan la permeabilidad y la capilaridad.

**Textura del suelo**, según (Ortiz et al., 2007), el aspecto de los suelos está en función a los minerales y compuestos orgánicos que lo constituyen. El color es un criterio de calificación; así, los suelos oscuros son más fértiles que los claros

(tiene excepciones); la oscuridad está relacionada con el contenido de humus, aunque pueden deberse a ciertos minerales o al contenido de humedad. Los suelos rojizos contienen  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  con déficit de humedad, es un indicador de un buen drenado y presentan regular fertilidad. Los suelos amarillentos tienen escasa fertilidad y su color lo deben a los  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  que han reaccionado con agua, son indicadores de un mal drenado. Los suelos grisáceos tienen déficit de O y/o Fe, o un exceso de sales alcalinas como  $\text{CaCO}_3$ . La textura está en función a la granulometría, permite clasificarlos como arena (2 - 0,05mm), limo (0,05 - 0,002mm) y arcilla (< 0,002mm).

**Horizontes del suelo**, según Edward & Frederick (2018), define a los horizontes como las capas que conforman al suelo, donde el perfil de un suelo constituido o formado comprende:

**Horizonte A:** Llamado también de lavado por estar expuesto a la erosión pluvial. Es la capa más superficial, abundan microorganismos, tejido vegetal y animal, es de color oscuro (humus).

**Horizonte B:** Es el horizonte de lixiviación debido a la acumulación de arcillas infiltradas por el agua, es más claro que el anterior y está constituido por humus mezclado con fragmentos minerales.

**Horizonte C:** Se le conoce como el subsuelo, está constituido por la roca madre en procesos de desintegración.

**Horizonte D:** Corresponde a la capa más profunda, conformado por la roca madre fragmentada, es el horizonte R.

**Clasificación de los Suelos**, según Pereira y col, (2011), la clasificación de los suelos se puede basar en la morfología y composición del suelo, con énfasis en las propiedades que se pueden ver, sentir o medir. Mas adelante, se presentan algunas clasificaciones:

#### **Primera clasificación**

- Suelos zonales:** Aquellos que manifiestan la influencia del clima y la vegetación como los controles más importantes.
- Suelos azonales:** Aquellos que no tienen límites visiblemente definidos y por lo general no están influenciados por el clima.

- **Suelos intrazonales:** Aquellos que reflejan la influencia dominante de un factor local sobre el efecto normal del clima y la vegetación. Ej.: los suelos hidromorficos (pantanos) o calcimorficos formados por calcificación.

### Segunda clasificación

- **Suelos exodinamorficos:** Aquellos que reflejan influencia del clima y la vegetación.
- **Suelos exodinamorficos:** Son aquellos suelos influenciados por el material parental.

### Tercera clasificación

- **Pedocales:** Suelos con acumulación de carbonatos de calcio, generalmente están en ambientes áridos y semiáridos.
- **Pedalfer:** Suelos con alta lixiviación y segregación de Al y Fe, generalmente están en ambientes húmedos.

La estructura del suelo corresponde a la manera en el que las partículas se agrupan en fragmentos mayores; las partículas irregulares de aristas y vértices agudos dan lugar a una estructura en bloques con forma de nuez; si las partículas son más o menos esféricas, estructura granular. Algunos suelos tienen estructura prismática o en columnas verticales de tamaño que oscila entre 0,5 - 10 cm. La estructura laminar consiste en trozos planos en posición horizontal. La estructura influye en la proporción de agua que es absorbida por el suelo, en la susceptibilidad del suelo a la erosión y en la facilidad de cultivo.

**Recuperación de suelos,** según Rosique (2016), menciona que, involucra una serie de factores a considerar. A modo de ejemplo, un suelo puede presentar una condición de degradación, un proceso de desertificación, un proceso de erosión (eólica y/o hídrica), una condición de contaminación (por derrames de productos químicos, saturación química por abuso de agroquímicos, relaves volcánicos, depósito de lodos contaminados generados en procesos industriales, etc.), de igual manera puede referirse a la pérdida de materia orgánica, la pérdida de la fertilidad natural, sin descontar modificaciones extremas en lo que respecta a la conductividad eléctrica y pH de un suelo (grado

de acidez o alcalinidad), infestación sanitaria crónica (ejemplo nematodos), sin descontar alteraciones de orden físico como modificación negativa del perfil del suelo.

La **bioremediación** puede definirse como un proceso biológico de aceleración de la tasa de degradación en condiciones naturales de un contaminante en especial por adición de un grupo de organismos (consorcio), la bioaumentación o la bioestimulación. El uso de organismos involucra a bacterias, hongos, algas o vegetales para la degradación, transformación o bioacumulación de contaminante. Por otra parte la actividad biológica genera un defecto de la estructura molecular del contaminante y el nivel del efecto determinaría si se estamos frente a un proceso de biotransformación o mineralización (Canasa, 2010).

Dentro de los principales tipos de biorremediación, podemos mencionar a la **fitorremediación**, la cual hace uso de especies vegetales, también se lo conoce como fitorremediación; esta alternativa incluye árboles, arbustos y herbáceas, para remover, degradar, transformar o capturar contaminantes del suelo o del agua. Se trata de una alternativa de baja inversión comparado con los métodos tradicionales, además de ser amigable para con el ambiente o compatible con los criterios de sustentabilidad. Algunos procesos de la fitorremediación son más rápidos con plantas que con consorcios, pero mejor aún con la combinación planta microorganismo. Este método es apropiado para tratar superficies grandes o para finalizar el proceso de áreas restringidas en plazos largos y además por ser una metodología con aceptación pública y gubernamental (Beltrán & García de Salamone, 2018).

Así mismo, tenemos a la **bioacumulación**, la cual se lo define como la cantidad total de un contaminante (ej. EPTs) que es absorbida y retenida por los organismos. Es el resultado de la asimilación de estas sustancias de diferentes fuentes, ya sea agua, aire o sólidos (ej. respiración, alimentación); y los procesos de pérdida (ej. difusión pasiva, metabolismo, crecimiento, transferencia a la descendencia). Para describir este proceso se utiliza el factor de Bioacumulación, el cual consiste en la proporción del contaminante en el

organismo con respecto a la concentración del mismo en sus fuentes potenciales, como su alimento o el medio al que están expuestos. Este factor ha revelado que algunos organismos marinos tienen la capacidad de bioacumular más de 100 veces la concentración de algunos metales de su ambiente (Roldán, 2017).

**La bioestimulación**, es una técnica de remediación, consiste en dos etapas, en la primera se debe identificar los organismos sobrevivientes al impacto y en la segunda se debe determinar los componentes que estos requerirían para estimularlos; y es ahí donde, se adicionarán nutrientes como biomoléculas (carbohidratos, lípidos y/o proteínas), bioelementos, sales u otros componentes al suelo para estimular el crecimiento biológico y así aumentar la población de organismos transformadores, degradadores o simplemente bioacumuladores (López et al., 2016).

**La biodegradación**, es una técnica que consiste en la aplicación de micro o macroorganismos, que gracias a sus propiedades metabólicas; los elementos, moléculas o sustancias considerados como contaminantes pueden transformarse en otros más simples o menos tóxicos; contribuyendo así en el reaprovechamiento y optimización de los nutrientes útiles para su crecimiento de estos organismos. (Sánchez Herrera, Rustrián Portilla, Sánchez Sánchez, Pascal Houbroun, & Luna Rodríguez, 2016)

**La bioaumentación**, es una técnica que se fundamenta en la utilización de organismos aislados, identificados y comprobados experimentalmente que faciliten la transformación, degradación o bioacumulación del contaminante; a partir de un muestreo y un proceso de laboratorio en el que se determine la dosis y producción de los mismos para su aplicación en campo. Esta tecnología se utiliza para solucionar problemas de contaminación cuando la biota autóctona es insuficiente o incapaz de llevar a cabo el proceso de remediación (Windevoixhel, Sánchez, & Bastardo, 2011).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), lo define a los **agroquímicos** como la mezcla de agentes

químicos orientados a controlar organismos plaga o destinados a suplementar los suelos, que comúnmente se los denomina fertilizantes sintéticos, hormonas y otros agentes que facilitan el desarrollo. También pueden ser considerados los compuestos de detritus de procedencia animal o la mezcla de minerales que aporten materia orgánica o bioelementos. Tanto plaguicidas como fertilizantes, son productos de uso difundido, aunque la gran mayoría de casos, estos son aplicados de forma no controlada y que podrían alterar el equilibrio ambiental o causar daño por efecto colateral en la población consumidora (Goycochea Tocto & Carranza Lozano, 2016).

Dentro de los agroquímicos encontramos a los **plaguicidas**, que, según Bedmar, (2011), este grupo de agroquímicos puede ser denominado pesticidas o simplemente biocidas; considerando que son sustancias destinadas a combatir plagas o pestes de origen bacteriano, fúngico, vegetal, animal entre otros. Los cuales posiblemente se crearon a partir de las necesidades de controlar grupos nocivos para garantizar la salud humana, animal, de plantaciones o almacenes. Pueden ser de origen químicas o biológico y ofertarse en diversas presentaciones; cuya función es matar, inhibir o alteran el proceso fisiológico, morfológico e incluso genético del organismo plagas.

También están los **fertilizantes**, que, según los descrito por Guerrero (2015), los fertilizantes son compuestos orgánicos o inorgánicos, de origen mineral o procesados, destinados a suministrar componentes nutricionales como los bioelementos primarios y/o secundarios. Uno de los requisitos a cumplir es que estos, deben presentar una solubilidad considerable y que bioquímicamente puedan disponerse para las plantas.

Los fertilizantes con concentraciones de P y K provienen de origen mineral, mientras que el N sería sintetizado a partir de compuestos atmosféricos donde incluye al H para formar amoníaco y CO<sub>2</sub> para formar urea. En el mercado actual se exige alimentos que cumplan con criterios de calidad, tales como los organolépticos y otros que para obtenerlos en cantidad y calidad adecuada se requiere de los bioelementos anteriormente mencionados (18 elementos

esenciales) lográndose fácilmente con la fertilización minerales que con componentes orgánicos (Vélez Pérez, 2014). A continuación, se describen algunos bioelementos de importancia agrícola.

**El Nitrógeno (N)**, Según Guerrero (2015), considera al nitrógeno como uno de los bioelementos responsable del pigmento clorofiliano del que depende los procesos bioquímicos fotosintetizadores, en la formación de proteínas indispensables estructurales y enzimáticas, además de constituir la estructura nuclear. Por lo que su déficit altera el crecimiento, el tamaño, la cantidad y la calidad de los frutos, e incluso de él depende gran parte de la salud vegetal.

**El Fósforo (P)**, según Guerrero (2015), indica que el fósforo es un bioelemento de origen mineral, que participa activamente en procesos fotosintéticos, los mecanismos de transformación de energía y la formación de compuesto de hidrato de carbono. En la actualidad la industrialización del fósforo como bioelemento primario para las plantas es diverso, ya que la materia prima para su formulación presenta un contenido nutricional variado (Torres & Capote, 2004). En Latinoamérica “las rocas fosfóricas que han mostrado mejor respuesta agronómica son las procedentes de Feobayovar - Perú, Huila, Pezca y Sardinata - Colombia, además de las procedentes de Brasil con los materiales menos reactivos y más amigables para el ambiente” (CYTED, 2015).

**El Potasio (K)**, según Guerrero (2015) expone que, este bioelemento constituye aproximadamente el 2,2 % del porcentaje en peso de la corteza terrestre, y en la actualidad se lo ubica en el octavo puesto según la abundancia. Aunque muchos compuestos minerales son insolubles, por lo que en la actualidad se opta por obtener el bioelemento de los depósitos de antiquísimos lechos acuáticos (mar y lagos) permiten obtener materiales que se pueden utilizar en la agricultura y que sean asimilables.

Entre otros nutrientes, encontramos a **la caliza**, esta es considerada como “el mineral más representativo, siguiendo en orden de abundancia, donde las calizas dolomíticas presentarían contenidos de hasta del 19%” (CYTED, 2015).

**Los inoculantes**, según Canasa (2010), los inoculantes microbianos son

productos tecnológicos basados en la formulación de microorganismos, los cuales se desempeñarían como promotores del crecimiento vegetal. Donde su aislamiento, identificación y formulación no suele ser sencilla y dependen por lo general del tipo de suelo, las condiciones ambientales y el vegetal de interés.

Los inoculantes podrían asociarse o no a otros organismos que se desarrollan junto al sistema radicular facilitando la transformación del compuesto insoluble para hacerlos asimilables que brindarían mayor disponibilidad de nutrientes y que hoy en día es una alternativa sostenibilidad agrícola (Guerrero, 2015).

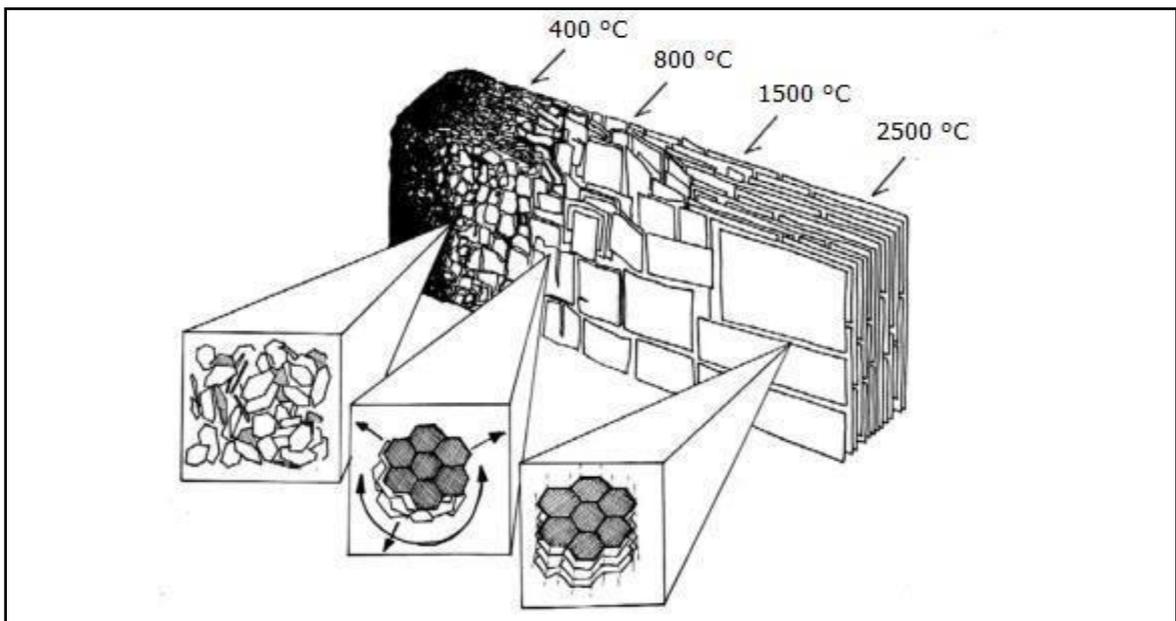
El **carbón activado**, se refiere a un componente microcristalino no grafitico, preparado por carbonización de materiales orgánicos, esencialmente de origen vegetal, el cual ha sido sometido a un proceso de activación como gases oxidantes, o bien a un tratamiento con adición de productos químicos, con la finalidad de aumentar su porosidad y desarrollar su superficie interna, lo que confiere una alta capacidad adsorbente (Yuso, 2012).

Por lo general, en carbón activado está constituido por microcristales de estructura bidimensional y plano hexagonal (ver figura 1), pero carente de orden cristalográfico en dirección perpendicular a las láminas, por lo que presentan un elevado porcentaje de su estructura fuertemente desordenada (carbón no grafitico). Este tipo de carbón es imposible de transformarse en grafito por tratamiento térmico mayor de 3000 °K y menor o igual a una presión atmosférica. El tamaño de los poros que presentan es variable y por lo general se clasifican según se detalla en la tabla 1.

**Tabla 1:** Clasificación de tamaño de poro del carbón activado.

<b>Tipo de poro</b>	<b>Dimensión</b>
<b>Macroporos</b>	<b>&gt; a 50 nm</b>
<b>Mesoporos</b>	<b>2 - 50 nm</b>
<b>Microporos</b>	<b>&lt; a 2 nm.</b>

*Fuente: Adaptado de Lehmann & Joseph, 2015.*



**Figura 1:** Estructura de un carbón según la temperatura de tratamiento (HTT).  
Fuente: Adaptado de Lehmann & Joseph, 2015.

Sus propiedades químicas, la superficie estructural del carbón presenta diferentes grupos funcionales, cuya característica podría afectar su naturaleza química; en consecuencia, producir cambios importantes en su capacidad adsorbente (Nagakawa, Molina, & Rodríguez, 2015). Estos grupos funcionales, por lo general son grupos oxigenados y nitrogenados, que se localizan en los bordes de los planos grafiticos; los cuales se forman en la activación, por interacción de los radicales libres con átomos de O y N procedente del precursor o del ambiente atmosférico. Son menos frecuentes los halógenos, P, S, K y Ca.

La deslocalización electrónica en los átomos de carbono promovería un entorno básico y la presencia de los grupos funcionales brindan la reactividad química de la superficie del carbón. Esta afecta a las propiedades adsorbentes del carbón y puede comportarse como hidrófobo, lo permitiría adsorber compuestos reactivos de gases en presencia de humedad o solución acuosa, de preferencia moléculas apolares (Yuso, 2012).

En la activación incluso podría introducirse grupos funcionales en la superficie convirtiéndolo en hidrófilo, como por ejemplo la presencia de grupos  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}^-$  y

- COOH; lo que le conferiría al carbón activado un carácter anfótero (Nagakawa et al., 2015). Además, los grupos  $\text{COOH}$ ,  $\text{OH}^-$  y lactona se comportan como ácidos cuando el pH del medio es básico. Así, el carácter básico o ácido del CA dependerá de la cantidad y tipo de grupos superficiales. La forma y el comportamiento que adopten estos grupos, que pueden interactuar entre ellos, estará afectado además por el pH de la solución en el proceso de adsorción (Dąbrowski, Podkościelny, Hubicki, & Barczak, 2005).

**Los microorganismos eficaces (EM)**, son un consorcio de organismos microscópicos, su aplicación es diversa, por ejemplo, en la agricultura actúa como promotor del crecimiento y supresor de enfermedades, en la ganadería mejora la digestibilidad y asimilación de nutrientes, reduciendo los trastornos digestivos comunes en los rumiantes (meteorismo), en la avicultura aminorando moscas y malos olores y en el medio ambiente contribuye a la recuperación de aguas contaminadas, y como acelerador de la descomposición en botaderos o rellenos sanitarios (EEAITAJ, 2013).

Los EM están constituidos por un grupo de tres (03) microorganismos, conformados por lactobacillus, levaduras y bacterias fotosintetizadoras; estos organismos incitan el crecimiento de las raíces y el desarrollo de las plantas, aumentan la capacidad fotosintética, ayuda a desarrollar resistencia contra las plagas y enfermedades, incrementa la eficacia de la materia orgánica como fertilizante, solubiliza nutrientes en el suelo, mejora las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo y minimizan el tiempo de la desintegración del rastrojo. Se aplica directamente o junto a la incorporación de suplementos como el compost. (Navarro, 2019).

El EM al descomponer la materia orgánica del suelo compite con organismos patógenos que serían controlados por la producción de ácidos orgánicos como el láctico, acético y algunos ácido metálicos. Además, incrementa el humus en el suelo y la concentración de aminoácidos, sustancias bioactivas y vitaminas; también tiene propiedades antioxidantes que mejoran el sistema inmunológico de plantas y los animales. Se puede aplicar al preparar el terreno, al germinar o

enraizar; incluso durante la siembra o el trasplante. Su aplicación establecería ciertos grupos de microorganismos en el área de la rizósfera favoreciendo así la solubilización de nutrientes (EEAITAJ, 2013).

**Los metales pesados**, se les denomina así, debido a que presentan una densidad superior a los 5 g/cm<sup>3</sup>, un número atómico mayor a 20, se excluyen los metales alcalinos y alcalinotérreos. Su presencia en la corteza terrestre es menor al 0.1% y por lo general inferior al 0.01% (metales huella o traza). Se disponen en diversos estados oxidativos y tienen reactividad, carga iónica y de solubilidad variable (Mendoza, Rivas, & Villalobos, 2017).

En el grupo de micronutrientes aparecen algunos metales pesados clasificados como esenciales entre ellos el cobre, hierro, manganeso, molibdeno y zinc; así mismo, existe otro grupo considerado como benéficos donde se encuentran el cobalto, níquel y el vanadio, que ayudan con el desarrollo de las plantas, pero su falta no es considerada como un factor limitante; y como no esenciales y tóxicos aparecen el cadmio, cromo, mercurio y plomo, siendo tóxicos para a las plantas (Reyes-navarrete et al., 2007).

Los metales pesados, seguirían cuatro posibles vías. Pueden quedar detenidos en el suelo, disueltos o fijados por adsorción, acomplejamiento y precipitación. Los que se absorben por las plantas se incorporarían a las cadenas tróficas, pueden pasar a la atmósfera por volatilización y moverse a las aguas superficiales o subterráneas (M. V. Hernández, 2011).

Según González, Carrillo, & Sánchez, (2017), indica que el suelo en condiciones naturales posee capacidad auto depuradora sobre todo en los horizontes superficiales. Esta capacidad se basa en tres principios: 1) la actividad biológica descompone de forma parcial o total los compuestos orgánicos; 2) la actividad química por hidrólisis, oxidación y reducción y precipitación y finalmente 3) la actividad física por filtración que retiene los contaminantes por un mecanismo adsorbente de intercambio catiónico y aniónico. Es importante, además, conocer que, los suelos no son capaces de depurar todo tipo de contaminantes y en cualquier concentración.

**Los metales pesados en suelo agrícola**, estos metales pueden alterar la naturaleza del suelo agrícola, generando toxicidad en los vegetales y alcanzando concentraciones considerables en los humanos. La disminución de la biomasa vegetal por contaminación metálica está relacionada con la interacción entre los metales y los nutrientes; lo que conllevaría a un déficit de bioelementos primarios que afectan el crecimiento y productividad. Además de la bioacumulación de metales pesados en ciertos tejidos que supone un mayor riesgo de contaminación en las cadenas tróficas.

Las tendencias del uso de variedades vegetales de alto rendimiento (organismos modificados), los sistemas de riego, la maquinaria agrícola y el uso indiscriminado de agroquímicos, conllevarían a una acumulación de agentes dañinos en el suelo. Se conoce además la relación entre agroquímico y metales pesados: fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, Zn), plaguicidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn), compost (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn), estiércol (Cu, As, Zn), fertilizantes fosforados (Cd) y el agua residual que aportarían metales pesados (Mahecha, Trujillo & Torres, 2015).

**Fitotoxicidad de los metales pesados**, según McGranath & McCormarck (1999), la fitotoxicidad ha sido asociado con el mecanismo fisiológico y morfológico potencialmente dañino en el tejido vegetal que afecta su óptimo crecimiento y producción; la fitotoxicidad en las plantas se establece según su comportamiento, los signos y síntomas que presentan a lo largo de su crecimiento, además de tomar en cuenta las características ambientales y de manejo del área donde estén cultivadas (ver tabla 2).

La concentración baja de elementos contaminantes (< 0.1%) en las plantas se les denomina "elementos traza" independientemente de su utilidad o presenten efectos tóxicos. Los nutrientes aplicados al suelo pueden sufrir varias reacciones, y cuando estos elementos trazan son abundantes, se convierten en tóxicos y generan la pérdida de la calidad y propiedades alimenticias de los productos agrícolas generando alteraciones funcionales (Acosta, 2007).

**Tabla 2:** Alteraciones funcionales por metales pesados que contaminan las plantas.

<b>Metal</b>	<b>Efecto en los vegetales</b>
Aluminio	<b>Inhibición y alteración de las funciones de la membrana celular, a nivel del citoplasma.</b>
Arsénico	<b>Reducción del crecimiento y alteración. Inhibición de Ca, K, P y Mn en la planta.</b>
Cadmio	<b>Inhibición de fotosíntesis y la transpiración. Inhibición de la síntesis de clorofila. Modificación de las concentraciones de Mn, Ca y K.</b>
Cobre	<b>Desbalance iónico, alteraciones de la permeabilidad de la membrana celular, reducción del crecimiento e inhibición de la fotosíntesis.</b>
Cromo	<b>Degradación de la estructura del cloroplasto, inhibición de la fotosíntesis, alteración de las concentraciones de Fe, Ca, K y Mg.</b>
Mercurio	<b>Alteración de la fotosíntesis, inhibición del crecimiento, alteración de la captación de K.</b>
Plomo	<b>Inhibición de la fotosíntesis, el crecimiento y de la acción enzimática.</b>
Zinc	<b>Alteración de la permeabilidad de la membrana celular, inhibición de la fotosíntesis, alteración en las concentraciones de Cu, Fe y Mg.</b>

*Fuente: Acosta, 2007.*

**El Cadmio (Cd)**, es relativamente raro en la naturaleza, se encuentra ligado al zinc (otavita y monteponita son fuertemente calcófilos). Tiene ocho isótopos estables y once radioisótopos inestables artificiales. No se encuentra en estado libre y el CdS es su única presentación mineral, posiblemente se encuentre en un  $1.5 \times 10^{-5}$  % en peso de la corteza terrestre (Londoño Franco, Londoño Muñoz, & Muñoz Garcia, 2016).

**Sus características fisicoquímicas, este es considerado un** metal de transición (grupo II b) que tiene número atómico 48, masa atómica 112.40 g/mol, su peso atómico es 112 y su símbolo es Cd; presenta dos estados de oxidación, +1 y +2, siendo este último el más común por su estabilidad. Tiene una densidad relativa de 8.65 a 20°C (68 °F), su punto de fusión es de 320.9 °C (610 °F) y su

punto de ebullición de 765 °C (1410 °F), es de color blanco plateado algo azulino, maleable, altamente tóxico (Correa, 2016).

En el ambiente, es liberado a la atmósfera en la descomposición de las rocas, incendios forestales y erupciones volcánicas; depositándose en el suelo y en el agua cerca a la fuente emisora. A partir del suelo y el agua alcanzaría a los organismos vivos y se transportaría a los eslabones tróficos; siendo las principales vías de asimilación en los animales y el hombre la producción de fertilizantes fosfatados, producción de zinc, la quema de combustible fósiles y de residuos urbanos (Correa, 2016).

En suelos dedicados a la actividad agrícola, las principales fuentes son la fertilización con P, la utilización de fangos y residuos de la industria. La roca fosfórica que contendría cantidades variables de que van desde 8 y 500 ppm. En Brasil los fertilizantes comerciales presentarían Cd en una concentración entre 0,6 y 3,5 ppm. De manera general, diversos estudios coinciden en que la aplicación reiterada de fertilizantes fosforados incrementa las cantidades de Cd en el suelo (Delince, Valdés, López, Guridi & Balbín, 2015).

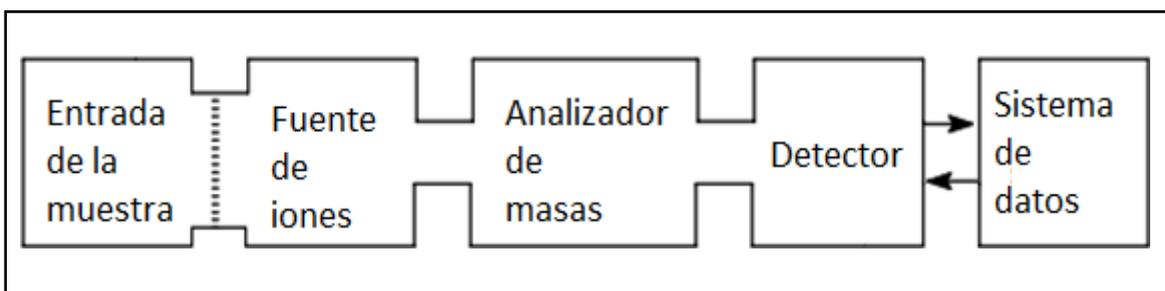
Su fisiología es dependiente del grado de reactividad en el suelo y los procesos fisicoquímicos y biológicos de los vegetales. en diversos suelos, se encontró que se mantiene en solución a través del tiempo, conservando su efecto tóxico; por lo que, su disponibilidad y movilidad dependería del pH, humedad, materia orgánica, tipo y cantidad de arcilla, además del tiempo de la aplicación de fertilizantes fosforados (Bonomelli, Bonilla & Valenzuela, 2003; Ferrelli, Luján Bustos & Piccolo, 2017)

En el ser humano se acumula en órganos blandos considerados blanco para este agente; entre ellos se puede mencionar a los riñones, el hígado y el cerebro mismo. Causarían hipertensión arterial y problemas renales. Es importante, además, indicar que la absorción pulmonar es mayor que la intestinal, por lo cual, el riesgo es mayor cuando el Cd es inhalado. Estudios recientes lo asocian incluso con la aparición de cáncer prostática (Mendoza et al., 2017)

Para la evolución del del cadmio, a continuación, se detalla las principales metodologías de evaluación para la determinación de cadmio en el suelo:

**Espectrometría de masas**, Según (Gross H., 2011), considera que el principio espectro métrico consiste en una fuente de iones, un analizador de masas y un detector de alto vacío. La evaporación y ionización sucesiva o desorción / ionización, respectivamente, pero no siempre es trivial identificar cada uno de estos pasos como claramente separados entre sí. Si la fecha de fabricación del instrumento es relativamente reciente, tendrá un sistema de datos que recopila y procesa los datos del detector. Desde la década de 1990, los espectrómetros de masas están totalmente equipados y controlados por sistemas de datos (Ver figura2).

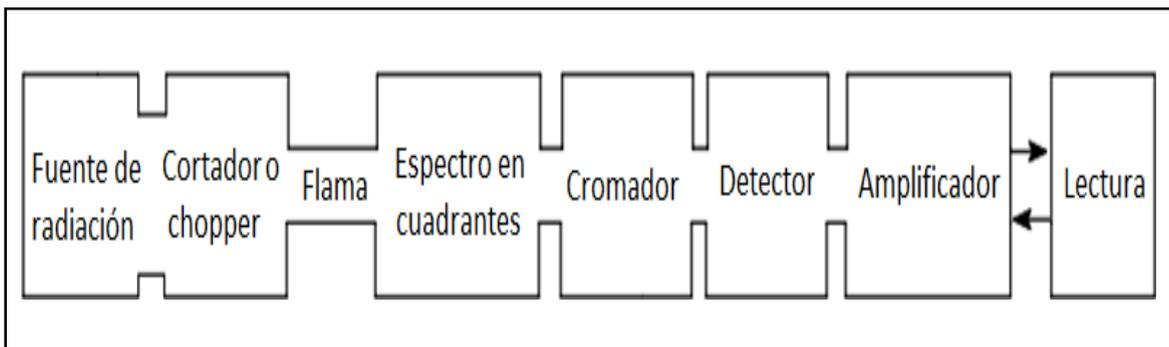
Respecto al analito, otros métodos espectroscópicos como la resonancia magnética nuclear (RMN), infrarrojo (IR) o espectroscopia Raman permiten la recuperación de la muestra, la espectrometría de masas es destructiva, es decir, consume el analito. A pesar de que, hay consumo de la muestra, todavía se considera prácticamente no destructivo, sin embargo, debido a que la cantidad del analito necesaria se encuentra en el rango bajo de microgramos o inferior. La espectrometría de masas se convierte en el método de elección cuando la mayoría de las otras técnicas analíticas fallan porque no pueden proporcionar información analítica a partir de cantidades de nanogramos de muestra.



**Figura 2:** Principio de la espectrometría de masas.

*Fuente:* Gross, 2011.

**Espectroscopia de absorción atómica (AAS)**, esta técnica está orientada a la determinación de la concentración de un elemento metálico en una muestra, en la actualidad se utiliza para evaluar la concentración de más de 61 metales diferentes. Los electrones en el atomizador pueden promoverse a orbitas de mayor nivel mediante la absorción de una cantidad de energía (transición de electrones). La energía emitida es conocida, y la cantidad que llega al detector puede ser medida; entonces es factible, a partir de la ley de Beer-Lambert, cuantificar las transiciones que tendrían lugar, y de esta manera determinar una señal que sería proporcional a la concentración del elemento que se mide” (Akhyar Farrukh, 2012).



**Figura 3:** Principio de la espectroscopia de absorción atómica.

*Fuente: Modificado a partir de Gross, 2011.*

**Espectrometría de emisión atómica**, es una técnica que hace uso de radiación electromagnética emitida por una muestra sólida, líquida o gaseosa que debe ser sometida con anterioridad a un proceso de excitación mediante energía eléctrica. Se puede utilizar para todos los elementos, siempre que se disponga de una fuente de excitación lo suficientemente energética, aunque en la práctica, se limita a unos 71 elementos, ya que las líneas de emisión de algunos corresponden a una región del ultravioleta de vacío, la cual no es fácilmente accesible con la instrumentación ordinaria (Boss & Fredeen, 2004).

### III. METODOLOGÍA

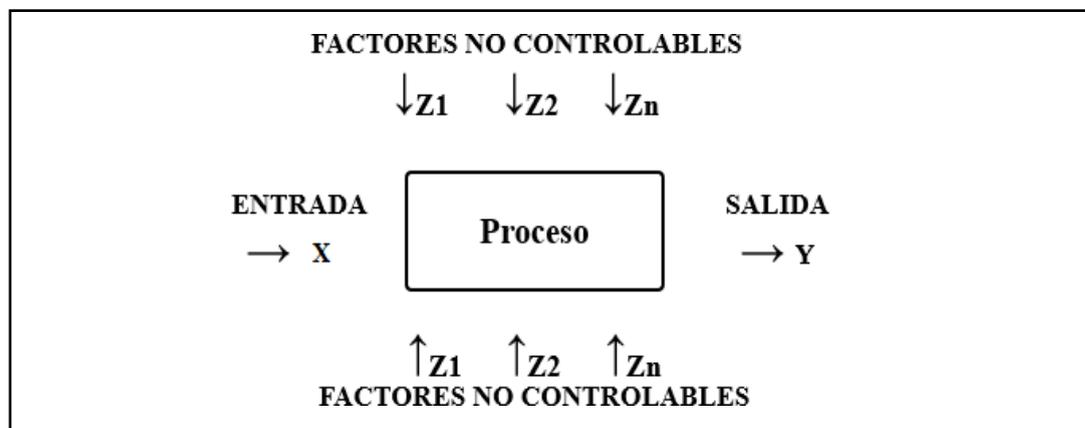
#### 3.1. Tipo y diseño de Investigación

##### 3.1.1. Tipo de investigación

Según (R. Hernández, Fernández, Baptista, Méndez, & Mendoza, 2015), se consideraría que, según su carácter, la presente investigación el tipo sería de corte **correlacional**, ya que este tipo busca determinar la relación que existe entre variables; según su naturaleza el tipo sería de corte **cuantitativa** ya que los aspectos a evaluar son susceptibles a cuantificación y según su alcance temporal el tipo es de corte **transversal**, ya que solo se evaluará una vez.

##### 3.1.2. Diseño de investigación

Según (Arias, 2006; Behar, 2008), la presente investigación correspondería a un diseño experimental explicativo. El investigador tiene el manejo de la variable (Formulado de la concentración de carbón activado y microorganismo eficaces), ya que puede manipularla de manera intencional, puede realizarse pruebas con bajas, media o altas concentraciones de dicha variable; en el ensayo se dispondrá de dos parcelas experimentales y un control, en las cuales se evaluará la concentración de cadmio (variable dependiente).



**Figura 4:** Esquema del diseño experimental.

**Nota:** X: Variable dependiente antes del efecto; Y: Variable dependiente, Y: después del efecto, Z1...Zn: Factores o variables extrañas.

*Fuente: Modificado a partir de Behar, 2008.*

#### 3.2. Variables y operacionalización

Las variables que se estudiarán en la presente investigación son:

### **3.2.1. Variable independiente**

- Microorganismos eficaces y carbón activado.

El carbón activado pertenece a una familia de adsorbentes carbonáceos altamente cristalinos y con una porosidad interna altamente desarrollada.

Los microorganismos efectivos son organismos predominantemente anaeróbicos que se mezclan en enmiendas comerciales agrícolas.

### **3.2.2. Variable dependiente**

- Concentración de cadmio

El Cadmio es fuertemente adsorbido por la materia orgánica del suelo. Cuando el Cadmio está presente en el suelo este puede ser extremadamente peligroso, y la toma a través de la comida puede incrementar. Los suelos que son ácidos aumentan la toma de Cadmio por las plantas.

### **3.2.3. Variables extrañas**

- Temperatura ambiental
- Humedad atmosférica

### 3.2.4. Operacionalización de variables

**Tabla 3:** Operacionalización de las variables.

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
<b>Dependiente:</b> Concentración de Cadmio.	La espectrometría de masas, la espectroscopía de absorción atómica o la espectrometría de emisión atómica determinan la concentración de cadmio en el suelo a partir de la distribución del analito en función de su masa. Se mide las razones masa/carga de iones, de una muestra tratada y se le en colorimetría, transmitancia o reflectancia según el principio.	Concentración de cadmio.	Alta y baja concentración.	Cuantitativa continua: ppm, mg/Kg.
		Tiempo de tratamiento.	Remediación biológica.	Cuantitativa: meses, días.
		Concentración de materia orgánica.	Alta y baja concentración.	Cuantitativa continua: ppm, mg/Kg.
		Tipo de suelo.	Según su granulometría.	Cualitativa: Arenoso, limoso o arcilloso.
<b>Independiente:</b> Concentración de carbón activado y microorganismos eficaces.	Los microporos del carbón activado permitirán absorber los compuestos de cadmio, así mismo, retener a los microorganismos eficientes para que estos mediante procesos metabólicos, degraden, transformen o acumulen dichos compuestos.	Concentración de carbón granulado.	Alta y baja concentración.	Cuantitativa continua: ppm, mg/Kg.
		Concentración de los microorganismos eficaces.	Alta y baja concentración.	Cuantitativa: UFC/100 mL.

*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

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

#### **3.3.1. Población**

El suelo agrícola del cultivo de arroz con concentraciones de cadmio en el sector “Cocopa” - Cacatachi.

#### **3.3.2. Muestra**

Muestra: Suelo agrícola en un área de 3 m<sup>2</sup>.

#### **3.3.3. Muestreo**

El muestreo se realizará a partir de la identificación de una zona impactada (áreas agrícolas dedicadas a la producción de arroz) y el procedimiento se realizará según el criterio de muestreo de identificación que se describe a continuación.

##### **a) Muestreo de identificación (MI)**

Según la Guía para el Muestreo de Suelos del MINAM (2014), el procedimiento de muestreo será según el método de muestreo de identificación, debido a que este tiene por objetivo investigar la existencia de contaminación del suelo; para lo cual se requiere obtener muestras representativas a fin de determinar si este presenta un elemento, una sustancia o compuesto que supere el valor referencial en los ECAs establecidos según el D. S. N° 002-2013-MINAM. El alcance del MI estará definido por los resultados y conclusiones de la investigación histórica y el levantamiento técnico (inspección) del sitio.

Los resultados obtenidos serán comparados con los valores establecidos en los ECA para suelo. Si los valores superasen los normados, se determina que el suelo está contaminado. En la hipótesis de distribución del contaminante según las bases teóricas de su cinética permitirían orientar el diseño del muestreo de identificación. Para llevar a cabo el muestreo, se debe considerar los siguientes aspectos:

- Determinar el área de potencial interés, considerando que, los contaminantes pueden ser elementos, compuestos o sustancias químicas de interés toxicológico o ecotoxicológico.

- El número de puntos de muestreo se determinará respetando el número mínimo de puntos de muestreo indicados en la Tabla N° 2, aportando información que valide los resultados obtenidos y enfocado en el área y los compuestos de potencial interés.
- La profundidad del muestreo dependerá del tipo de suelo y contaminante a estudiar, y debe ser debidamente justificado, siendo necesario el muestreo a lo largo de la perforación, incluyendo su documentación geológica.

#### b) Número mínimo de puntos de muestreo

Un punto de muestreo es la ubicación espacial geo-referenciada del lugar donde se va a coleccionar las muestras sean éstas superficiales o en profundidad.

- **Para el muestreo de identificación**

El número mínimo de puntos de muestreo se determina en función de cada área de potencial Interés dentro del predio de estudio, según lo establecido en la Tabla 4, que indica el número de puntos de muestreo.

**Tabla 4:** Número mínimo de puntos de muestreo para el Muestreo de Identificación.

Area De Potencial Interés (HA)	Puntos de muestreo en total
0,1	4
0,5	6
1	9
2	15
3	19
4	21
5	23
10	30
15	33
20	36
25	38
30	40
40	42
50	44
<b>Area De Potencial Interés (HA)</b>	<b>Puntos de muestreo en total</b>
<b>100</b>	<b>50</b>

*Fuente:* MINAM, 2014.

**Nota:** para áreas superiores a las 100 hectáreas se deberá determinar el número mínimo de puntos de muestreo con la siguiente ecuación:

$$N = 0.1X + 40$$

Dónde:

N= Número mínimo de puntos de muestreo.  
X = Superficie en hectáreas.

El número total puntos de muestreo estará distribuido entre puntos de muestreo superficiales y de profundidad. Dicha distribución estará en función de las características del sitio, de la distribución supuesta de los contaminantes y de las rutas de exposición en estudio.

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

#### **3.4.1. Técnicas**

La técnica de la investigación para la recolección de datos es observacional:

- Etiquetado.
- Revisión Bibliográfica.
- Uso del software ArcGIS para georreferenciar los puntos del área de estudio.
- Observación directa de la zona de estudio.
- Utilización de envases para la recolección de la muestra.
- Utilización del GPS para la ubicación de los puntos de muestreo.

#### **3.4.2. Instrumentos**

- Multiparamétrico.
- GPS.
- Lista de chequeo.
- Cadenas de custodia.
- Formatos virtuales para procesar los resultados de laboratorio.

### **3.4.3. Criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos**

Los criterios de validez que se utilizaran como parte de la confiabilidad, es el uso de instrumentos como la cadena de custodia, mapas temáticos y etiquetas de seguridad; duplicado del 10% de las muestras; equipos calibrados y debidamente verificados antes del monitoreo (con una anticipación de 24 horas): además del análisis de las soluciones en un laboratorio que cuente con los parámetros de interés acreditados. Debe indicarse que, la cadena de custodia es un instrumento elaborado y revisado por el laboratorio responsable de los análisis de los parámetros en estudio (EQUAS S.A.), laboratorio acreditado por el organismo competente (Instituto de la Calidad Ambiental).

### **3.5. Procedimientos**

#### **▪ Social:**

La presente investigación involucra a diversos grupos poblacionales, desde los pequeños productores arroceros, hasta las grandes industrias dedicadas a este rubro e incluso los consumidores que incluyen día a día en su dieta al arroz. Poblaciones que, tras la ejecución del presente estudio, su difusión y aplicación mediante la toma de decisiones adecuadas por parte de instituciones públicas y privadas se implementen programas para la remediación de los suelos impactadas en cumplimiento con la normativa nacional e internacional y se promueva una agricultura limpia y sostenible.

#### **▪ Espacial:**

El presente proyecto se desarrollará en una parcela agrícola dedicadas al cultivo de arroz, la misma que se encuentra ubicada en el sector “Cocopa”, perteneciente al distrito de Cacatachi, provincia y región San Martín (**Ver figura 4**). La ubicación política y geográfica de la parcela en cuestión es como sigue:

**Ubicación política:**

País/Región/Provincia/Distrito:

Perú/San Martín/San Martín/Cacatachi.

**Ubicación geográfica:**

Coordenadas WGS 84 UTM Zona 18 S:

Este: 343684

Norte: 9284171

Altitud (m.s.n.m.): 263.

Extensión (Km<sup>2</sup>): 3 000 m<sup>2</sup>.

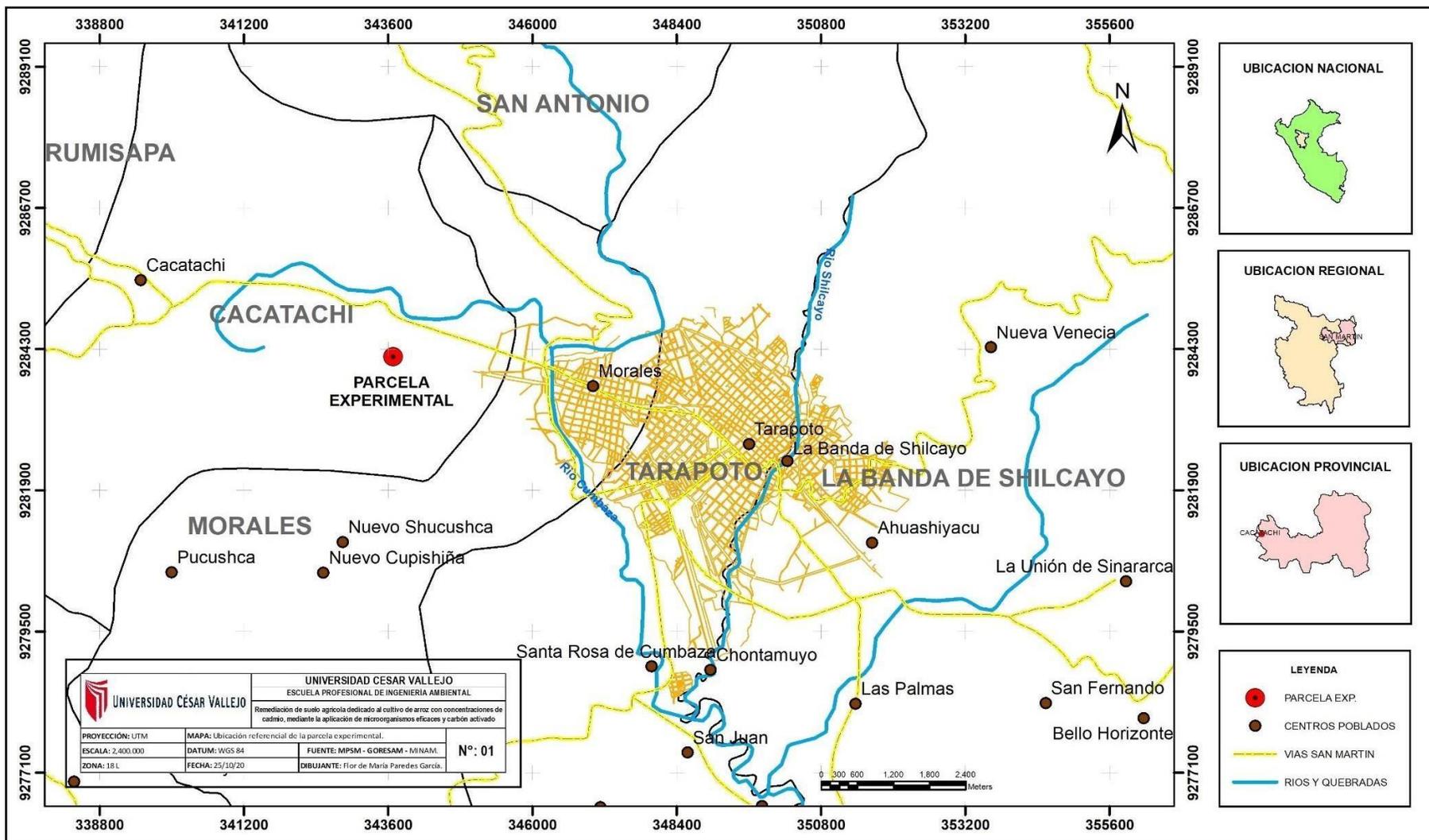
**Límites:**

Por el norte: Parcela de propiedad de la Sra. Evilu Rosario

Bartra.Por el sur: Parcela de propiedad del Sr. Ángel Jiménez Acha.

Por el este: Parcela de propiedad del Sr. Segundo Medina

Aguilar.Por el oeste: Parcela de propiedad del Sr. Ángel Jiménez Acha.



**Figura 5:** Mapa referencial de la ubicación de la parcela experimental.

*Fuente: Elaboración propia, 2020.*

- **Temporal:**

El tiempo estimado para desarrollar el presente trabajo será de once (11) meses, que comprende los meses de diciembre del 2018 a noviembre del 2019. En el cronograma de actividades se detalla el tiempo de duración del proyecto dividido en etapas.

La presente investigación se desarrollará en cuatro (04) etapas, las mismas que se describen a continuación:

**Etapas 1:**

**Recopilación de la información bibliográfica**

- La información bibliográfica se recopilará a partir de libros, revistas, artículos, tesis, enciclopedias y otros documentos confiables.
- La información recopilada será seleccionada y sistematizada, para ser utilizada en la elaboración del presente trabajo de investigación.

**Coordinación con instituciones involucradas**

- Se coordinará con el dueño de la parcela, a fin de facilitar el trabajo de campo.
- Se coordinará con el representante del laboratorio EQUAS S.A.C. de la ciudad de Lima (laboratorio acreditado) en el cual se analizarán las muestras.

**Elaboración de los instrumentos**

- Elaboración de formatos de campo, según modelo establecido por el Protocolo de Monitoreo (ver Anexo 2).
- Elaboración de la ficha de cadena de custodia, según modelo establecido por el Protocolo de Monitoreo (ver Anexo 3).
- Elaboración del plan de trabajo; donde se establecerá el ámbito de evaluación del lugar, las actividades a realizar, el cronograma de trabajos en campo y la logística a utilizar (recursos humanos y económicos).

### Redacción del proyecto de tesis

- Redacción del perfil de proyecto siguiendo la estructura autorizada en base al estilo American Psychological Association - APA

### Etapa 2: Etapa de campo

#### Selección del terreno para tomar las muestras del suelo

- Siguiendo el procedimiento establecido por el Ministerio del Ambiente (Ministerio del Ambiente, 2014).
- Para esto se realizó una visita de campo al sector “Cocopa”, donde se ubicará la parcela experimental, que tiene como propietarios al señor Ángel García González identificado con DNI Numero 01065478.
- Posteriormente se realizará la georreferenciación del mismo, así como la identificación de los puntos de muestreo (Muestreo de identificación -MI).

#### Toma de muestras para análisis inicial

- Se llevará a cabo la toma de muestra inicial para determinar la concentración real de cadmio, esta etapa se desarrollará siguiendo los criterios generales establecidos en la Guía para el Muestreo de Suelos del (Ministerio del Ambiente, 2014).
- Se muestreará en cuatro puntos, teniendo en cuenta que el área de estudio es menor de 0.1 hectárea.

**Tabla 5:** Red de puntos de monitoreo.

N°	Punto de muestreo	Coordenadas	
		Este	Norte
1	MS-5.1	343688	9284179
2	MS-5.2	343681	9284169
3	MS-5.3	343682	9284167
4	MS-5.4	343684	9284168

*Fuente: Elaboración propia, 2019.*

#### Definición de los parámetros de evaluación

- Según los criterios que se tenga en cuenta respecto a los parámetros que influyan en la dinámica y la concentración de cadmio se elegirán los parámetros a evaluar (pH, temperatura, conductividad eléctrica,

humedad y materia orgánica). Para la presente investigación se está considerando los parámetros descritos en la Tabla 6:

**Tabla 6:** Parámetros de evaluación.

<b>Tipo de parámetro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Unidad de medida</b>
<b>Campo</b>	<b>Temperatura</b>	<b>°C</b>
<b>Fisicoquímico</b>	<b>Conductividad eléctrica</b>	<b>µS/cm</b>
	<b>Potencial de hidrógeno</b>	<b>Unidad de pH</b>
	<b>Cadmio</b>	<b>Mg</b>
	<b>Humedad</b>	<b>%</b>

*Fuente: Elaboración propia, 2018.*

### **Medición de los parámetros en campo**

- Los parámetros que se medirán en campo son: temperatura, conductividad eléctrica (CE) y pH, para la cual se utilizará equipos multiparamétricos debidamente calibrados.

### **Rotulado, etiquetado y llenado de la cadena de custodia**

- El recipiente será rotulado con etiquetas autoadhesiva, la misma que se cubrirá con cinta transparente a fin de protegerla de la humedad.
- La etiqueta será rotulada indicando el nombre del solicitante, código del punto del muestreo, tipo de suelo (uso), fecha y hora de muestreo, nombre del responsable de la toma de muestras, tipo de análisis requerido, preservante y tipo de reactivo (si lo requiere).
- La cadena de custodia será llenada según los criterios que maneja el laboratorio responsable del análisis.
- Las muestras se almacenarán en el cooler otorgado por el laboratorio, para luego ser remitido junto a la cadena de custodia.

### **Análisis de las muestras**

- Las muestras se analizarán en el laboratorio EQUAS S.A.C. (laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) mediante la Norma Técnica Peruana “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración” NTP ISO/IEC 17025:2006).

### **Instalación de las parcelas**

- En la parcela experimental, se circulará con cinta de seguridad un área con una dimensión de 3 m de ancho x 3 m de longitud; la misma que será subdividida en 03 secciones de 1 m de ancho x 3 de longitud cadauna (02 secciones experimentales y 01 control).
- En la parcela, se instalará un letrero donde se indique la finalidad del proyecto y se prohíba el acceso de cualquier individuo que interfiera en el proceso de evaluación.

### **Activación del EM**

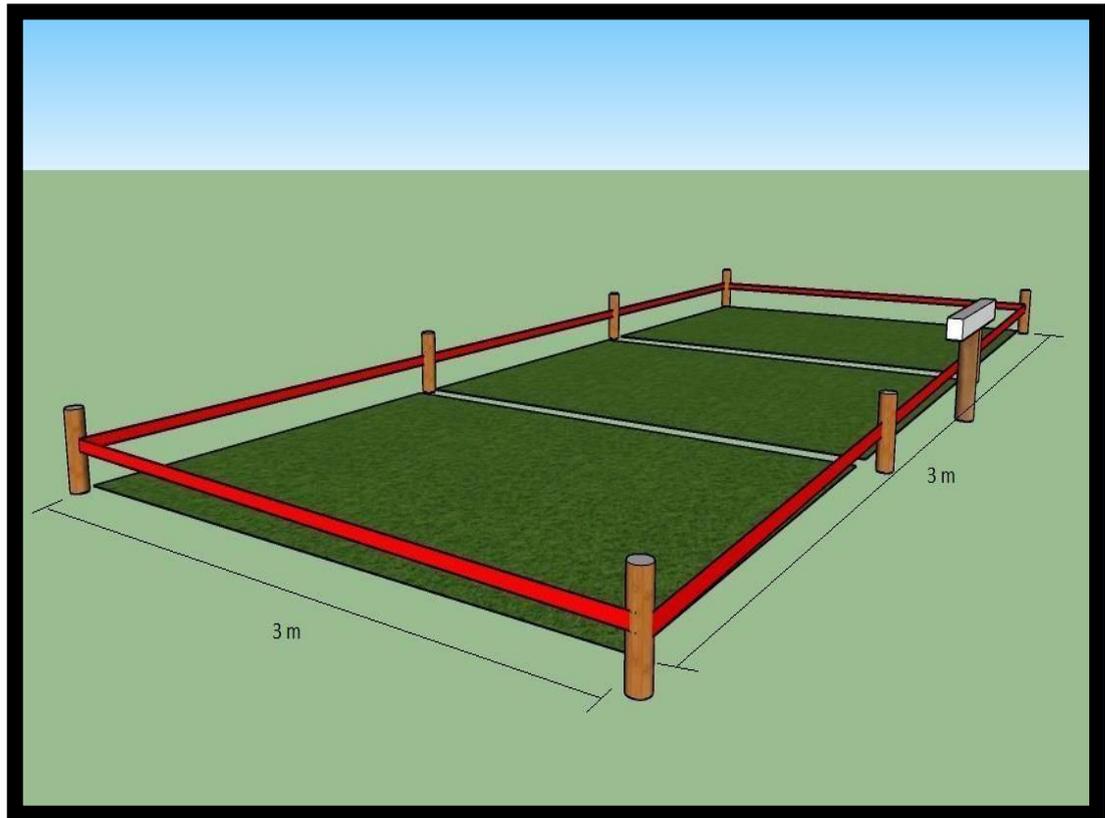
- En una proporción de 18 L de agua destilada, 1 L de EM, 0,5 L de melazay 400 g de harina de soja; mezclar y dejar reposar por 7 días.

### **Formula del EM**

- Según Hipólito-Romero et al., (2017), la concentración de microorganismos presentes en el inóculo de los consorcios para los tratamientos de biorremediación debe encontrarse entre  $10^6$  y  $10^8$  UFC/1ml.
- Según Lara Mantilla & Negrete Peñata (2015) también recomiendan que una concentración de  $10^8$  UFC/1ml del inóculo serán capaces de competir con los microorganismos del medio a tratar, una concentración menor podría ocasionar un desastre en el tratamiento, los microorganismos presentes en la muestra podrían competir y exterminarlos debido a su interacción por competencia.

### **Diseño de la parcela**

- La parcela presentará una dimensión total de 3 x 3 m, la cual estará dividida en subparcelas de 1 m de frontera por 3 m de fondo (Ver figura5).



**Figura 6:** Diseño de la parcela, en la que se desarrollara el proyecto.  
*Fuente: Elaboración propia, 2019.*

#### **Acondicionamiento del área**

- Se circulará con cinta de seguridad al área de estudio y se instalarán letreros indicando la prohibición del acceso, además del nombre del proyecto.

#### **Aplicación del carbón activado y el EM**

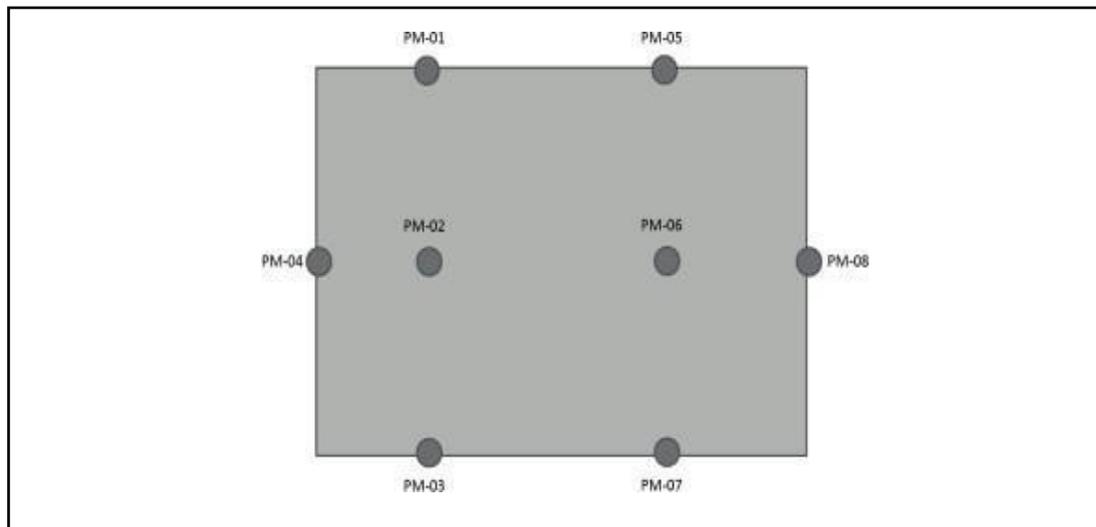
- Aplicación del carbón activado: Las recomendaciones para la aplicación de carbón activado debería variar entre 500 g – 5000 g por metro cuadrado (Henreaux, 2012), la aplicación de carbón activado será. Parcela 1: 500 g  
Parcela 2: 1000 g.
- Aplicación de EM: El EM se aplicará según las dosis que se indican a continuación, mediante la técnica por aspersión.  
Parcela 1: 250 mL cada 5 días.  
Parcela 2: 500 mL cada 5 días.

### Evaluación de campo

- La evaluación se realizará en un periodo de cuatro (04) meses post la aplicación del carbón activado y el EM.
- Tras transcurrir el tiempo mencionado se procederá a la toma de muestra del suelo para remitirse al laboratorio y la evaluación los parámetros decampo.

### Toma de muestras para análisis final

- Se llevará a cabo la toma de muestra final para determinar la concentración de cadmio, post la aplicación del carbón activado y el EM criterios generales establecidos en la Guía para el Muestreo de Suelos del (Ministerio del Ambiente, 2014).
- Se muestreará cada una de las subparcelas por separado, siguiendo elmétodo de Muestreo de Comprobación de Remediación (Ver figura 6).



**Figura 7:** Localización de puntos de muestreo en las sub-parcelas.

*Fuente: MINAM, 2014.*

- De cada una de las subparcelas (Experimental 1, Experimental 2 y Control), se seleccionarán ocho (08) puntos de muestreo, con un volumen de 1 Kg por cada punto (total 8 Kg/Subparcela); el volumen total de cada subparcela será mezclado homogéneamente y se procederá a realizar un cuarteo hasta obtener un volumen aproximado de 1 Kg representativo a cada subparcela.

### **Medición de los parámetros en campo**

- A la muestra representativa (1 Kg) para cada subparcela se procederá a determinar los parámetros de campo: temperatura, conductividad eléctrica (CE) y pH, para la cual se utilizará equipos multiparamétricos debidamente calibrado.

### **Rotulado, etiquetado y llenado de la cadena de custodia**

- Los recipientes que contengan a cada una de las muestras representativas serán rotulados con etiquetas autoadhesiva, la misma que ser cubierta con cinta transparente a fin de protegerla de la humedad.
- La etiqueta será rotulada indicando el nombre del solicitante, código del punto del muestreo, tipo de suelo (uso), fecha y hora de muestreo, nombre del responsable de la toma de muestras, tipo de análisis requerido, preservante y tipo de reactivo (si lo requiere).
- La cadena de custodia será llenada según los criterios que maneja el laboratorio responsable del análisis.
- Las muestras se almacenarán en el cooler otorgado por el laboratorio, para luego ser remitido junto a la cadena de custodia.

### **Etapas 3: Etapa de laboratorio:**

- Las muestras representativas para cada subparcela serán remitidas al laboratorio EQUAS S.A.C. de la ciudad de Lima vía aérea para su análisis respectivo.
- En el área de recepción del laboratorio, se verificará el cumplimiento de los requisitos mínimos de confiabilidad de muestra.
- Los resultados de los análisis serán remitidos en un tiempo máximo de 15 días, según el acuerdo previo con el personal del área de gestión.

### **Etapas 4: Etapa de gabinete final**

Esta etapa se realizará en gabinete, donde se desarrollará las siguientes actividades:

### **Procesamiento de datos**

- Los resultados del laboratorio y de los parámetros de campo antes y después de la aplicación serán transcritos a formatos virtuales para posteriormente ser sistematizados e interpretados según la normativa nacional e internacional para suelos agrícolas ECA para suelos (Ver anexo 2).

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los datos son procesados y analizados a través de cuadros, tablas y gráficos mediante el programa Microsoft Excel y el programa estadístico SPSS.

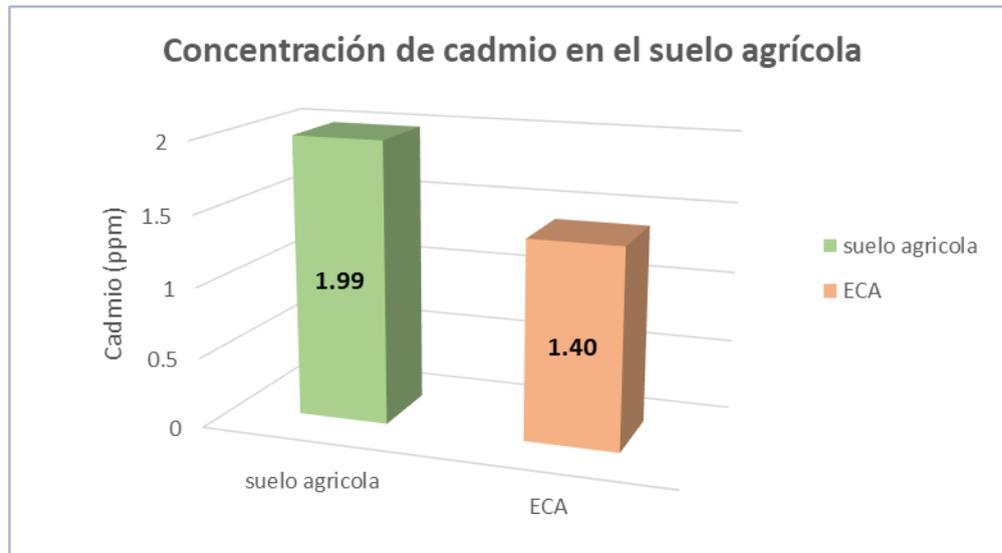
### **3.7. Aspectos Éticos**

La siguiente investigación posee aportes de fuentes confiables, respectivamente citadas respetando a los autores, las referencias bibliográficas siguiendo el manual ISO 690 de la Universidad César Vallejo y el Anexo oficio N°115 Guía de Productos de Investigación de fin de programa 4.0, el análisis de resultado será respaldados por los criterios de rigor científico establecidos , así mismo ,esta investigación podrá ser utilizada por cualquier persona que requiera información con respecto al tema de estudio.

## IV. RESULTADOS

Los resultados de la presente investigación se presentan en tablas y figuras con la finalidad de un mejor entendimiento de los lectores.

### 4.1. Concentración de cadmio en el suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz



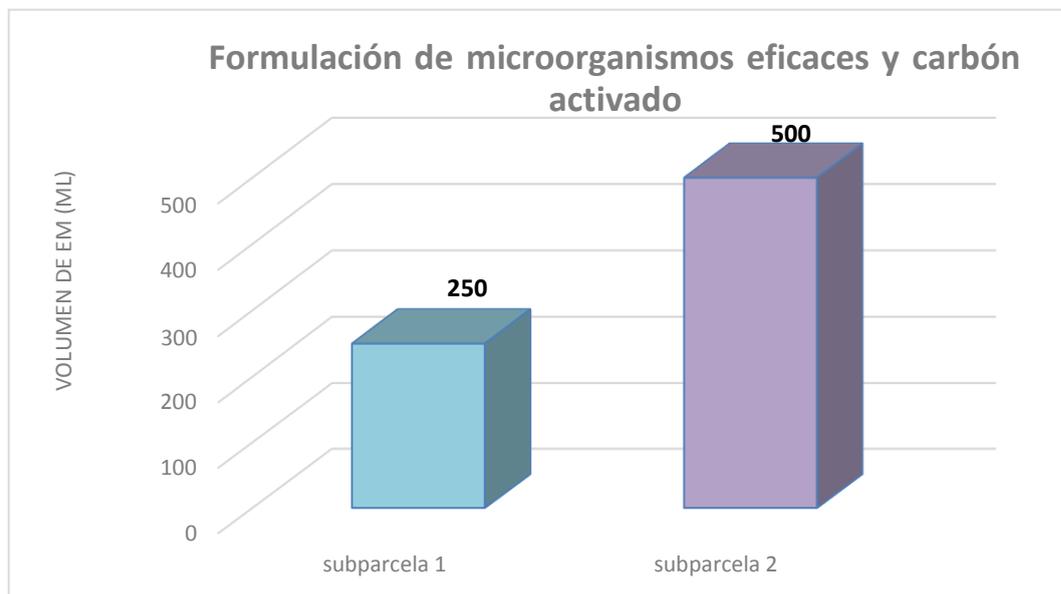
**Figura 8:** Valores comparativos de cadmio (ppm) en suelo agrícola y los ECA.

*Fuente: Elaboración propia, 2019.*

**Nota:** ECA\*: Estándares de Calidad Ambiental para Suelo.

La concentración de cadmio en el suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) procedente del sector “Cocopa” en el distrito de Cacatachi, provincia y región San Martín se presenta en la figura 7; el mismo que es comparado con el valor referencial para la concentración de cadmio en suelo agrícola establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Suelo (Ministerio del Ambiente, 2017). La muestra de suelo obtenida según el procedimiento establecido en la Guía para el muestreo de suelos (Ministerio del Ambiente, 2014) y analizado en un laboratorio acreditado (EQUAS S.A.C.) por el organismo competente (INACAL).

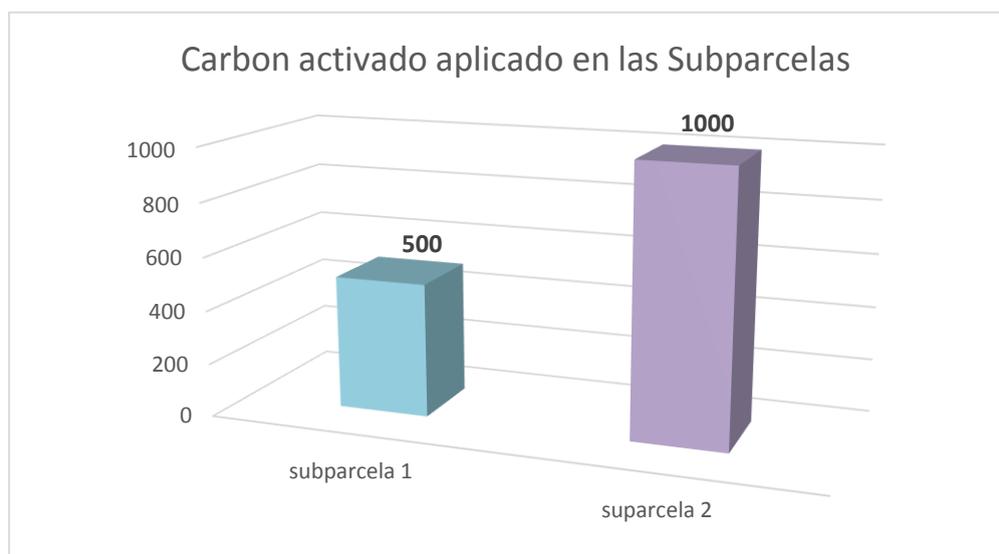
## 4.2. Formulación de microorganismos eficaces y carbón activado



**Figura 9:** Microorganismos eficaces (mL) aplicado a subparcelas experimentales.

*Fuente: Elaboración propia, 2019.*

En la figura 9, se muestran las concentraciones de microorganismos eficaces (EM) expresados en mL post su activación, los cuales fueron utilizados para la aplicación el día que inicio el proceso de evaluación y se continuo de forma intermitente cada 5 días hasta concluir un periodo de cuatro meses. Las concentraciones ensayadas fueron formuladas según las recomendaciones realizadas en el (EEAITAJ, 2013)

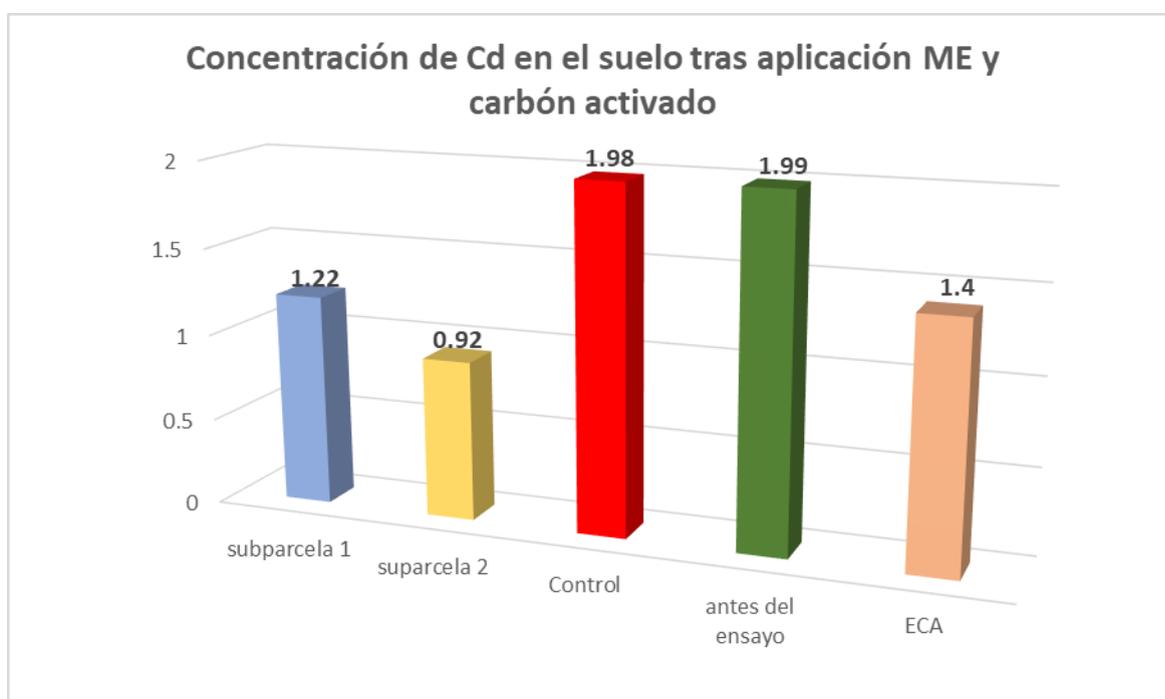


**Figura 10:** Carbón activado (g) aplicado en las subparcelas experimentales.

*Fuente: Elaboración propia, 2019.*

En la figura 9, se muestran las concentraciones de carbón activado expresados en g, los cuales fueron aplicados por única vez el día que indio el proceso de evaluación. Las concentraciones ensayadas fueron formuladas según las recomendaciones realizadas por (Henreaux, 2012)

#### 4.3. Concentración de Cd en el suelo tras aplicación ME y carbón activado



**Figura 11:** Concentración de Cadmio (ppm) en subparcelas experimentales antes y postratamiento

*Fuente: Elaboración propia, 2019.*

Nota: ECA\*: Estándares de Calidad de Ambiental para Suelo.

En la figura 10, se presentan los resultados de las concentraciones de cadmio presente en el suelo agrícola antes de la inoculación de dos fórmulas que incluye los microorganismos eficaces (EM) y carbón activado en el cual se determinó un valor de 1.99 ppm, que superaría el valor establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para Suelos propuesto según el D. S. 011 - 2017 – MINAM donde se considera como valor sugerido 1.40 ppm; también se presenta los valores de cadmio post la aplicación de los formulados, alcanzando valores de 1.22 y 0.92 ppm; así

mismo se incluye el valor obtenido en la subparcela control en el que no se aplicó EM ni carbón activado donde se encontró 1.98 ppm.

#### 4.4. Determinación de la eficiencia de los formulados de ME y carbón activado

El análisis estadístico para la variable concentración de cadmio presente en el suelo (ver tabla 6), muestra que el modelo corregido presenta un p-valor de 0.055; lo cual indica que el modelo explica a una parte significativa de la variación observada en la concentración. El valor de R<sup>2</sup> indica que los dos (02) efectos incluidos en el modelo (concentración de EM-Carbón activado) están explicando el 95,6 % de la varianza de la concentración de cadmio en el suelo. Además, se debe indicar que, la intersección presentó un p-valor de 0.000; lo que probaría estadísticamente que la concentración de cadmio analizado post la aplicación de los formulados es diferente de cero.

**Tabla 7:** Análisis de varianza de la variable concentración de Cd en suelo

Origen	Suma de cuadrados Tipo III	gl	Cuadrado medio	F	p-valor
Modelo corregido	1,650 <sup>a</sup>	3	,150	11,368	,055
Intersección	6,827	1	1,122	115,579	,005
EM-Carbón activado	,327	1	,127	676,316	,085
Concentración de Cd	1,323	2	,162	1,895	,046
Error	,063	2	,032		
Total	1,540	6			
Total, corregido	1,003	5			

a. R<sup>2</sup> = 0.956

Fuente: Elaboración propia, 2019.

De la tabla 6, se interpreta que el factor tipo concentración de EM-Carbón activado presenta un p-valor de 0.085, lo cual indica que existe diferencia significativa en la concentración de cadmio (ppm) presente en el suelo entre los grupos del factor mencionado. Deduciéndose que la fórmula óptima es 500 mL de EM y 1000 g de carbón activado, con una concentración final de cadmio de 0.92 ppm comparados con los obtenidos

en la formulación de 250 mL de EM y 500 g de carbón activado que presenta una concentración de cadmio de 1.22 ppm en periodo de cuatro meses de evaluación.

#### **4.5. Análisis económico**

En la siguiente tabla se detalla el presupuesto correspondiente al presente proyecto de investigación (Ver tabla 7).

**Tabla 8:** Análisis económico para la ejecución del proyecto.

Ítem	Actividad y objeto	Unidad	Cantidad	Costo (S/)			Total
				Unitario	Parcial	Sub total	
	<b>Estudios preliminares</b>					<b>1150.00</b>	<b>186.00</b>
<b>1</b>	<b>Fuentes bibliográficas</b>						
	Revisión de fuentes bibliográficas	Unidad	20	50	1000.00		
<b>2</b>	<b>Elaboración de instrumentos</b>						
	Elaboración de mapas, cadenas de custodia, etc.	Unidad	5	30	150.00		
	<b>Actividades preliminares</b>					<b>90.00</b>	
<b>1</b>	<b>Estudios previos</b>						
	Visita a la zona de estudio	Unidad	1	15	15.00		
	Delimitación de zona de estudio	Unidad	1	15	15.00		
	Ubicaciones de puntos de muestreo	Unidad	4	15	60.00		
	<b>Acondicionamiento y mantenimiento</b>					<b>1750.00</b>	
<b>1</b>	<b>Acondicionamiento del terreno</b>						
	Mano de obra no calificada	Jornales	10	70.00	700.00		
<b>2</b>	<b>Delimitación del terreno</b>						
	Mochila fumigadora 20 Lt.	Unidad	1	110.00	110.00		
	Listones de madera de 5 cm x 5 cm x 5 m	Unidad	8	20.00	160.00		
	Hilo nylon	Unidad	1	5.00	5.00		
	Pico (STANLEY)	Unidad	1	35.00	35.00		
	Carbón activado	Kilogramo	20	31.00	620.00		
	Microorganismos eficaces	Litro	1	80.00	80.00		
	Regadera	Unidad	1	40.00	40.00		
	<b>Toma de muestras y análisis de laboratorio</b>					<b>4788.00</b>	
<b>1</b>	<b>Análisis de las muestras</b>						
<b>1.1</b>	<b>Análisis preliminar del suelo</b>						
	Caracterización del suelo de la parcela (MS1)	Unidad	1	120.00	120.00		
<b>1.2</b>	<b>Análisis de las muestras - procesos final</b>						
	-metro para suelo (THERMO S. ORION 5 STAR)	Unidad	1	400.00	1400.00		

Ítem	Actividad y objeto	Unidad	Cantidad	Costo (S/)			
				Unitario	Parcial	Sub total	Total
	GPS Garmin Oregon 550	Unidad	1	1500.00	1500.00		
	Termómetro Ambiental (HANNA HI98501)	Unidad	1	250.00	250.00		
	Cronómetro (Casio Hs3)	Unidad	1	125.00	125.00		
	Frasco de vidrio boca ancha de 1 Kg (Pyrex)	Unidad	5	50.00	250.00		
	Cooler (ROTOPLAST 8L)	Unidad	1	80.00	80.00		
	Saca bocado (STANLEY)	Unidad	1	1000.00	500.00		
	Cuchara muestreadora (STANLEY)	Unidad	1	100.00	100.00		
	Pala (STANLEY))	Unidad	1	30.00	30.00		
	Bolsa ziploc de 01 kg de capacidad	Ciento	1	75.00	75.00		
	Espátula muestreadora (STANLEY)	Unidad	1	8.00	8.00		
2	Análisis de laboratorio e interpretación de resultados						
2.1	Evaluación de parámetros en laboratorio						
	Análisis del suelo (MS-5.1, MS-5.21, MS-5.3, MS-5.4)	Unidad	5	70.00	350.00		
	Seguridad					408.00	
1.1	Equipos de Protección Personal						
	Cascos color blanco	Unidad	1	150.00	150.00		
	Guantes de obrero	Par	3	20.00	60.00		
	Botas de Jebe color blanco	Par/Pares	1	28.00	28.00		
	Chalecos reflectantes de seguridad – lona	Unidad	2	40.00	80.00		
	Guantes de látex	Par /Pares	2	5.00	10.00		
	Botiquín de Seguridad 2	Unidad	1	80.00	80.00		
	Servicios					1000.00	
1.1	Asesor						
	Mano de obra calificada	Diarios	5	200.00	1000.00		
<b>Gasto total</b>							
<b>Imprevistos</b>		<b>10% del Total</b>					<b>918.60</b>
<b>Costo total del proyecto</b>						<b>10104.60</b>	

Fuente: Elaboración propia, 2019.

## V. DISCUSIÓN

### 5.2. Concentración de cadmio en el suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz

El cadmio es considerado un metal pesado que en una gran mayoría de suelos agrícolas estaría siendo influenciado por la aplicación de los agroquímicos, y que, las concentraciones dependen de otros factores como el tipo de suelo, técnicas agrícolas e incluso de la especie vegetal cultivada; se conoce muy bien los fertilizantes predisponen al cadmio en el suelo, así como los plaguicidas gracias a sus propiedades tensioactivas romperían los enlaces de los minerales y permitirían que este se encuentre libre en el suelo; por su parte las enmiendas y la aplicación de compost aportarían concentraciones significativas (Mahecha, Trujillo & Torres, 2015).

En el presente estudio se determinó un valor (1.99 ppm) que supera lo establecido por la norma nacional como son los ECA (1.40 ppm); que podría deducirse que, en el suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz, por influencia del uso indiscriminado de fertilizantes y plaguicidas efectivamente se corroboraría lo descrito en las referencias consultadas.

### 5.3. Formulación de microorganismos eficaces y carbón activado

Los microorganismos eficaces al ser aplicados correctamente a los suelos traerían grandes beneficios, los cuales permitirían solubilizar ciertos nutrientes; las concentraciones que se debe aplicar es muy variada, dependiendo del beneficio que se quiere obtener, por ejemplo en la degradación de materia orgánica se sugiere aplicar 20 L del consorcio activado en 300 m<sup>2</sup>, en la remediación de suelos con hidrocarburos se reportaron buenos resultados con una concentración de 10<sup>8</sup> o 10<sup>9</sup> unidades formadoras de colonia se remediación de suelos hasta con 2000 ppm de crudo homogenizado aplicados cada 4 a 5 días (EEAITAJ, 2013).

Balta (2019), menciona que el carbón activado es capaz de retener por adsorción ciertos compuestos, y que, por absorción otros más debido a sus propiedades físicas y químicas, por ejemplo, para la remediación de suelos

con plaguicidas u otros agentes tóxicos como el plomo y el cadmio se deberían utilizar concentraciones entre 1 a 15 Kg por cada 10 m<sup>2</sup>; y que no solo permitiría remediar los suelos, sino que también, retendría nutrientes predisponiéndolos a las plantas y evitar que estos se laven o lixivien a estratos más profundos.

Según lo expuesto anteriormente se decidió formular concentraciones de carbón activado para el ensayo, aplicándose a una subparcela 500 y 1000g respectivamente a cada una de las subparcelas. así mismo, se formuló la dosis de microorganismos eficaces de 250 y 500 mL respectivamente para ser aplicadas desde el inicio y de forma intermitente cada 5 días hasta antes de la cosecha del arroz.

#### **5.4. Concentración de Cd en el suelo post aplicación de ME y carbón activado**

Según lo descrito en el reporte de la Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías Apropriadas en Japón (EEAITAJ, 2013), los microorganismos eficaces gracias a sus propiedades bioquímicas fundamentadas por sus exo y endoenzimas que esto producen permitirían transformar, degradar o bioacumular ciertos elementos, compuestos y moléculas. Se cree que enzimas hidrolasas serían las responsables de facilitar la ruptura de los enlaces que el cadmio mantendría con otros elementos y que lo predispondría en el suelo; así mismo, mediante eximas oxido-reductasa transformaría al cadmio según su grado de oxidación y que conllevaría también a su predisposición.

Según Yuso (2012), el carbón activado gracias a su porosidad permitiría retener ciertos compuestos o incluso organismos presentes en el suelo o el agua a donde este se aplique. Por su parte Dą browski et al. (2005), indica que las propiedades del carbón activado son diversa, tanto físicas como químicas y que por adsorción y absorción sería capas de depurar contaminantes como metales pesados, plaguicidas y otros agentes tóxicos para los seres vivos y el ambiente en general.

En la evaluación inicial de la concentración de cadmio presente en el suelo agrícola antes de la inoculación de dos fórmulas que incluye los microorganismos eficaces (EM) y carbón activado se determinó 1.99 ppm, valor que superaría el establecido en los Estándares de Calidad Ambiental para Suelos propuesto según el D. S. 011 -2017 – MINAM donde se considera como valor sugerido 1.40 ppm. Mientras que los valores de cadmio post la aplicación de los formulados, alcanza a reducir hasta 1.22 y 0.92 ppm; que posiblemente por la influencia metabólica de los Microorganismos eficaces que permitieron solubilizarlo y el principio de adsorción y absorción del carbón activado permitiría no predisponerse en el suelo y de esta manera ser determinado mediante el método EPA 3050B: Acid digestion of sediments, sludges and soils y EPA 7000B: Flame atomic absorption spectrophotometry 2007. Lo cual se corroboraría mediante el valor obtenido a la subparcela donde no se aplicó tratamiento y se determinó un valor de 1.98 ppm.

#### **5.5. Determinación de la eficiencia de los formulados de microorganismos eficaces y carbón activado**

La prueba estadística del análisis de la varianza permite comprar la hipótesis nula de que las medias de K poblaciones, frente a la hipótesis alternativa de que por lo menos una de las poblaciones es diferente de resto. El contraste es fundamental en el análisis de resultados experimentales, en los que interesa comparar los resultados de K 'tratamientos' o 'factores' con respecto a la variable dependiente o de interés (Gorgas, Cardiel, & Zamorano, 2011).

En el presente estudio se aplicó la prueba estadística del análisis de varianza para determinar si existe o no diferencia significativa entre los resultados obtenidos por aplicación de dos formulados de microorganismos eficaces y carbón activado; para lo cual se determinó que el p-valor es mayor de 0.05 lo que permite evidenciar que existe diferencia significativa, entre ambos tratamiento y que estadísticamente la aplicación de 500 mL de EM y 1000 g de carbón activado es más eficiente para reducir el cadmio en el suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz respecto a la aplicación de 250 mL y 500g de carbón activado.

## VI. CONCLUSIONES

- La concentración de cadmio en el suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) supera los valores establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para suelo establecido según el D. S. 011 -2017 – MINAM.
- Las fórmulas de microorganismos eficaces y carbón activado utilizadas para disminuir la concentración de cadmio en suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz (*Oryza sativa*) fueron 250 mL/500 g y 500 mL/1000 g.
- La concentración de cadmio en el suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz post la inoculación de dos fórmulas que incluye los microorganismos eficaces (EM) y carbón activado disminuye desde 1.99 ppm hasta 1.22 y 0.92 ppm.
- Mediante el análisis de varianza se evidenció que existe diferencia significativa entre los resultados de la concentración de cadmio en suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz por aplicación de dos formulados de microorganismos eficaces (mL) y carbón activado (g); el tratamiento con aplicación de 500 ml/1000 g es más eficiente en reducir el cadmio que la aplicación de 250 mL/500 g.

## VII. RECOMENDACIONES

- Realizar ensayos a las plantas de arroz (*Oryza sativa*) para verificar si el cadmio presente en el suelo fue retenido por adsorción o absorción gracias a las propiedades del carbón activado en su defecto se asimiló por el vegetal.
- Realizar análisis del agua para determinar la concentración de cadmio antes de ingresar a las subparcelas y posterior a las subparcelas.
- Realizar ensayo en ambientes controlados, donde no se tenga influencia por variables extrañas.
- Realizar ensayos con aplicaciones de mayor frecuencia de los microorganismos eficaces, a fin de acortar el tiempo de tratamiento.
- Realizar ensayos con mayor concentración de carbón activado, a fin de acortar el tiempo de tratamiento.

## REFERENCIAS

- Acosta, M. (2007). *Determinación de metales pesados en suelos agrícolas del valle del mezquital, Hidalgo*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.
- Akhyar Farrukh, M. (2012). *Atomic Absorption Spectroscopy* (1st ed.; INTECH, Ed.). Zagreb - Croacia.
- Alalwan, H. A., Kadhom, M. A., & Alminshid, A. H. (2020). Removal of heavy metals from wastewater using agricultural byproducts. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA*, 69(2), 99-112. <https://doi.org/10.2166/aqua.2020.133>
- Arias, F. (2006). *El proyecto de investigación* (6th ed.; E. Episteme, Ed.). Caracas.
- Balta, R. (2019). El carbón activado y el biocarbón en la asimilación del cadmio por el tomate (*Solaneum lycopersicum* L.) bajo el invernadero. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Bedmar, F. (2011). Informe especial sobre plaguicidas agrícolas. *Ciencia Hoy*, 21(122), 9-35.
- Behar, D. S. (2008). *Metodología de la Investigación* (1st ed.; Shalom, Ed.). Cuba.
- Beltrán, M., & García de Salamone, I. (2018). *Biorremediación de los Recursos Naturales* (1st ed.; INTA, Ed.). Retrieved from [https://inta.gob.ar/sites/default/files/biorremediacion\\_de\\_los\\_recursos\\_naturales.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/biorremediacion_de_los_recursos_naturales.pdf)
- Bonomelli, C., Bonilla, C., & Valenzuela, A. (2003). Efecto de la fertilización fosforada sobre el contenido de cadmio en cuatro suelos de Chile. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*, 38(10), 1179-1186.
- Boss, C., & Fredeen, K. (2004). *Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry* (3rd ed.; PerkinElmer, Ed.). Nueva York - Estados Unidos.
- Canasa, A. (2010). *Remediación de suelos contaminados en operaciones de perforación y manejo de petróleo crudo en la selva peruana*. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Chávez, L. (2014). *Fitoremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo* (Universidad Nacional Agraria la Molina).

Retrieved

from

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2435/T01-C517-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Correa, C. (2016). *Ecotoxicología del cadmio, riesgo para la salud por la utilización de suelos ricos en cadmio*. Universidad Complutense.

Cortón, E., & Viale, A. (2006). Solucionando grandes problemas ambientales con la ayuda de pequeños amigos: las técnicas de biorremediación. *Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*, 3(3), 6. <https://doi.org/10.7818/RE.2014.15-3.00>

Cuvi, N., & Bejarano, M. (2015). Los halos de inhibición en la remediación de suelos amazónicos contaminados con petróleo. *Historia, Ciencias, Saude - Manguinhos*, 22, 1-22. <https://doi.org/10.1590/S0104-59702015000500009>

CYTED. (2015). Tecnología de aplicación de agroquímicos. In Red - Pulso (Ed.), *Red PULSO* (1st ed., Vol. 1). Argentina.

Dąbrowski, A., Podkościelny, P., Hubicki, Z., & Barczak, M. (2005). Adsorption of phenolic compounds by activated carbon - A critical review. *Chemosphere*, 58(8), 1049-1070.

Delince, W., Valdés, R., López, O., Guridi, F., & Balbín, M. (2015). Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de *Oryza sativa* L y *Solanum tuberosum* L Heavy metals agroenvironmental risk in soils with cultivate *Oryza sativa* L . and *Solanum tuberosum* L (Vol. 24).

Devine, G., Eza, D., Oigusuku, E., & Furlong, M. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 25(1), 74-100. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2008.251.1241>

Diez Lázaro, J. (2008). *Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados: Evaluación de plantas tolerantes y optimización del proceso mediante prácticas agronómicas* (Universidad de Santiago de Compostela).

Retrieved

from

[https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2540/9788498872026\\_content.pdf;jsessionid=699C25772F61A63C63BB82081622B158?sequence=1](https://minerva.usc.es/xmlui/bitstream/handle/10347/2540/9788498872026_content.pdf;jsessionid=699C25772F61A63C63BB82081622B158?sequence=1)

- Estación Experimental Agropecuaria para la Introducción de Tecnologías  
propiadas en Japón - EEAITAJ. (2013). *Microorganismos eficaces* <sup>TM</sup>  
(*ME*<sup>TM</sup>). Retrieved from  
[http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos\\_Eficaces\\_EM\\_Presentation\\_breve.pdf](http://www.emuruguay.org/PDF/Microorganismos_Eficaces_EM_Presentation_breve.pdf)
- Ferrelli, F., Luján Bustos, M., & Piccolo, M. (2017). Variabilidad climática  
temporal y sus efectos: aportes al ordenamiento territorial de la costa norte  
del estuario de Bahía Blanca (Argentina). *Revista Universitaria de  
Geografía*, 26(8000), 79-96.
- Ferrera Cerrato, R., Rojas Avelizapa, N., Poggi Varaldo, H., Alarcón, A., &  
Cañizares Villanueva, R. (2006). Procesos de biorremediación de  
suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros  
compuestos orgánicos. *Revista Latinoamericana de Microbiología*, 48,  
327-330. <https://doi.org/10.1007/s12010-010-9014-0>
- González, M. C. A., Carrillo, R., & Sánchez, A. S. (2017). Definiciones y  
problemática en la investigación científica en aspectos de fitoremediación de  
suelos. *Agro Productividad*, 10, 5-7.
- Gorgas, J., Cardiel, N., & Zamorano, J. (2011). *Estadística básica para  
estudiantes de ciencias* (1ra ed.; COMPLUPRINTS, Ed.). Madrid - España.
- Goycochea Tocto, T., & Carranza Lozano, M. (2016). *Determinación del impacto  
ambiental producido por el uso de agroquímicos en la producción agrícola del  
distrito de Jepelacio - 2014* (Universidad Nacional de San Martín). Retrieved  
from  
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/245/6054714.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gross H., J. (2011). *Mass Spectrometry* (2nd ed.; Springer, Ed.).  
Londres, Alemania.
- Guerrero, R. (2015). *Manual Técnico - Propiedades Generales de los Fertilizantes*  
(p. 40). Retrieved from  
<http://www.monmeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>
- Henreaux, J. (2012). *Efecto del biocarbón combinado con fertilizantes orgánicos*

*y microorganismos benéficos sobre el desarrollo , productividad y resistencia de las plantas , Turrialba , Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de la Investigación y Enseñanza.*

- Hernández, I., Navas, G., & Infante, C. (2017). Fitorremediación de un suelo contaminado con petróleo extra pesado con *Megathyrus maximus*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3), 497-503. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.03.12>
- Hernández, M. V. (2011). *Bioacumulación de cadmio en Rey Grass (Lolium perenne L. var. Nui) sembrado en tres sustratos en condiciones de invernadero*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. del P., Méndez, S., & Mendoza, C. P. (2015). *Metodología de la investigación* (6th ed.; McGRAW-HILL, Ed.). México.
- Hipólito-Romero, E., Carcaño-Montiel, M. G., Ramos-Prado, J. M., Vázquez-Cabañas, E. A., López-Reyes, L., & Ricaño-Rodríguez, J. (2017). Effect of mixed edaphic bacterial inoculants in the early development of improved cocoa cultivars (*Theobroma cacao* L.) in a traditional agroforestry system of Oaxaca, Mexico. *Revista Argentina de Microbiología*, 49(4), 358. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.04.003>
- Jiménes, M. (2017). *Biorremediación con Inóculos de Pleurotus ostreatus para recuperar suelos contaminados con metales pesados en La Florida Cajamarca, 2016* (Universidad Cesar Vallejo). Retrieved from [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10889/jimenez\\_ilm.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/10889/jimenez_ilm.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Lara Mantilla, C., & Negrete Peñata, J. L. (2015). Efecto de un bioinoculante a partir de consorcios microbianos nativos fosfato solubilizadores, en el desarrollo de pastos Angleton (*Dichanthium aristatum*) Titulo en ingles: Effect of bio-inoculant from microbial consortia phosphate solu. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17(1), 126. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v17n1.50741>
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). Biochar for Environmental Management. *Science and Technology*, 13, 419.
- Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz Garcia, F. G. (2016). Los

- Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- López, E., Cisneros, S., & Ochoa, J. (2016). Procesos de bioestimulación para la remediación de suelos agrícolas contaminados con tebuconazol y  $\lambda$ -cialotrina. *Revista de Simulación y Laboratorio*, 3(8), 1-9. Retrieved from [https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion\\_y\\_Laboratorio/volumen8/Revista\\_de\\_Simulacion\\_y\\_Laboratorio\\_V3\\_N8\\_1.pdf](https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Simulacion_y_Laboratorio/volumen8/Revista_de_Simulacion_y_Laboratorio_V3_N8_1.pdf)
- Maguiña Castillo, L. (2017). *Determinación de la capacidad fitorremediadora de Lupinus mutabilis Sweet "chocho o tarwi" en suelos contaminados con cadmio (Cd)*. Retrieved from [http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1092/1/LuisaMaguiña\\_2017\\_pdf.pdf](http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/1092/1/LuisaMaguiña_2017_pdf.pdf)
- Mahecha, J. D., Trujillo, J. M., & Torres, M. A. (2015). Contenido de metales pesados en suelos agrícolas de la región del Ariari. *ORINOQUIA*, 19(1), 118-122.
- McGrath, D., & McCormack, R. (1999). The significance of heavy metal and organic micropollutants in soils end of project report. *End of Project Report 4268*, 1, 1-34.
- Mena, J. A. M., Gema, M., & Limón, L. (2005). Desarrollo agrícola y uso de agroquímicos en el valle de Mexicali. *Estudios Fronterizos*, 6, 119-153. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/530/53061205.pdf>
- Mendoza, L. M., Rivas, J. R., & Villalobos, K. L. (2017). *Determinación de metales pesados cadmio, níquel, plomo y zinc en la zona de influencia de relleno sanitario de sonsonate, El Salvador*. Universidad de El Salvador.
- Ministerio del Ambiente. *Guía para el muestreo de suelos*. , Pub. L. No. 002-2013-MINAM, 172 (2014).
- Ministerio del Ambiente. *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*. , Pub. L. No. N° 011, 6 (2017).
- Nagakawa, Y., Molina, M., & Rodríguez, F. (2015). Modification of the porous structure along the preparation of activated carbon monoliths with H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> AND ZnCl<sub>2</sub>. 25, 3, 1-20.

- Navarro, S. (2019). *Dosis y frecuencias de aplicación foliar de microorganismos eficaces (EM) y su efecto en el rendimiento de los frutos del "Ají habanero" (Capsicum chinense Jacq.) en el sector Cieneguillo Sur, Sullana - Piura*.  
Universidad Nacional de Piura.
- Reyes-navarrete, M. G., Irene, A., Peña, A., Magdalena, D., Vargas, A. G., González-valdez, L. S., & Vázquez, C. (2007). Metales Pesados: Importancia Y Analisis. *Repositorio Digital IPN*, 1-3.
- Roldán, N. (2017). *Bioacumulación y biomagnificación de elementos potencialmente tóxicos en el pulpo Octopus hubbsorum del puerto minero de Santa Rosalía, Golfo de California*. Instituto Politécnico Nacional.
- Sánchez Herrera, D., Rustrían Portilla, E., Sánchez Sánchez, O., Pascal Houbroun, E., & Luna Rodríguez, M. (2016). Biodegradación como fuente de energía renovable. *Ciencia*, 66, 4-9. Retrieved from [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/67\\_3/PDF/Biodegradacion.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/67_3/PDF/Biodegradacion.pdf)
- Sender Uribe, J. D., & Gómez Chuchon, S. R. (2017). *Impacto del uso de drones para fumigación de cultivos de arándanos en el departamento de La Libertad – Perú* (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Retrieved from [https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623455/Sender\\_UJ.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623455/Sender_UJ.pdf?sequence=5&isAllowed=y)
- Simbaña, C. J., & Ramos, I. (2016). *Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de la Parroquia Taracoa en Francisco de Orellana, mediante el Hongo pleurotus ostreatus* (Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).  
Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/4916>
- Torres, D., & Capote, T. (2004). Agroquímicos un Problema Ambiental Global:  
Uso del Análisis Químico como Herramienta para el Monitoreo ambiental. *Ecosistemas*, 13(3), 2-6. <https://doi.org/10.7818/re.2014.13-3.00>
- Vélez Pérez, J. (2014). *Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola* (Universidad Nacional de Colombia). Retrieved from <http://www.bdigital.unal.edu.co/39459/1/71782231.2014.pdf>

- Windevoxhel, R., Sánchez, N., & Bastardo, H. (2011). Bioaumentación y sustancias húmicas en la biodegradación de hidrocarburos del petróleo. *Ingeniería UC*, 18, 23-27. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/707/70723245004.pdf>
- Yuso, A. (2012). *Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y N-Hexano* (Universidad de San Jorge). Retrieved from [http://digital.csic.es/bitstream/10261/74991/1/Tesis Martinez de Yuso\\_A\\_repositorio CSIC.pdf](http://digital.csic.es/bitstream/10261/74991/1/Tesis_Martinez_de_Yuso_A_repositorio_CSIC.pdf)

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de Operacionalización

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
<b>Dependiente:</b> Concentración de Cadmio.	La espectrometría de masas, la espectroscopía de absorción atómica o la espectrometría de emisión atómica determinan la concentración de cadmio en el suelo a partir de la distribución del analito en función de su masa. Se mide las razones masa/carga de iones, de una muestra tratada y se le en colorimetría, transmitancia o reflectancia según el principio.	Concentración de cadmio.	Alta y baja concentración.	Cuantitativa continua: ppm, mg/Kg.
		Tiempo de tratamiento.	Remediación biológica.	Cuantitativa: meses, días.
		Concentración de materia orgánica.	Alta y baja concentración.	Cuantitativa continua: ppm, mg/Kg.
		Tipo de suelo.	Según su granulometría.	Cualitativa: Arenoso, limoso o arcilloso.
<b>Independiente:</b> Concentración de carbón activado y microorganismos eficaces.	Los microporos del carbón activado permitirán absorber los compuestos de cadmio, así mismo, retener a los microorganismos eficientes para que estos mediante procesos metabólicos, degraden, transformen o acumulen dichos compuestos.	Concentración de carbón granulado.	Alta y baja concentración.	Cuantitativa continua: ppm, mg/Kg.
		Concentración de los microorganismos eficaces.	Alta y baja concentración.	Cuantitativa: UFC/100 mL.

Fuente: *Elaboración propia, 2019.*

Anexo 2.Solicitud para acceder a la toma de muestra y ejecución del proyecto.

**CARGO**

"Año de la Lucha Contra la Corrupción y la Impunidad"

Tarapoto, 15 de Julio 2019

**Ángel García González**  
Propietario del terreno Sector Cocopa

Asunto: Solicito permiso para estudio de evaluación de suelo en su terreno- Sector Cocopa.

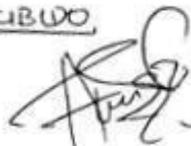
Nos dirigimos a usted expresándole nuestro cálido saludo y manifestarle que somos estudiantes egresados de la Universidad Alas Peruanas de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Escuela de Ingeniería Ambiental, nos encontramos en etapa de ejecución de nuestro trabajo de investigación para obtener el título requerido, por lo que solicitamos que nos brinde la facilidad de ingreso a su terreno sector Cocopa, para realizar los trabajos de monitoreo de dicha parcela.

Agradeciendo la buena voluntad de su representada y tus buenos oficios para bien de los futuros profesionales de nuestra región nos suscribimos ante usted.

Atentamente;

  
Dina Milagros Romero Panduro  
Tesisista

  
Flor Paredes García  
Tesisista

RECIBIDO  
  
ANGEL GARCIA GONZALEZ  
DNI: 01065478

Fuente: Copia del documento original, 2019.

### Anexo 3. Validación del instrumento - Formato de registro de campo (Hoja 1: 3).



#### 3. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

##### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres : DR. JAIME WALTER ALVARADO RAMIREZ  
 1.2. Cargo e institución donde labora : UNSM  
 1.2. Especialidad o línea de investigación : DR. CIENCIAS AMBIENTALES  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación : FORMATO DE REGISTRO DE CAMPO  
 1.4. Autores del Instrumento : Flor De María Paredes García  
 Dina Milagros Romero Panduro

##### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje Comprensible.										X			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y Principios científicos.										X			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										X			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										X			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										X			

##### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

85

15

##### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85%

DR. JAIME WALTER ALVARADO RAMIREZ  
 CIP N° 27388

Fuente: Copia del documento original, 2019.

## Anexo 4. Validación del instrumento - Formato de registro de campo (Hoja 2: 3).



### 3. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres : Mg. Henry Carbajal Mogollón  
 1.2. Cargo e institución donde labora : CONSULTOR AMBIENTAL  
 1.2. Especialidad o línea de investigación : MG. INGENIERO AMBIENTAL  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación : FORMATO DE REGISTRO DE CAMPO  
 1.4. Autores del Instrumento : Flor De María Paredes García  
 Dina Milagros Romero Panduro

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje Comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y Principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

90  
10

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

  
 Henry Mogollón Carbajal  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 CIP N° 135735

Fuente: Copia del documento original, 2019.

## Anexo 5. Validación del instrumento - Formato de registro de campo (Hoja 3: 3).



### 3. VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres : Ing. Abel Rivera Cervantes  
 1.2. Cargo e institución donde labora : CONSULTOR AMBIENTAL  
 1.2. Especialidad o línea de investigación : INGENIERO AMBIENTAL  
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación : GRONDORAW S.A.IG.  
 1.4. Autores del Instrumento : Flor De María Paredes García  
 Dina Milagros Romero Panduro

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje Comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y Principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

90  
10

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

  
 ABEL RIVERA CERVANTES  
 INGENIERO AMBIENTAL  
 Reg. CIP N° 221517

Fuente: Copia del documento original, 2019.

## Anexo 6. Formato de registro de campo.

### FORMATO DE REGISTRO DE CAMPO

(Primera versión)

"Remediación de suelo agrícola dedicado al cultivo de arroz con concentraciones de cadmio, mediante la aplicación de microorganismos eficaces y carbón activado"

ITEM	MES	FECHA	PARÁMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	VALOR REGISTRADO
1	Primer mes	19-08-19	Temperatura	°C	25.0
2			Conductividad eléctrica	µS	0.68
3			Potencial de Hidrógeno	Valor de pH	6.56
1	Segundo mes	23-09-19	Temperatura	°C	25.5
2			Conductividad eléctrica	µS	0.66
3			Potencial de Hidrógeno	Valor de pH	6.65
1	Tercer mes	21-10-19	Temperatura	°C	25.5
2			Conductividad eléctrica	µS	0.62
3			Potencial de Hidrógeno	Valor de pH	6.73
1	Cuarto mes	20-11-19	Temperatura	°C	26.0
2			Conductividad eléctrica	µS	0.60
3			Potencial de Hidrógeno	Valor de pH	6.85

Fuente: Copia del documento original, 2019.

## Anexo 7. Resultados del análisis para la determinación de cadmio (Página 1 a 3)

### INFORME DE ENSAYO N° SA2066/19

**Solicitante** : FLOR DE MARÍA PAREDES GARCÍA  
**Dirección** : No indicado por el Cliente  
**Procedencia** : SUELO AGRÍCOLA  
 Distrito: No Indica - Provincia: No Indica  
 Departamento: No Indica  
**Matriz de la Muestra** : Suelo  
 Fecha de Muestreo : 19 - Julio - 2 019 (MS 5)<sup>(b)</sup>  
 : 20 - Noviembre - 2 019  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
 Fecha y Hora de Recepción : 27 - Noviembre - 2 019 / 12:03 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 27 al 30 - Noviembre - 2 019

Código Interno: L2066/19

PARÁMETROS	2066 - 1 <sup>(a)</sup>	2066 - 2 <sup>(a)</sup>	Expresado En:	MÉTODO DE ENSAYO
	MS 1 <sup>(b)</sup> N 9 284 187 - E 343 682 <sup>(c)</sup>	MS 2 <sup>(b)</sup> N 9 284 186 - E 343 679 <sup>(c)</sup>		
<b>Metales Totales</b>				
Cadmio (Cd)	0,92	0,90	mg/kg PS	EPA 3050B/EPA 7000 B

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante

<sup>(c)</sup> Ubicación en coordenadas UTM

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS. -**

EPA 3050B: ACID DIGESTION OF SEDIMENTS, SLUDGES AND SOILS. EPA 7000B: FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY 2007.

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

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

Lima, 30 de Noviembre de 2 019.

**EQUAS S.A.**



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

**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.**

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Código: F01-P.DIR.04  
Revisión: 00  
Fecha: 17-10-2 019

Dirección de Laboratorio: Mz.I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte  
Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e\_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 3

Fuente: Copia del documento original, 2019.

## Anexo 8. Resultados del análisis para la determinación de cadmio

### INFORME DE ENSAYO N° SA2066/19

**Solicitante** : FLOR DE MARÍA PAREDES GARCÍA  
**Dirección** : No indicado por el Cliente  
**Procedencia** : SUELO AGRÍCOLA  
**Distrito:** No Indica - **Provincia:** No Indica  
**Departamento:** No Indica  
**Matriz de la Muestra** : Suelo  
**Fecha de Muestreo** : 19 - Julio - 2 019 (MS 5)<sup>(b)</sup>  
: 20 - Noviembre - 2 019  
**Responsable del Muestreo** : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
**Fecha y Hora de Recepción** : 27 - Noviembre - 2 019 / 12:03 h  
**Fecha de Ejecución del Ensayo** : 27 al 30 - Noviembre - 2 019

Código Interno: L2066/19

PARÁMETROS	2066 - 3 <sup>(a)</sup>	2066 - 4 <sup>(a)</sup>	Expresado En:	MÉTODO DE ENSAYO
	MS 3 <sup>(b)</sup> N 9 287 185 - E 343 678 <sup>(c)</sup>	MS 4 <sup>(b)</sup> N 9 289 186 - E 343 679 <sup>(c)</sup>		
<b>Metales Totales</b>				
Cadmio (Cd)	1,22	1,98	mg/kg PS	EPA 3050B/EPA 7000 B

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante

<sup>(c)</sup> Ubicación en coordenadas UTM

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.** -

EPA 3050B: ACID DIGESTION OF SEDIMENTS, SLUDGES AND SOILS. EPA 7000B: FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY 2007.

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

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

Lima, 30 de Noviembre de 2 019.

**EQUAS S.A.**  
  
**Ing. Eusebio Victor Córdor Evaristo**  
Gerente General



**Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.**

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Código: F01-P.DIR.04

Dirección de Laboratorio: Mz.1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte

Revisión: 00

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

Fecha: 17-10-2 019

Página 2 de 3

Fuente: Copia del documento original, 2019.

## Anexo 9. Resultados del análisis para la determinación de cadmio

### INFORME DE ENSAYO N° SA2066/19

**Solicitante** : FLOR DE MARÍA PAREDES GARCÍA  
**Dirección** : No indicado por el Cliente  
**Procedencia** : SUELO AGRÍCOLA  
 Distrito: No Indica - Provincia: No Indica  
 Departamento: No Indica  
**Matriz de la Muestra** : Suelo  
 Fecha de Muestreo : 19 - Julio - 2 019 (MS 5)<sup>(b)</sup>  
 : 20 - Noviembre - 2 019  
 Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante  
 Fecha y Hora de Recepción : 27 - Noviembre - 2 019 / 12:03 h  
 Fecha de Ejecución del Ensayo : 27 al 30 - Noviembre - 2 019

Código Interno: L2066/19

PARÁMETROS	2066 - 5 <sup>(a)</sup>	Expresado En:	MÉTODO DE ENSAYO
	MS 5 <sup>(b)</sup> N 9 284 185 - E 343 678 <sup>(c)</sup>		
<b>Metales Totales</b>			
Cadmio (Cd)	1,99	mg/kg PS	EPA 3050B/EPA 7000 B

<sup>(a)</sup> Código de Laboratorio

<sup>(b)</sup> Código del Solicitante

<sup>(c)</sup> Ubicación en coordenadas UTM

**REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS.** -

EPA 3050B: ACID DIGESTION OF SEDIMENTS, SLUDGES AND SOILS. EPA 7000B: FLAME ATOMIC ABSORPTION SPECTROPHOTOMETRY 2007.

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

La muestra cumple con los requisitos de calidad para ser analizada.

Lima, 30 de Noviembre de 2 019.

**EQUAS S.A.**  
  
**Ing. Eusebio Victor Cóndor Evaristo**  
 Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Código: F91-P.DIR.04

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte

Revisión: 00

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

Fecha: 17-10-2 019

Página 3 de 3

Fuente: Copia del documento original, 2019

Anexo 10. Certificado de acreditación del laboratorio EQUAS S.A.

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación a:

**Environmental Quality Analytical Services S.A. – EQUAS S.A.**

**Laboratorio de Ensayo**

En su sede ubicada en: Panamericana Norte Km. 28.5, Mz. I, Lte 74, Urb. Naranjito, distrito de Puente Piedra, provincia de Lima, departamento de Lima

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Informes de Ensayo con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-06P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número del registro indicado líneas abajo.

Fecha de Acreditación: 28 de octubre de 2018  
Fecha de Vencimiento: 27 de octubre de 2022



**MARÍA DEL ROSARIO URÍA TORO**  
Directora (e), Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 0935-2018-INACAL/DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N° 043-2014/INDECOP-SNA  
Registro N° : LE-030

Fecha de emisión: 24 de enero de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cláusula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web: [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.

La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-acr-DIP-02M Ver 02

Fuente: Copia del documento original, 2019.

Anexo 11. Resultados de la caracterización del suelo agrícola.



**INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES**

INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN AGRÍCOLA PARA EL DESARROLLO DE LA AMAZONÍA PERUANA

CERTIFICADO INDECOPI N° 00072183

**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS, FERTILIZANTES Y ALIMENTOS**

**REPORTE DE ANÁLISIS DE SUELOS**

N° SOLICITUD : AS0154-19  
 SOLICITANTE : FLOR DE MARIA PAREDES GARCIA  
 PROCEDENCIA : CACATACHI - SECTOR COCOPA  
 CULTIVO : ARROZ

FECHA DE MUESTREO : 19/07/2019  
 FECHA DE RECEP. LAB : 19/07/2019  
 FECHA DE REPORTE : 27/07/2019

Item	Número de la muestra			pH	C.E dS/m	M.O (%)	Cd (ppm)	% Humedad
	Lab.	Campo						
01	19	11	1227	6.57	0.68	3.60	1.88	32.65

**MÉTODOS :**

pH : POTENCIOMETRO SUSPENSION SUELO-AGUA RELACION 1:2.5  
 CONDUCC. ELECTRICA : CONDUCTIMETRO SUSPENSION SUELO-AGUA 1:2.5  
 CARBONATOS : GAS - VOLUMETRICO  
 MATERIA ORGANICA : WALKLEY BLACK  
 METALES PESADOS : EPA 3050B  
 HUMEDAD : GRAMMETRIA

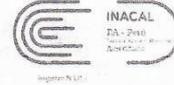
La Banda de Shilcayo, 29 de Julio del 2019

INSTITUTO DE CULTIVOS TROPICALES  
 TARIAPOTO - PERU  
  
 Cesar O. Arevalo Hernandez, MSc  
 JEFE DE DPTO. DE SUELOS

Anexo 12. Certificado de Calibración de la Balanza Analítica (Página 1 de 2).



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 002



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.  
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL  
**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

Laboratorio de Masa

**Código del certificado**  
**IB-049-2019**

1 de 5

**Fecha de calibración:** 2019-01-15  
**Instrumento de medida:** Instrumento de pesaje de funcionamiento no automático  
**Marca:** Ohaus  
**Modelo:** PA214  
**Número de Serie:** 8329380615  
**Identificación:** RE0901  
**Procedencia:** China  
**Capacidad máxima:** 210 g  
**División de escala:** 0,1 mg  
**Div. Escala de verificación:** 1 mg  
**Tipo:** Electrónica  
**Clase de exactitud:** I  
**Solicitante:** EMP. MUNIC. DE A.P. Y A. SAN MARTIN S.A  
**Dirección:** Jr. Federico Sanchez N° 900  
Punta del Este-San Martín-Tarapoto  
**Número de páginas:** 05 Páginas  
**Expediente:** E2644-3838A-2018  
**Lugar de calibración:** Area de Balanzas

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son validos solo para el equipo u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia de INACAL.

Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del equipo.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.

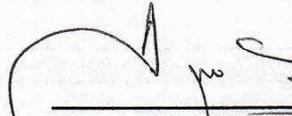
LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

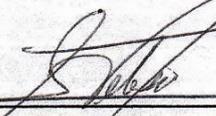
El certificado de Calibración es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe publica y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la libre competencia.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General o Gerente Técnico de LO JUSTO S.A.C y Responsable de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.

Revisado:

Arequipa, 18 de enero de 2019

  
Amilcar Machaca Ancasi  
Responsable del Laboratorio

  
Alberto Velazco Linares  
Ing. Mecánico CIP 23 716  
Gerente General  
LO JUSTO S.A.C.



FT02-INRE/CB-02-C Ed. 03

Etiqueta de calibración N° 52529

ISO / IEC 17025

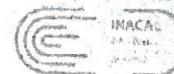
099870

A

# Anexo 13. Certificado de Calibración de la Balanza Analítica (Página 2 de 2).



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 002



Laboratorio de Masa

Código del certificado  
IB-049-2019

2 de 5

### Procedimiento de medida:

PC-011. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y Clase II. Método de Comparación Directa Contra Cargas Aplicadas de Valor Conocido (Pesas Patrón). Ed. 4. 2010. INDECOPI-SNM. Lima -Perú.

### Instrumentos empleados:

Termohigrómetro con certificado TE-1000-2018\*\*, TE-1509-2018\*\*.

Juego de pesas patrón desde 1 mg hasta 200 g, de clase de exactitud E2 según OIML R111-1 Edición (2004).

Pesas patrones, certificadas:

Patrón utilizado	Identificación	Valor nominal	Certificado de calibración
Juego de pesas	LM-I-360	1 mg a 200 g	LM-164-2018***

\*\*Certificados de LO JUSTO S.A.C.

\*\*\*Dirección de Metrología - INACAL

### Incertidumbre de calibración

La incertidumbre expandida de medición reportada en el presente certificado de calibración resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $k=2$  de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de la incertidumbre en la medición", segunda edición, Julio del 2001.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre estimada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

### Condiciones durante la calibración

Las condiciones ambientales durante el proceso de calibración han sido:

Temperatura ambiente: 22 °C  
Humedad relativa: 52 % HR

### Notas y aclaraciones:

Si por el tipo de uso del instrumento de medición no resulta aconsejable realizar las correcciones de calibración, se puede utilizar una incertidumbre maximizada, que englobaría la máxima corrección encontrada en la calibración, en valor absoluto:  $\pm U = \pm UI \text{ máx} + IC \text{ máx}$

Se asumió un valor de 0,00001/°C como coeficiente de deriva de la balanza por variación de temperatura para la calibración.

Se colocó al instrumento de pesaje una etiqueta rectangular color blanco brillante con logotipo de LO JUSTO S.A.C. identificada con el N° 52529, en señal de haber realizado la calibración.

Antes de la calibración se realizó ajustes respectivos al instrumento de pesaje hechos por el personal encargado.

El intervalo de variación de temperatura en el lugar de ubicación de la balanza, fue considerado de acuerdo a la variación de temperatura registrada durante la calibración.

LO JUSTO S.A.C.  
2019-01-18

A 099871

Anexo 14. Certificado de Calibración del Multiparamétrico (Página 1 de 2).



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 554-19

<b>EQUIPO</b>	MULTIPARAMETRO	<b>FECHA DE CALIBRACIÓN</b>	12 de Junio del 2019
<b>PERTENECIENTE A</b>	RAULDAN S INGENIEROS AMBIENTALES S.A.C.	<b>LUGAR DE CALIBRACIÓN</b>	Laboratorio ECOSISTEM
<b>FABRICANTE</b>	Hach	<b>METODO DE CALIBRACIÓN:</b> Determinación del error de indicación del medidor de pH y CE, por el método de comparación directa, utilizando buffer de calibración certificados para el OD por saturación al 100% y para 0%	
<b>MODELO</b>	Hq 404	<b>CONDICIONES AMBIENTALES:</b>	
<b>TIPO</b>	VARIOS	<b>TEMPERATURA:</b>	20°C
<b>SERIE N°</b>	140200099837	<b>HUMEDAD RELATIVA:</b>	74%
<b>CODIGO INTERNO</b>	---	<b>ALCANCE DE INDICACIÓN:</b> Conductivity 0-9999µs/cm TDS 0-9999ppm Resistivity 10KΩ-30MΩ pH 0-14pH OD 0.1 - 20 mg/L Temp 0-30°C	
<b>SERIE DE SENSOR N°</b>	PH 173522567060 COS40442587004 OD140342597014 REDOX173633029002	<b>RESOLUCIÓN:</b> Conductivity 0.01 TDS 0.01 Resistivity 0.01 pH ±0.01pH OD ±0.00 Temp 0,01	
<b>CLASE DE EXACTITUD:</b>	Conductivity±1% of reading TDS ±1% of reading Resistivity ±1% of reading PH ±0.01 pH* OD ±0.1 from 0 to 8 mg/L Temp ±1%		

**TRAZABILIDAD:**

Buffer de Calibración de PH 4.01 @ 25°C precisión ± 0,002 pH (25°C) ISO 3696/BS 3978 LOTE 5435 EXP 10/2019  
 Buffer de Calibración de PH 7.00 @ 25°C precisión ± 0,002 pH (25°C) ISO 3696/BS 3978 LOTE 7657 EXP 10/2019  
 Buffer de Calibración de PH 10.01 @ 25°C precisión ± 0,002 pH (25°C) ISO 3696/BS 3978 LOTE 4566 EXP 11/2019  
 Buffer de Calibración de CE 1413 µs/cm @ 25°C precisión ± 0,01 CE (25°C) ISO 3696/BS 3978 LOTE 0257 EXP 06/2021  
 Buffer de Calibración de OD 0% @ 25°C precisión ± 0,01 SPEC1275 LOTE 42108 EXP 12/2019  
 Buffer de calibración de ORP 124mV @ 25°C precisión ± 0,01 LOTE 31145 EXP 12/2019

MEDICIÓN ANTES DE CALIBRACIÓN PH	PATRON PH	TEMP °C	DESPUES DE LA CALIBRACIÓN PH	ERROR	RECALIBRACIÓN: Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
4.02	4.01	25.00	4.01	0.00	
7.00	7.00	25.00	7.01	-0.01	
10.05	10.01	25.00	10.02	-0.01	

MEDICIÓN ANTES DE CALIBRACIÓN CE µs/cm	PATRON CE µs/cm	TEMP °C	DESPUES DE LA CALIBRACIÓN CE µs/cm	ERROR	PATRON ORP mV	ORP mV	ERROR
1395.00	1413	25.00	1410	3.00	124	122	2

MEDICIÓN ANTES DE CALIBRACIÓN OD %	PATRON OD %	TEMP °C	DESPUES DE LA CALIBRACIÓN OD %	ERROR
3.00	0.00	25.00	0.03	-0.03
110.00	100.00	25.00	109.01	-3.01

**OBSERVACIONES:**

El equipo esta dentro de los rangos aceptables

VoBo

**ECOSISTEM S.A.C.**  
 MARCELLINO TORANCAYA TAIPÉ  
 JEFE DE LABORATORIO

Urb. El Rosal Mz B9 Lt01- Uma 03  
 Cel: 971231941 Rpm: \*014957  
 info@ecosystemsac.com  
 www.ecosystemsac.com

Anexo 15. Certificado de Calibración del Multiparamétrico (Página 2 de 2).



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 554-19

TEMPERATURA

PH

PATRON °C	T pH °C	ERROR
5.00	4.99	0.01
15.00	14.98	0.02
25.00	24.90	0.10

CONDUCTIVIDAD

PATRON °C	T Con °C	ERROR
5.00	5.01	-0.01
15.00	15.00	0.00
25.00	25.01	-0.01

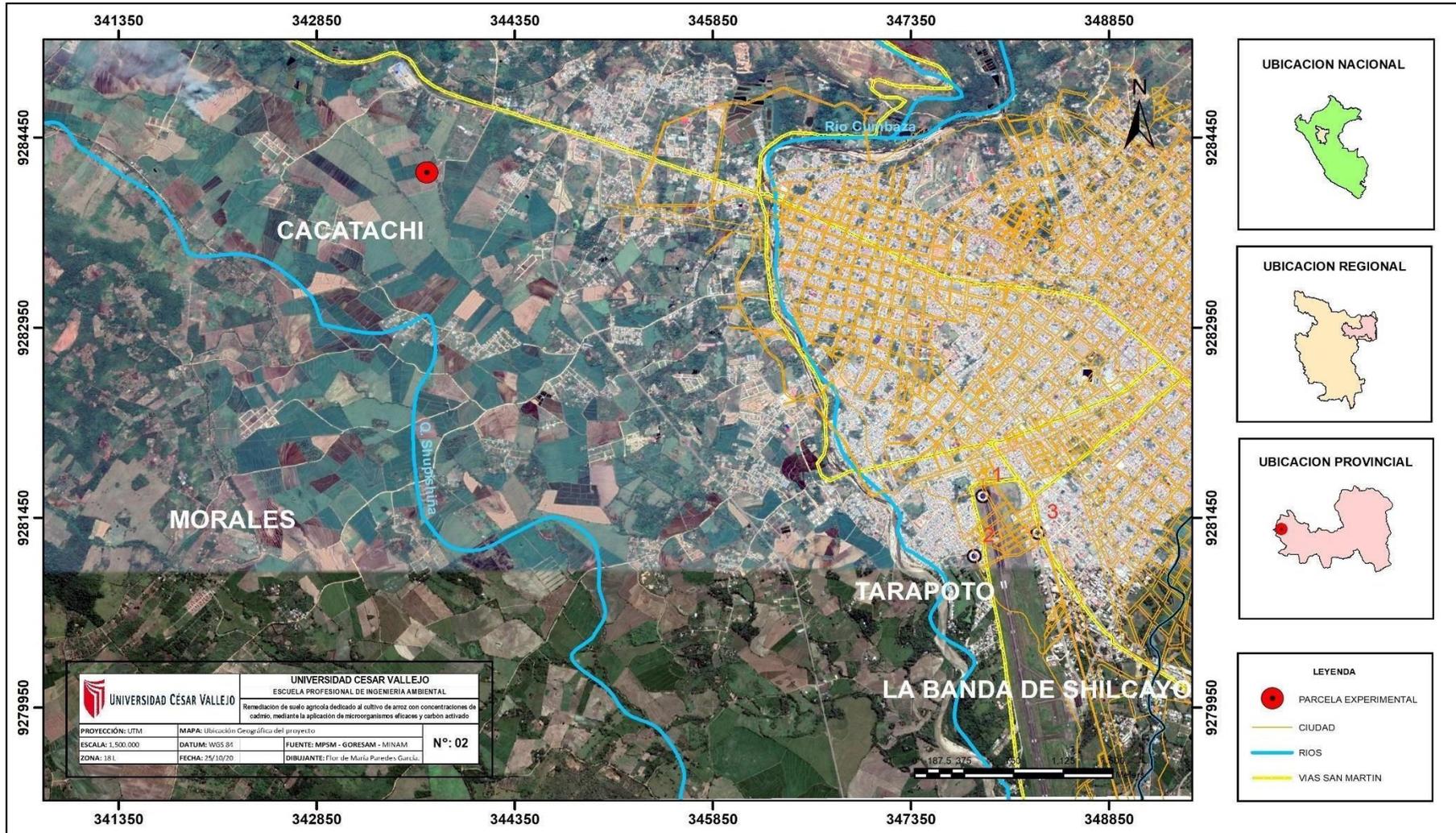
OXIGENO DISUELTO

PATRON °C	T OD °C	ERROR
5.00	5.00	0.00
15.00	14.99	0.01
25.00	25.02	-0.02

La temperatura fue verificada usando un patron con trazabilidad en Incal con certificado numero T-0209-2018 calibrado el 20/09/2018



Anexo 17. Mapa de ubicación de la parcela experimental.



Fuente: Copia del documento original, 2019.

**Anexo 18.** Panel fotográfico de las actividades realizadas en el desarrollo del proyecto.



Área donde se llevó a cabo la ejecución del proyecto (3 mes del tratamiento)  
*Fuente: Elaboración propia, 2019.*



Georreferenciación de la parcela experimental (Uso del GPS).

*Fuente: Elaboración propia, 2019.*



Toma de muestra para el proceso de caracterización del suelo en las parcelas.  
*Fuente: Elaboración propia, 2019.*



Muestreo para caracterización del suelo en las parcelas experimentales.  
*Fuente: Elaboración propia, 2019.*



Muestreo para determinar la concentración de cadmio (muestreo de identificación)

*Fuente: Elaboración propia, 2019.*



Preparación del medio para la reactivación de los microorganismos eficaces.

*Fuente: Elaboración propia, 2019.*



Preparación de los insumos para la activación de los microorganismos eficaces.  
*Fuente: Elaboración propia, 2019.*



Formulación de los microorganismos eficaces (determinaciones volumétricas).  
*Fuente: Elaboración propia, 2019.*



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, ROMERO PANDURO DINA MILAGROS, PAREDES GARCIA FLOR DE MARÍA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "REMEDIACIÓN DE SUELO AGRÍCOLA DEDICADO AL CULTIVO DE ARROZ CON CONCENTRACIONES DE CADMIO, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICACES Y CARBÓN ACTIVADO", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
PAREDES GARCIA FLOR DE MARIA <b>DNI:</b> 73360320 <b>ORCID</b> 0000-00032725-4011	Firmado digitalmente por: FLPAREDESG el 18-05-2021 21:08:48
ROMERO PANDURO DINA MILAGROS <b>DNI:</b> 73049100 <b>ORCID</b> 0000-0002-1187-7575	Firmado digitalmente por: DIROMEROP el 30-04-2021 14:37:37

Código documento Trilce: INV - 0162128