

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

**Remoción de Cadmio en Suelo Agrícola mediante la
Aplicación de Carbón Activado y Microorganismos de Montaña,
en la Urbanización Nueva Vida – Morales - 2019**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Por:
Sara Ruth Perez Vasquez

Asesor:
Mg. Jhon Patrick Ríos Bartra

Tarapoto, julio del 2020

DECLARACIÓN JURADA
DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de Investigación titulado: **“Remoción de Cadmio en Suelo Agrícola mediante la Aplicación de Carbón Activado y Microorganismos de Montaña, en la Urbanización Nueva Vida – Morales - 2019”** constituye la memoria que presenta la Bachiller Sara Ruth Perez Vasquez para aspirar al título Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presenta declaración en Morales, a los 15 días del mes de julio del 2020.



Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra

**“Remoción de Cadmio en Suelo Agrícola mediante la Aplicación
de Carbón Activado y Microorganismos de Montaña, en la
Urbanización Nueva Vida – Morales - 2019”**

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental

JURADO CALIFICADOR



**Presidente: Mtra. Dayan Shirley Romero
Vela**



Secretario: Ing. Ivone Vasquez Briones



Vocal: Ing. Henry Carbajal Mogollon



Asesor: Ing. Jhon Patrick Ríos Bartra

Morales 15 de Julio del 2020

Dedicatoria

Al finalizar este proyecto de tesis lo dedico a mis amados padres, Maura Amelia Vasquez Saavedra, Segundo Cecilio Perez Dávila. Que fueron personas fundamentales para poder llegar hoy en día hasta aquí, por su amor infinito y por el apoyo incondicional en mi formación personal y académica. Su perseverancia y lucha incansable han logrado de ellos el gran ejemplo a imitar y destacar, por parte mía y la de mis hermanos.

A mis amigos quienes compartí dentro y fuera del aula, personas con diferentes personalidades, pero con un gran corazón, gracias por su buena vibra y su buen humor, siempre dispuestos a sacarme una sonrisa, gracias por ser un grupo unido dispuestos ayudar incondicionalmente ante cualquier eventualidad adversa, por su complicidad en todas las travesuras, son los mejores, gracias.

Agradecimiento

A mi Dios por otorgarme la vida y ayudado en cada proyecto de mi vida, ha permitido que pueda concluir con éxito esta investigación.

A mi alma mater universidad peruana unión, donde me forme como profesionalismo, con ética, moral y respeto hacia los demás. Por crear en mi un espíritu misionero, de servicio y abnegación hacia las personas.

Agradecer a mi asesor el Mg. Delbert Condori Eleasil Moreno y a nuestro Coasesor el Blgo.Mg. Oscar Rojas Sánchez por habernos guiado durante el desarrollo de esta investigación, quienes me dieron las herramientas necesarias para poder finalizar esta investigación con éxito

A mis queridos docentes Ing. Ivonne Vásquez Briones, Ing. Dayani Romero, Ing. Henry Carbajal Mogollón, Ing Carmelino Almestar Villegas, por haberme compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión.

Índice

Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento	v
Índice de Tablas.....	viii
Índice de Figuras	ix
Índice de Anexos	x
Resumen	xi
Abstract.....	xii
Capítulo 1	13
Introducción.....	13
1.1 Problema de investigación	13
1.2 Objetivos	16
1.2.1 Objetivo general	16
1.2.2 Objetivo Específico	16
1.3 Justificación	16
1.4 Presuposición filosófica.....	18
Capítulo 2	19
Revisión de literatura.....	19
2.1 Fundamentos del objeto de estudio.....	19
2.1.1 Definición de Biorremediación	19
2.1.2 Tipos de Biorremediación	19
2.1.3 Agroquímicos	21
2.1.4 Clasificación de Agroquímicos	21
2.1.5 Carbón Activado.....	24
2.1.6 Microorganismos de Montaña.....	24
2.1.7 Maíz.....	26
2.1.8 Métodos de Evaluación	28
2.1.8.1. Espectrometría de masas.....	29
2.1.8.2. Espectroscopia de absorción atómica (AAS).....	30
2.1.8.3. Espectrometría de emisión atómica	31
2.2 Marco legal	31
Capítulo 3	35
Materiales y métodos.....	35
3.1 Descripción del lugar de ejecución	35

3.2	Población y muestra.....	37
3.2.1	Población	37
3.2.2	Muestra	37
3.3	Diseño de investigación	37
3.4	Formulación de la hipótesis	37
3.4.1	Hipótesis nula	37
3.4.2	Hipótesis alterna	38
3.5	Identificación de variables	38
3.5.1	Variable independiente	38
3.5.2	Variable dependiente	38
3.6	Operacionalización de variables	39
3.7	Metodología de la investigación	41
	Procesamiento de datos.....	47
	Capítulo 4	48
	Resultados y discusión	48
4.1	Resultados.....	48
4.2	Discusión	53
	Capítulo 5	56
	Conclusiones y recomendaciones.....	56
5.1	Conclusiones.....	56
5.2	Recomendaciones	57
6.	Referencias bibliograficas	58
7.	Anexos.....	617

Índice de Tablas

Tabla N° 01 Tipos de tratamientos.....	33
Tabla N° 02 Operalización de variables independientes.....	35
Tabla N° 03 Operalización de variables Dependientes.....	36
Tabla N° 04 Ro <i>Red de puntos de monitoreo</i>	428
Tabla N° 05 Para Parámetros de evaluación.....	439
Tabla N° 06 Implementos necesarios para el monitoreo de la calidad de agua.....	41
Tabla N° 07 Concentración de cadmio en muestras de suelo.....	42
Tabla N° 08 Eficiencia de remoción de Cadmio.	43
Tabla N° 09 Análisis de varianza del porcentaje de remoción.	44
Tabla N° 10 Prueba de Tukey.....	45
Tabla N° 11 Análisis de cadmio en muestra foliar.	47
Tabla N° 12 Descripción de las propiedades del suelo.....	47

Índice de Figuras

Figura N° 01. Acumulación de cadmio en cultivos vegetales de interés agrícola.....	28
Figura N° 02. Esquema genral de un espectrofotometro.....	286
Figura N° 03. Ubicación geográfica del área de estudio	362
Figura N° 04. Grafico de medias del porcentaje de remocion de cadmio en suelo.....	28
Figura N° 05. Grafica de medias del porcentaje de remocion de cadmio en muestras foliares.....	28

Índice de Anexos

Anexo N°01. Modelo de cadena de custodia.....	617
Anexo N°02. Estándares de calidad ambiental para suelo .	60
Anexo N°03. Informe de analisis especial en suelo .	61
Anexo N°04. Informe de analisis de suelo - fertilidad .	62
Anexo N°05. Trabajo de Campo y Laboratorio .	63

Resumen

Las aplicaciones más comunes en el proceso de biorremediación son, por ejemplo. Aquellas que logran modificar el ambiente con la finalidad de estimular el metabolismo de los organismos presentes; el empleo de cultivos de microorganismos y la bioaumentación, que consiste en identificar los organismos que lograron sobrevivir en el lugar del siniestro para luego ser reproducidos a escala y ser aplicados en el lugar de interés. ¿La utilización de carbón activado y microorganismos de montaña permitirá remediar suelos agrícolas con concentraciones elevadas de cadmio? Por ello el objetivo principal: Determinar el nivel de eficacia del CA y de los MM como agentes de remediación para suelo agrícola con concentraciones elevadas de cadmio en la urbanización Nueva Vida – Morales. Por lo que ejecutado el proyecto se concluye que de los tratamientos utilizados para el proceso de remediación de suelos contaminados con cadmio de la urbanización nueva vida en el distrito de Morales, el más efectivo resultado ser el tratamiento con MM.

Palabras clave: Microorganismos de montaña, Carbón Activado.

Abstract

The most common applications in the bioremediation process are, for example. Those that manage to modify the environment in order to stimulate the metabolism of the organisms present; the use of cultures of microorganisms and bioaugmentation, which consists in identifying the organisms that managed to survive in the place of the incident and then be reproduced at scale and applied at the place of interest. Will the use of activated charcoal and mountain microorganisms allow to remedy agricultural soils with high concentrations of cadmium? Therefore, the main objective: To determine the level of effectiveness of the CA and the MM as remediation agents for agricultural land with high concentrations of cadmium in the Nueva Vida - Morales urbanization. Therefore, the project is concluded that of the treatments used for the remediation process of contaminated soils with cadmium from the new life urbanization in the district of Morales, the most effective was the treatment with MM.

Keywords: Mountain microorganisms, Activated Carbon.

Capítulo 1

Introducción

1.1 Problema de investigación

La remediación es la agrupación de operaciones que se deben realizar para controlar, disminuir o eliminar el nivel de los contaminantes que pueden ser difusos o puntuales (en suelo y/o subsuelo). Entre los métodos de remediación existen métodos físicos, químicos y biológicos, a estos últimos también se los conoce como biorremediación, la cual es una tecnología basada en la utilización de organismos vivos, como; vegetales, algas, hongos y/o bacterias, con la finalidad de absorber, degradar o transformar los contaminantes y retirarlos del medio en el que se encuentren alterándolo ^[1].

Las aplicaciones más comunes en el proceso de biorremediación son, por ejemplo. Aquellas que logran modificar el ambiente con la finalidad de estimular el metabolismo de los organismos presentes; el empleo de cultivos de microorganismos (consorcios en forma de esporas, liofilizados u otros formulados, para favorecer la degradación, transformación o bioacumulación de distintos contaminantes) y la bioaumentación, que consiste en identificar los organismos que lograron sobrevivir en el lugar del siniestro para luego ser reproducidos a escala y ser aplicados en el lugar de interés ^[2].

A nivel mundial la utilización de sustancias químicas en el control de las plagas se expandió de una manera vertiginosa a fines de los años cuarenta, como parte de una estrategia propuesta por los países industrializados. Algunos autores hacen hincapié en que los plaguicidas, como productos tecnológicos, no son un resultado natural ni un producto superior a la esperada evolución tecnológica; pero sí podrían ser considerados un producto con gran influencia social, generado por una estrategia con tendencia industrial impuesto como modelo dominante a escala mundial. ^[3].

Cada 26 de diciembre se conmemora el “Día Mundial Contra el Uso Indiscriminado de Agroquímicos”, fecha que se orienta a llamar a la meditación y toma de conciencia de la realidad existente, por lado de la población mundial, sobre la grave problemática ambiental que conlleva el uso indiscriminado de los productos considerados como agroquímicos ^[4].

En los países latinoamericanos, a través del tiempo de la industrialización se ha sufrido una serie de episodios, donde la remediación de los suelos mediante procesos biotecnológicos ha conllevado años para completar la restauración y recuperación de las áreas impactadas, dependiendo entre otros factores, de la cantidad de contaminante y de condiciones ambientales que favorezcan la proliferación y actividad de los organismos que se utilicen ^[5].

En el Perú, el uso de agroquímicos que se empleen en la agricultura debe estar controlado por entidades gubernamentales como son el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA), caso contrario, los productos agrícolas deberían ser considerados como sospechosos o de dudosa procedencia y en su defecto no podrían ser exportados a los mercados internacionales. El SENASA promueve programas de control biológico, con el que se busca una agricultura amigablemente ambiental y menos perjudicial para los consumidores generando oferta y demanda de biocontroladores, promoviendo la formación de laboratorios con estas características; a través de convenios de cooperación y asistencia técnica nacionales e internacionales ^[6].

En estudios realizados en el Perú sobre la absorción cadmio por parte de las plantas de maíz en suelos abonados con fosfato diamónico; se obtuvo que la absorción de cadmio por la planta en la parte foliar, sus mayores niveles de adsorción se obtuvieron con las mayores dosis, caso particular cuando se usó 200 ppm de fosfato diamónico en suelo arenoso, seguido por la aplicación de 200 ppm de roca fosfórico en suelo franco arenoso. Sobre la absorción de cadmio por la planta en la zona de la raíz, el mayor resultado se obtuvo de la misma manera con la mayor dosis, y teniendo como fuente el fosfato diamónico. De esta manera, cuando se aplicó

200 ppm de fosfato diamónico en el suelo franco arenoso, seguido por el tratamiento de 200 ppm de fosfato diamónico en el suelo arenoso. Las plantas de maíz tuvieron los más altos niveles para la extracción de cadmio en la parte foliar bajo el suelo arenoso, especialmente cuando se usó 200 ppm de fosfato diamónico seguido por el tratamiento de 200 ppm de roca fosfórica. En la zona de la raíz estos resultados no fueron similares, ya que los mayores valores de extracción se obtuvieron en el suelo franco arenoso, y en esta textura se halló que se obtuvieron mayores niveles cuando se aplicó fosfato diamónico con la dosis de 100 ppm, seguido por el tratamiento de 200 ppm bajo la fuente de roca fosfórica.^[7]

Las utilizaciones de elementos sencillos con el carbón activado en el proceso de remoción de metales pesado han logrado demostrar una eficiencia en comparación con otros productos como que el biocarbón, en reducir la disponibilidad y absorción de cadmio en plantas de tomate, debido a la mayor área y carga superficial que presenta. Las plantas tratadas con concentraciones de biocarbón mostraron una elevada producción de materia seca que las plantas tratadas con carbón activado. La absorción y los niveles de cadmio en raíz, tallo, hoja y fruto, fueron menores en plantas de tomate tratadas con carbón activado que en plantas tratadas con biocarbón, evidenciando que el carbón activado es más eficiente que el biocarbón en la disminución de la absorción de cadmio.^[8]

En la Amazonía, la biorremediación se aplica desde los 90 para tratar suelos contaminados con petróleo, aunque según reportes del MINAM, indican de siniestros en el año 70 que a medida que ha transcurrido el tiempo los derrames de petróleo se fueron intensificando por diversas causas. A pesar de los métodos de prevención supuestamente aplicados por las empresas dedicadas al rubro de la petroquímica en muchos casos el crudo derramado no ha sido recuperado para tratarlo en una estación y reinyectarlo a la producción, por lo cual es recogido

con palas mecánicas y volquetes y luego transportado a explanadas para su biorremediación in situ ^[9].

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente y nuestra realidad actual, se plantea la siguiente interrogante: ¿La utilización de los microorganismos de montaña y carbón activado lograra enmendar suelos agrícolas con concentraciones altas de cadmio?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar el nivel de eficacia del carbón activado y de los microorganismos de montaña como agentes de remediación para suelo agrícola con concentraciones elevadas de cadmio en la urbanización Nueva Vida - Morales.

1.2.2 Objetivo Específico

- Determinar el nivel de concentración de cadmio en suelos agrícolas de la urbanización Nueva Vida - Morales.
- Elaborar y probar dos tratamientos diferentes de microorganismos de montaña y carbón activado para enmendar suelos agrícolas con concentraciones altas de cadmio.
- Evaluar el nivel de concentración residual de cadmio en suelos agrícolas, tras la aplicación de los tratamientos con carbón activado y microorganismos de montaña.

1.3 Justificación

La contaminación del suelo es un tema de preocupación mayor, en la actualidad existen una gran cantidad de suelos contaminados en el Perú, debido principalmente a las actividades mineras, energéticas, agrícolas y otras; Es así que en la actividad agrícola en nuestro país se ha dado el uso excesivo de agroquímicos como herbicidas, fungicidas, bactericidas, rodenticidas, insecticidas y otros. Estos contaminantes han llevado a que los nutrientes que enriquecen nuestros suelos para la agricultura se vayan deteriorando y pierdan su productividad o en su defecto contaminen las aguas subterráneas y superficiales ^[10].

Es por ello que, el presente trabajo de investigación, basándose en las características, propiedades y comportamiento del suelo, se puede aprovechar las propiedades que tiene el carbón activado para absorber o retener los contaminantes como el cadmio presente en el suelo agrícola y asimismo utilizar a los microorganismos de montaña que de alguna manera ellos lograron degradar o bioacumular el metal pesado como el cadmio.

Esta investigación pretende dar a conocer cuál es la capacidad del carbón activado y los microorganismos de montaña para remediar un suelo con concentraciones elevadas de cadmio, a través de ello poder lograrla recuperación y/o minimización de los impactos del mencionado agroquímico en el suelo, teniéndose en cuenta que la Biorremediación es una alternativa ecológica de mejora de los ecosistemas, que tiene un costo bajo y generara beneficios para la población. Asimismo, dicha investigación se realizó con la finalidad de aportar conocimiento tanto a la población como a los profesionales dedicados al cuidado del medio ambiente de poder recomendar a esta aplicación como una alternativa viable y de bajo costo.

Finalmente, los resultados de la evaluación permiten interpretar el efecto que genere la aplicación del carbón activado y el uso de los microorganismos de montaña para remediar suelos con concentraciones elevadas de cadmio. Teniendo en cuenta que la población de la zona agrícola correspondiente a la urbanización Nueva Vida, requieren información fidedigna respecto a la problemática que presentan sus suelos y de esta manera poder evitar se tergiverse los comentarios o sospechas de ciertos grupos que alarman a la población y crean conflictos sociales.

1.4 Presuposición filosófica

Génesis 1:28 establece “Y los bendijo Jehová, y les hablo: Fructificad y multiplicaos; poblad la tierra, y sojuzgadla, y señoread en los peces del mar, en las aves de los cielos, y en todos los animales que se desplacen sobre la tierra” (Reyna Valera 1960). El señor en su infinito amor, nos otorgó el privilegio de cuidar toda su creación, incluyendo nuestras fuentes hídricas y todo organismo que habita dentro de dicho ecosistema. El manejo adecuado de las aguas residuales es una muestra clara de obediencia además del cuidado de este recurso natural tan importante para la vida. Así mismo, Salmo 89:11 señala que “Tuyos son los cielos, tuya también los suelos; el planeta y su abundancia, tú lo erigisteis” (Reyna Valera 1960).

Este trabajo de investigación tiene por finalidad, contribuir al cuidado de las fuentes hídricas a través de un adecuado manejo, sencillo y sostenible de las aguas residuales generadas. Cumpliendo de esta manera el mandato que Dios nos ha dado.

Capítulo 2

Revisión de literatura

2.1 Fundamentos del objeto de estudio

2.1.1 Definición de Biorremediación

Es una técnica 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. La biorremediación 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 bioaugmentación 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).

2.1.2 Tipos de Biorremediación

A. Fitorremediación

La remediación haciendo 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 lo 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 2018).

B. Bioacumulación

La bioacumulación se 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).

C. Bioestimulación

Esta técnica de remediación “es un procedimiento en la cual se agregan macro y micro nutrientes al suelo para incitar el desarrollo microbiano y así elevar la población de microorganismos” (López, et al 2016).

D. Biodegradación

La biodegradación es una técnica de “descomposición orgánica por microorganismos, en la que los materiales pueden transformarse en sustancias más simples, caso de contribuir al reciclaje de nutrientes o a la eliminación de contaminantes en la naturaleza (pesticidas, plásticos, etc.)”. (Sánchez, et al 2016).

E. Bioaumentación

El principio de la bioaumentación “es de utilizar bacterias altamente especializadas para incrementar y mejorar, la capacidad de digestión total de la población bacteriana natural, presente en los planes de tratamiento de aguas servidas y suelos”. “Esta tecnología se utiliza al requerir solucionar problemas de contaminación a “corto tiempo”, o cuando la biota autóctona es insuficiente o incapaz de llevar a cabo el proceso de remediación” (Windevoxhel, et al 2011)

2.1.3 Agroquímicos

Los agroquímicos “son compuestos químicos o mezclas de compuestos, destinadas a eliminar, repeler, controlar o evitar el crecimiento de los organismos vivos definidos como plagas. Son todas aquellas sustancias que se utilizan en la agricultura para el mantenimiento y la conservación de los cultivos”.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) define al agroquímico biosida como una sustancia o mezclas de estas para prevenir, destruir o controlar plagas, incluyéndose vectores, especies vegetales o animales no deseadas que generan perjuicio de alguna forma de producción de interés, elaboración, almacén, traslado o expendio de comestibles, insumos agrícolas, madera o comestibles para animales, combatir insectos, arácnidos u otras plagas. “En las actividades agrícolas, los agroquímicos, tanto plaguicidas como fertilizantes, son productos de uso difundido y contribuyen a disminuir el esfuerzo físico en las actividades agrícolas” [17].

2.1.4 Clasificación de Agroquímicos

A. Plaguicidas

Los plaguicidas, “también referidas como pesticidas, son compuestos químicos destinados a combatir pestes o plagas. Se crearon por la necesidad de controlar poblaciones de organismos dañinos para la salud humana, para los cultivos o productos almacenados y la de animales de casa”. “Son compuestos químicos –orgánicos, inorgánicos o microbiológicos–

líquidos o sólidos que generan efectos dañinos sobre algunos organismos vivos. Se empleaban generalmente para mermar plagas de la agricultura” [18].

B. Fertilizantes

Según el Manual técnico – Propiedades generales de los fertilizantes [17] los fertilizantes de uso agrícola “son materiales orgánicos o inorgánicos, de origen natural como yacimientos minerales o manufacturados en procesos químicos, los cuales tienen como objetivo suministrar a las plantas uno o varios de los elementos nutricionales requeridos para su crecimiento. Para que un producto sea considerado como fertilizante es indispensable que sea soluble y químicamente disponible para la planta, ya que de los 18 elementos nutricionales considerados como esenciales para las plantas, 15 de ellos son tomados en solución como iones”.

La definición de “fertilizantes minerales y no químicos o artificiales”, “de manera general el P y K proceden de yacimientos naturales y el N de la síntesis de nitrógeno atmosférico con hidrógeno para formar amoníaco y CO₂ para formar urea”. “El mundo actual exige alimentos y materias primas que cumplan con todos los conceptos de calidad tales como la apariencia, sabor, olor, persistencia, cocción, etc. No obstante, para obtener la cantidad y calidad de los diferentes productos agrícolas es necesario tener niveles de suficiencia de los 18 elementos esenciales, lo cual se logra más fácilmente con fertilizantes minerales que con materiales orgánicos o contando solamente con la fertilidad natural del suelo” (Vélez , 2014).

Con respecto a la fuente de origen de los elementos nutricionales utilizados en los fertilizantes y enmiendas se hacen las siguientes anotaciones:

a) Nitrógeno

b) El N “es el nutriente que presenta deficiencias más generalizadas en la mayoría de cultivos, sin embargo, si los otros elementos nutricionales no se encuentran en niveles de suficiencia la toma de N será limitada” (Guerrero, 2015).

c) Fosforo

Resulta que “la industria de los fertilizantes ha tenido un floreciente ascenso desde que Gilbert y Lawes en el año de 1982 usaron ácido sulfúrico para transformar la roca fosfórica, materia prima de todos los fertilizantes fosfóricos, en superfosfato” [21].

Las empresas que producen y comercializan fertilizantes importan diferentes materiales como “compuestos fosfóricos entre ellos la roca fosfórica, fosfatos de amonio y ácido sulfúrico, los cuales son comercializados como materia prima para la formación de otros fertilizantes con contenidos nutricionales variados” (Guerrero, 2015).

En Latinoamérica “las rocas fosfóricas que han mostrado mejor respuesta agronómica son las ubicadas en Feobayovar - Perú, Huila, Pezca y Sardinata - Colombia, y Brasil con los materiales menos reactivos y más amigables para el ambiente” [22].

d) Potasio

El potasio “constituye el 2,2% del peso de la corteza terrestre, ubicándose como el octavo en orden de abundancia. Aunque muchos minerales de potasio son insolubles, los depósitos que provienen de antiguos lechos marinos y lagos permiten obtener materiales que se pueden utilizar en la agricultura” (Guerrero, 2015).

e) Otros nutrientes

La caliza “es el mineral más representativo, siguiendo en orden de abundancia las calizas dolomíticas las cuales tienen contenidos hasta del 19%” [22].

C. Inoculantes

Los inoculantes microbianos “son productos tecnológicos basados en microorganismos, promotores del crecimiento vegetal”. “Las preparaciones de microorganismos beneficiosos para aplicación en semillas o suelos, son con la finalidad de incrementar su número, dando mayor disponibilidad de nutrientes para la sustentabilidad de la agricultura, particularmente en regiones económicamente deprimidas. Inoculantes microbianos” (Guerrero, 2015).

2.1.5 Carbón Activado

El carbón activado “al igual que otros tipos de carbón, forman un grupo de materiales carbonosos en los cuales la estructura y propiedades son más o menos similares a la estructura y propiedades del grafito”. “Además se caracteriza por poseer una estructura cristalina reticular muy similar a la del grafito solo que el orden en la estructura del carbón activado es menos perfecto” (Yuso, 2012).

2.1.6 Microorganismos de Montaña

Son aquellos organismos que no pueden ser contemplados a simple vista y requieren de un microscopio para su análisis, el crecimiento de cualquiera o todos los tipos de microorganismos en un determinado residuo industrial dependerá de las características químicas de los residuos industriales, las limitaciones ambientales del sistema de residuos particular y las características bioquímicas de los microorganismos. Todos los microorganismos que crecen en un determinado sistema de eliminación de residuos industriales contribuyen a sus características generales, tanto buenas como malas. Es importante reconocer las contribuciones hechas por cada tipo de organismo a la estabilización general de los residuos orgánicos ^[24].

Los Microorganismos de Montaña contienen aproximadamente un número de 80 especies de microorganismos, pertenecientes a unos 10 géneros, que forman parte generalmente a cuatro

grupos: bacterias fotosintéticas, bacterias productoras de ácido láctico, actinomicetos y levaduras. En un suelo degenerado por el abuso de sustancias agroquímicas, en la que la actividad de los microorganismos es casi nula, en tanto que, en un suelo fértil, la flora y la fauna microbiana presentes son los responsables de mediar los procesos de intercambio entre el suelo agrícola y las plantas. Para ello la clave para cambiar de una agricultura tradicional a una agricultura ecológica es restablecer el suelo, el cual se consigue adicionando los Microorganismos de Montaña, los cuales presentan las siguientes funciones: descomponen las sustancias orgánicas, compiten con los microorganismos patógenos, almacenan los nutrientes para las plantas, adhiere el nitrógeno en el suelo agrícola, degeneran las sustancias tóxicas (pesticidas), elaboran sustancias y compuestos naturales que mejoran la textura del suelo agrícola (Tencio, 2014).

Lo beneficioso de utilizar Microorganismos de Montaña, son muchos. En los viveros, aceleran la germinación, proporcionan mayor crecimiento de raíz, hojas y tallos; en el suelo agrícola disminuye la compactación, regulando las poblaciones de los organismos perjudiciales y en las plantas, ayudan a la productividad, favorecen el crecimiento de nuevos brotes, la floración y de esta manera las hacen menos susceptibles a insectos y patologías. Estos sólo son los pocos ejemplos por mencionar, por lo que los usos de los microorganismos de montaña, son muchísimos. A continuación, se mencionan los grupos más representativos del microorganismo de montaña según Monjaras, 2016.

2.1.6.1 Bacterias fototróficas (*Rhodopseudomonas* spp.)

Usan la energía solar y el calor del suelo para convertir las sustancias de las raíces, materia orgánica y los gases dañinos que en ciertas ocasiones son los causantes de producir malos olores, en sustancias que favorecen el crecimiento de las plantas.

2.1.6.2 Bacterias acidolácticas (*Lactobacillus* spp.)

Son microorganismos capaces de destruir a otros microorganismos que son perjudiciales para las plantas. Favorecen rápidamente la descomposición de las sustancias orgánicas para que sean aprovechadas en los cultivos.

2.1.6.3 Levaduras (*Saccharomyces* spp.)

Elaboran las sustancias conocidas como hormonas y enzimas, que favorecen en la reproducción de las células y estimulan el desarrollo de las raíces del cultivo.

2.1.6.4 Actinomicetos (*Actinomyces* spp.)

Hongos benéficos que controlan a ciertos organismos fúngicos y bacterias patógenas (causantes de patologías), y que proporcionan a las plantas una mayor resistencia a través de la exposición con patógenos debilitados.

2.1.7 Maíz

El *Zea mays*, es una gramínea anual propia y domesticada por las comunidades indígenas en el centro de México desde hace aproximadamente unos diez mil años, siendo introducida en Europa durante el siglo XVII. Los indígenas taínos del Caribe llamaban a esta gramínea mahís, cuyo significado literalmente es ‘lo que sustenta la vida. El área radicular del maíz se genera a partir de la radícula de la semilla, que fue sembrada a una adecuada profundidad para lograr un desarrollo idóneo.

El desarrollo de las raíces disminuye después que la plúmula sale, y aparentemente, detiene totalmente su crecimiento en la fase de tres hojas de la plántula. Las raíces iniciales adventicias desarrollan a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo; esto sucede, normalmente a una hondura uniforme, sin relación con la profundidad con la que fue puesta la semilla. Un conjunto de raíces adventicias crece a partir de cada nudo consecutivamente hasta llegar a siete o diez nudos, todos abajo de la superficie del suelo. Las raíces adventicias crecen en una red gruesa de raíces fibrosas. Siendo las raíces adventicias el principal sistema de fijación de la planta, y aparte de asimilar agua y nutrientes. El tallo del maíz es robusto, conformado por nudos y entrenudos que están más o menos distantes; pueden presentar de 15 a 30 hojas alargadas y poseer abrazadoras de 4 a 10 cm de ancho por 35 a 50 cm de longitud; tienen borde áspero, finamente ciliado y algo ondulado. Desde la base donde nace el pedúnculo que retiene la mazorca, la parte del tallo es circular hasta la panícula o inflorescencia viril que corona al maíz (Deras 2012)

La principal fuente de contaminación de cadmio en el ser humano es la ingesta de vegetales contaminados con este metal. El cadmio se puede hallar diluido en el agua presente en el suelo, asimilados en superficies orgánicas e inorgánicas, constituyendo parte de minerales, precipitado junto a otras sustancias del suelo o adherido a estructuras biológicas. La biodisponibilidad del cadmio para un vegetal depende de varios factores biológicos, químicos y físicos que cambian su solubilidad y el estado del elemento en el suelo. Uno de los primordiales factores es el pH del suelo agrícola, el potencial oxido reducción, la temperatura y en la concentración de materia orgánica, arcillas, y agua. Es importante señalar el tipo de cultivo del que se tiene, ya que no todos los vegetales acumulan cadmio en igual manera En la Figura N° 01, se presenta la capacidad para almacenar cadmio de diferentes especies de plantas de interés agrícola. (Rodríguez et al 2008).

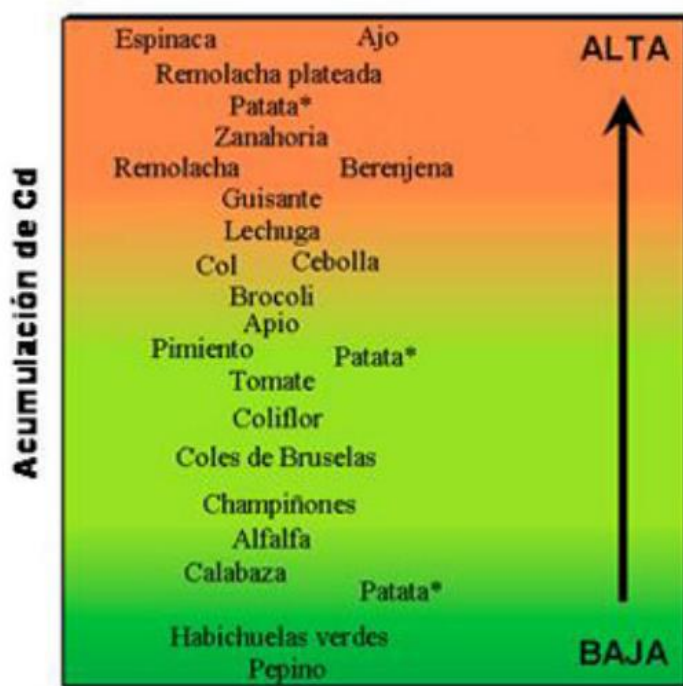


Figura N° 01. Acumulación de cadmio en cultivos vegetales de interés agrícola.
Fuente: Revista Ecosistema 2008

2.1.8 Métodos de Evaluación

Un suelo contaminado es un tema que debe ser atendido de manera indefinida con el fin de elaborar soluciones para mejorar las condiciones del medio ambiente. Es grande el impacto y el nivel de daño de estos tipos de suelo de uso agrícola y de ganadería tradicional. La utilización de técnicas que permitan en un tiempo relativamente corto se mejore la calidad de estos suelos y de la misma forma se disminuyan los niveles de contaminación. Para definir una forma de descontaminación se hace fundamental que esta conserve la estructura física y las características biológicas del suelo, además de tener presente el tipo de contaminación al que se expone; y las condiciones del suelo agrícola y la zona en general ^[25]. A continuación, se explica los principales métodos de evaluación para la determinación de plomo:

2.1.8.1. Espectrometría de masas

Según ^[24], considera que “las técnicas para ionizar, separar y detectar iones hay un esquema básico simple que siguen todos los espectrómetros”. “Un espectrómetro de masas consiste en una fuente de iones, un analizador de masas y un detector que funcionan bajo condiciones de alto vacío”. La evaporación e 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 (Fig. 2).

El consumo de analito por su examen en el espectrómetro de masas “es un aspecto que merece nuestra atención: mientras que 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”. “Esto se desprende del proceso de ionización y movimiento de traslación a través del analizador de masas hasta el detector durante el análisis”. “Aunque se consume alguna muestra, todavía puede considerarse prácticamente no destructivo, sin embargo, debido a que la cantidad de analito necesaria se encuentra en el rango bajo de microgramos o incluso en varios órdenes de magnitud a continuación”. “A su vez, el extremadamente bajo consumo de muestra de la espectrometría de masas lo 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”.

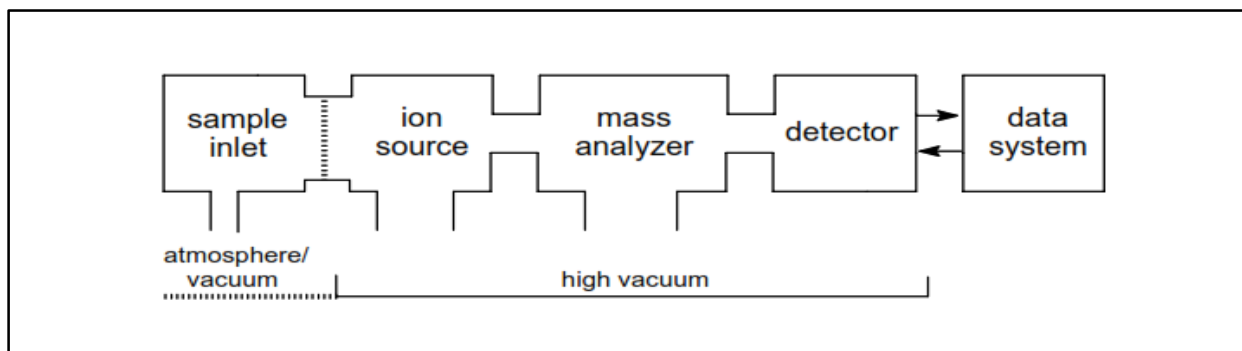


Figura N° 02. Esquema general de un espectrómetro de masas.

Fuente: Gross, 2011.

2.1.8.2. Espectroscopia de absorción atómica (AAS)

La espectrometría de absorción atómica “es una técnica para determinar la presencia y concentración de un elemento metálico determinado en una muestra problema”. “Puede ser utilizada para examinar la concentración de más de 61 elementos metálicos diferentes en una solución”.

Esta técnica “usa la espectrometría de absorción para examinar la concentración de un analito en una muestra problema”. “Se fundamenta en la ley de Lambert - Beer, donde los electrones en el atomizador pueden ser llevados a orbitales más altos por un corto tiempo mediante la absorción de una cantidad de energía (luz de una determinada longitud de onda)”. “Esta cantidad de longitud de onda se relaciona especialmente a un cambio de electrones en un elemento particular, y en común, cada segmento de onda corresponde a un solo elemento”. “Como el grado de energía que se coloca en la llama es conocida, y la cantidad restante en el otro lado (el detector) se puede calcular, es posible, a partir de la ley de Lambert - Beer, evaluar cuántas de estas transiciones tienen lugar, y así agenciarse de una señal que es reciproca a la concentración del elemento que se analiza” [27].

2.1.8.3. Espectrometría de emisión atómica

La espectrometría de emisión “es un método analítico que usa la radiación electromagnética que se emite por una muestra sólida, líquida o gaseosa que debe ser sometida con anterioridad a un proceso de excitación mediante energía eléctrica”.

Esta técnica “puede utilizarse con fines analíticos cualitativos y cuantitativos, donde la variable cualitativa es la longitud de onda de las líneas irradiadas, que favorece el reconocimiento de elementos, En tanto que la variable cuantitativa es la magnitud de las líneas espectrales”. “En principio, el procedimiento puede emplearse para todos los elementos, siempre que se tenga una fuente de excitación lo suficientemente energética, si bien, en la realidad, su utilización se limita a unos 71 elementos aproximadamente, ya que las líneas de irradiación de algunos corresponden a la zona del ultravioleta de vacío, la cual no es fácilmente accesible con los instrumentos que comúnmente se utiliza” [28].

2.2 Marco legal

▪ Constitución Política del Perú

Competencia de los gobiernos regionales

Artículo 192°.- Los gobiernos regionales favorecen el crecimiento de la economía regional, fomentan las inversiones, actividades y servicios públicos que les corresponden, en asociación con las políticas y planes nacionales y locales de desarrollo. Son competentes para:

1. Promover y regular actividades y/o servicios en materia de agricultura, pesquería, industria, agroindustria, comercio, turismo, energía, minería, vialidad, comunicaciones, educación, salud y medio ambiente, conforme a ley (MINJUSDH, 1993).

➤ **Ley N° 28611 - Ley General de Ambiente**

TÍTULO I: Política nacional del ambiente y gestión ambiental

Capítulo 3: Gestión ambiental

Artículo 31.- Del Estándar de Calidad Ambiental

31.1 El Estándar de Calidad Ambiental - ECA es la escala que representa el nivel de concentración o del grado de elementos, compuestos o parámetros biológicos, químicos y físicos, presentes en el agua, aire o suelo, en su forma de cuerpo receptor, que no representa riesgo relevante para la salud de las personas ni al medio ambiente. Según el estándar en particular a que se refiera, la concentración o grado podrá ser referida en máximos, mínimos o rangos.

31.2 El ECA es indispensable en el diseño de las normas legales y las políticas públicas. “Es un referente necesario en el diseño y aplicación de todos los instrumentos de gestión ambiental.

31.3 No se da la certificación ambiental correspondiente mediante la Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental, cuando el respectivo EIA concluye que la implementación de la actividad implicaría el incumplimiento de algún nivel de Calidad Ambiental. Los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental también deben tener en cuenta los Estándares de Calidad Ambiental al instante de establecer las responsabilidades respectivas.

31.4 Las autoridades judiciales o administrativas no podrán hacer uso de los estándares nacionales de calidad ambiental, con el propósito de sancionar bajo forma alguna a personas naturales o jurídicas, salvo que se demuestre que existe causalidad entre su actuación y la falta de dichos estándares. Las sanciones deben basarse en el incumplimiento de obligaciones a cargo de las personas jurídicas o naturales, incluyendo las presentes en los instrumentos de gestión ambiental.

➤ **Título III: Integración de la legislación ambiental**

Capítulo 1: Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales

Artículo 91.- Del recurso suelo

El Estado es el encargado de promocionar y regular el uso adecuado del recurso suelo, buscando evitar o reducir su pérdida y deterioro por erosión o contaminación. Cualquier actividad tanto de servicios o económicas debe evitar el uso de suelos con aptitud agrícola, según lo permitan las normas correspondientes.

Capítulo 3: Calidad ambiental

➤ **Artículo 113.- De la calidad ambiental**

113.1 Toda persona jurídica o natural, privada o pública, tiene el deber de aportar a prevenir, mantener y recuperar la calidad del medio ambiente y de todos sus componentes.

113.2 Son objetivos de la gestión ambiental en materia de calidad ambiental:

a. Preservar, mantener, mejorar y restablecer, según sea el caso, la calidad del agua, el aire y los suelos y demás componentes del medio ambiente, reconociendo y controlando los factores de riesgo que la afecten (MINAM, 2005).

➤ **Decreto Supremo N° 0011-2017-MINAM**

Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo

Suelo agrícola: Terreno destinado a la producción de cultivos, pastos y forrajes cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el desarrollo de cultivos y la ganadería. Esto incluye suelos clasificados como agrícolas, que presentan un hábitat para especies establecidas y transitorias, además de fauna y flora nativa, como es en referencia las áreas naturales protegidas. La presencia de los metales pesados tales como cadmio se establece un valor de 1.4 mg/Kg ^[31].

**Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola N° 001 – 2015 -
MINAGRI**

Título VII: Rol en el sistema nacional de plaguicidas de uso agrícola (SNPUA)

59.1. El SENASA autorizará la investigación de plaguicidas de uso agrícola que ya han concluido con toda su fase de desarrollo, por parte de personas naturales o jurídicas, públicas o privadas, cumpliendo el interesado para tales efectos con los requisitos establecidos en el Anexo 10.

Anexo 10: Requisitos para el permiso de investigación de plaguicidas de uso agrícola.

Preparados minerales:

Pureza y contenido de cualquier sustancia contaminante (metales pesados) ^[32].

Capítulo 3

Materiales y métodos

3.1 Descripción del lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se realizó en la urbanización Nueva Vida (carretera Polvoraico) del distrito de Morales. A continuación, se presenta la siguiente ubicación política y geográfica. El clima del distrito de Morales es cálido durante la mayoría de las estaciones del año, presenta una temperatura que varía entre los 22 a 34 °C, tiene una condición mayormente despejada y con vientos promedio de 5 Km/h aproximadamente.

a. Ubicación política

País/Región/Provincia: Perú/San Martín/San Martín.

b. Ubicación geográfica:

Coordenadas WGS 84 UTM Zona 18 S:

Este:	347024.
Norte:	9283662.
Altitud (m.s.n.m.):	284.
Extensión (Km ²):	43.91 Km ² (Ver mapa 1).

c. Límites del distrito de Morales

Por el norte:	Distrito de San Antonio
Por el sur:	Provincia de Lamas y Distrito de Juan Guerra
Por el este:	Distrito de Tarapoto y Juan Guerra
Por el oeste:	Distrito de Cacatachi y la Provincia de Lamas

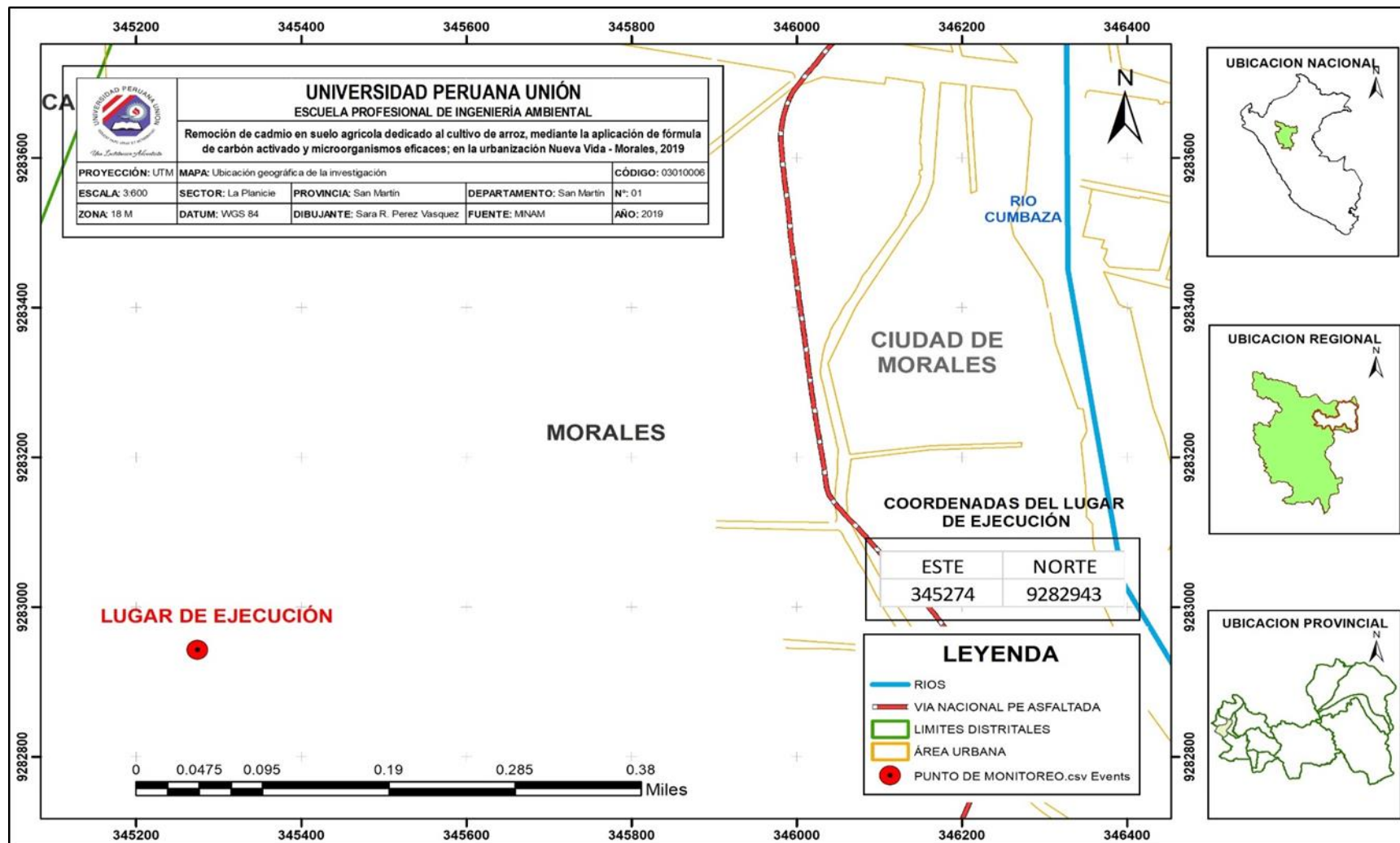


Figura N°03. Ubicación geográfica del área de estudio
Fuente: Elaboración propia

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

EL estudio estuvo conformado por un suelo agrícola con concentraciones elevadas de cadmio, donde mi población fue una hectárea, y mi muestra estuvo conformada 45 kg de Suelo Agrícola en la urbanización Nueva Vida, carretera Polvoraico - Morales.

3.2.2 Muestra

EL estudio estuvo conformado por un suelo agrícola con concentraciones elevadas de cadmio, donde mi población fue una hectárea, y mi muestra estuvo conformada 45 kg de Suelo Agrícola en la urbanización Nueva Vida, carretera Polvoraico – Morales.

Diseño experimental, tipo factorial 2x2x3 repeticiones + 1 testigo, esto incluyo dos factores, el factor carbón activado y el factor microorganismos de montaña más un testigo y se evaluaron con 3 repeticiones.

Tabla 01: Tipos de Tratamientos

MUESTRA	CARBON ACTIVADO	MICROORGANISMO DE MONTAÑA	0% (TESTIGO)	TOTAL
Suelo agrícola	R1	R1	R1	09
	R2	R2	R2	
	R3	R3	R3	
TOTAL	3	3	3	09

Fuente: Elaboración propia

3.3 Formulación de la hipótesis

3.3.1 Hipótesis nula

La aplicación de carbón activado y microorganismos de montaña permitirá disminuir la concentración de cadmio en suelo agrícola de la urbanización Nueva Vida - Morales.

3.3.2 Hipótesis alterna

La aplicación de carbón activado y microorganismos de montaña no permitirá disminuir la concentración de cadmio en suelo agrícola de la urbanización Nueva Vida - Morales.

3.4 Identificación de variables

3.4.1 Variable independiente

Tratamientos: con carbón activado / Microorganismo de Montaña

3.4.2 Variable dependiente

Concentración de cadmio

3.5 Operacionalización de variables

Tabla 02. Operacionalización de la variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEF. TEORICA	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	ESCALA DE MEDICION
Microorganismos de montaña	Son aquellos microorganismos de uso benéficos que han sido sustraídos de su hábita natural o de montaña en donde no se ha desarrollado actividad del hombre o contaminación alguna	En los semilleros, favorecen la germinación, dando mayor desarrollo de raíces, tallos y hojas; en el suelo agrícola reducen la compactación, nivelan las poblaciones de organismos patógenos y en los vegetales, mejoran la productividad, promueven el crecimiento de nuevos brotes, la floración y las hacen menos sensibles a insectos y enfermedades.	Acción fijadora de cadmio en el suelo Aumenta fijación de nitrógeno en el suelo.	Medición de cadmio, nitrógeno, fosforo, pH, conductibilidad, carbono orgánico y cloruros	20 días	Nominal
Carbón Activado	El carbón activado (CA) es un material carbonoso, microcristalino y no grafitico, preparado por carbonización de materiales orgánicos, especialmente de origen vegetal, que se ha expuesto a un proceso de activación con gases oxidantes, o bien a un tratamiento con adición de productos químicos, con el objeto de aumentar su porosidad y desarrollar su superficie interna, lo que confiere a los carbones activados una alta capacidad adsorbente.	Adsorción de olores, sabores, sustancias químicas, detergentes, pesticidas, productos clorados, metales pesados, trihalometanos y de gases en presencia de humedad o especies en solución acuosa,	Acción de adsorción de Cadmio en el suelo. Variación del pH del Suelo	Medición de cadmio en el suelo Medición de pH	20 días	Nominal

Fuente: Elaboración propia 2019

Tabla 03. Operacionalización de la variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	DEF. TEORICA	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ITEMS	ESCALA DE MEDICION
Cadmio	El cadmio es un elemento no esencial, poco abundante en la corteza terrestre que a mínimas concentraciones puede ser dañino para todos los seres vivos. Por ser un elemento no esencial, se cree que no existen formas de ingresos específicos para el cadmio, sin embargo, es muy móvil dentro de la planta y su absorción puede ocurrir pasiva o metabólicamente como Cd ²⁺ .	De todos los metales pesados no esenciales, el cadmio (Cd) es quizás el metal que actualmente atrae la mayor atención en la ciencia del suelo y en la nutrición de plantas debido a su toxicidad para el hombre y su movilidad relativa en el sistema suelo-planta.	Distribución en el suelo Distribución pasiva hacia la raíz – tallo y hojas de la planta.	Medición de Cadmio en suelo Medición de Cadmio en raíz, tallo y hojas de la planta.	20 días	Nominal

Fuente: Elaboración propia, 2019

3.6 Metodología de la investigación

El presente trabajo de investigación se desarrolló en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

a. Etapa 1: gabinete inicial

Recopilación de la información bibliográfica

- La recopilación de la información bibliográfica se realizó a partir de textos como libros, revistas, artículos científicos, tesis, enciclopedias, entre otros.
- La elección y sistematización de la información bibliográfica recolectada, para ser utilizada en la ejecución del presente trabajo de investigación.

Coordinación con instituciones involucradas

- Se coordinó con las instituciones correspondientes para adquirir los permisos y apoyos respectivos y de acuerdo a las necesidades requeridas en el desarrollo del presente trabajo.
- Se coordinó con el laboratorio SGS para el análisis de la muestra inicial de suelo (determinación de la concentración de cadmio inicial); es importante considerar que este laboratorio presenta los parámetros de interés acreditados.
- Se gestionó el permiso al terreno donde se encuentra el área en estudio en el que se ejecutará la presente investigación.

Redacción de los instrumentos

- Se elaboró los formatos de campo, de acuerdo al modelo fijado por el Protocolo de Monitoreo (*ver Anexo N°01*).
- Se elaboró la ficha de identificación del punto de monitoreo (*ver Anexo N° 02*).
- Se elaboró el plan de trabajo; en la zona donde se fijó el ámbito de evaluación del lugar, las acciones a realizar, los tiempos de trabajos en campo y la logística que se utilizó (recursos humanos y económicos).

Redacción del proyecto de tesis e informe de tesis

- Redacción del informe de tesis se basa en la estructura autorizada por el estilo American Psychological Association - APA.

b. Etapa 2: De campo y laboratorio

Selección del área donde se llevó a cabo el ensayo

- Según el criterio general y los antecedentes, se identificó un área de posible impacto con concentraciones de cadmio en un terreno dedicado a la agricultura.
- Se procedió a la georreferenciación del mismo haciendo uso de un GPS.

Toma de muestras para análisis inicial

- Se llevó 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 ^[33].
- El número de puntos de muestreo (cuatro puntos debido a que el área será menor de 0.1 hectárea) fue elegido según el criterio establecido en la tabla 2 descrita en la etapa de muestreo. Los puntos de muestreo se describen en la tabla 4.

Tabla 01 *Red de puntos de monitoreo.*

N°	Punto de muestreo	Descripción	Coordenadas	
			Este	Norte
1	MS1	En el área de estudio, el punto se ubicara en la zona de entrada del agua a la parcela.	369601	9331179
2	MS2	Área relativamente llana.	369731	9331704
3	MS3	Área relativamente llana.	369760	9332189
4	MS4	En el área de estudio, el punto se ubicara en la zona de salida del agua a la parcela.	369760	9332189

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Definición de los parámetros de evaluación

- Según los criterios que se tuvieron en cuenta respecto a los parámetros que influyan en la dinámica y la concentración de cadmio se eligieron 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 5:

Tabla 02 Parámetros de evaluación.

Tipo de parámetro	Descripción	Unidad de medida
Campo	Temperatura	°C
	Conductividad eléctrica	μS/cm
	Potencial de hidrógeno	Unidad de pH
Fisicoquímico	Cadmio	mg
	Humedad	%
	Nitrogeno	Mol/kg
	Carbonatos	Mol/kg
	Fosforo disponible	Mol/kg
	Calcio	Mol/kg
	Potasio	Mol/kg

Fuente: Elaboración propia, 2019

Medición de los parámetros en campo

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

Rotulado, etiquetado y llenado de la cadena de custodia

- El recipiente fue rotulado con etiquetas autoadhesivas. La etiqueta fue protegida con cinta aislante transparente a fin de evitar la humedad y se realizó antes de la toma de la muestra, la etiqueta contenía la siguiente información: Razón social o nombre del solicitante, código, punto del muestreo, tipo de suelo (uso), fecha y hora del muestreo, nombre del muestreador, tipo de análisis solicitados, preservante y tipo de reactivo (si lo requiere).

- La cadena de custodia se llenó según los criterios que maneja el laboratorio Acreditado responsable del análisis.
- Las muestras se almacenaron 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 SGS (laboratorio acreditado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) a través la Norma Técnica Peruana “Requisitos generales para la competencia de laboratorios de ensayo y calibración” NTP ISO/IEC 17025:2006).

A. Adecuación de la muestra

Las muestras de suelo agrícola ya obtenidas de la actividad de muestreo se les realizó un proceso de adecuación de la siguiente manera:

- Se realizó el extendiendo abiertamente de la muestra en el suelo sobre una lámina de plástico, para provocar su secado al medio ambiente por una lapso de 48 horas.
- Luego la muestra de suelo agrícola fue cernida debidamente y envasada adecuadamente en recipiente hermético, hasta el inicio de la experimentación con los tratamientos de carbón activado y microorganismo de montaña.

B. Instalación del tratamiento con carbón activado

- Se adecuaron las 3 macetas utilizadas para las unidades experimentales, que eran de una capacidad de 5 kg de suelo agrícola.
- Paralelo a esto se estableció almacigo de Maíz.
- Al suelo agrícola se le añadió el tratamiento con carbón activado en una proporción de 10.0 g enmienda por kg de suelo.
- El carbón activado y suelo agrícola, se mezclaron debidamente para homogenizar y garantizar la adecuada distribución.

- Luego se realizó la siembra de las semillas de maíz en cada uno de los maceteros.
- Las evaluaciones sintomatológicas y signos de la planta de maíz, se realizaron periódicamente durante todo el ciclo del tiempo que duro el tratamiento.
- La recolección de las plantas se realizó a partir del día 20 después de realizado el sembrado, en el cual se sacrificaron las plantas para los respectivos análisis.
- Después se realizó la recolección de una muestra de tierra tratada con carbón activado, también en el día 20, después de sacrificadas las plantas.
- Las muestras obtenidas tanto de suelo (1kg) como de maíz (200 gramos) fueron enviadas a lima a un laboratorio acreditado para realizar los respectivos análisis.
- Para la toma de datos se emplearon hojas de registro

C. Instalación del tratamiento con Microorganismo de Montaña

Activación de los Microorganismos de Montaña

En una proporción de 20 L de agua destilada se añadió 1 L de Microorganismos de montaña más 0,5 L de melaza, se realizó la mezcla y se dejó reposar por 5 días. Posterior a ello los microorganismos de montaña se activaron y estaban listos para ser utilizados

- Se adecuaron las 3 macetas utilizadas para las unidades experimentales, que eran de una capacidad de 5 kg de suelo agrícola.
- Paralelo a esto se estableció almacigo de Maíz.
- Al suelo agrícola se le añadió el tratamiento con microorganismo de montaña activados, en una proporción de 20 mL por kg de suelo.
- Los microorganismos de montaña y suelo agrícola, se mezclaron debidamente para homogenizar y garantizar la adecuada distribución.
- Luego se realizó la siembra de las semillas de maíz en cada uno de los maceteros.

- Las evaluaciones sintomatológicas y signos de la planta de maíz, se realizaron periódicamente durante todo el ciclo del tiempo que duro el tratamiento.
- La recolección de las plantas se realizó a partir del día 20 después de realizado el sembrado, en el cual se sacrificaron las plantas para los respectivos análisis.
- Después se realizó la recolección de una muestra de tierra tratada con microorganismo de montaña, también en el día 20, después de sacrificadas las plantas.
- Las muestras obtenidas tanto de suelo (1kg) como de maíz (200 gramos) fueron enviadas a lima a un laboratorio acreditado para realizar los respectivos análisis.
- Para la toma de datos se emplearon hojas de registro

D. Instalación de la muestra testigo

- Se adecuaron las 3 macetas utilizadas para las unidades experimentales, que eran de una capacidad de 5 kg de suelo agrícola.
- Paralelo a esto se estableció almacigo de Maíz.
- Al suelo agrícola no se le añadió nada, se mantuvo bajo las mismas condiciones a la que fue muestreada.
- Luego se realizó la siembra de las semillas de maíz en cada uno de los maceteros.
- Las evaluaciones sintomatológicas y signos de la planta de maíz, se realizaron periódicamente durante todo el ciclo del tiempo que duro el tratamiento.
- La recolección de las plantas se realizó a partir del día 20 después de realizado el sembrado, en el cual se sacrificaron las plantas para los respectivos análisis.
- Después se realizó la recolección de una muestra de tierra tratada con carbón activado, también en el día 20, después de sacrificadas las plantas.
- Las muestras obtenidas tanto de suelo (1kg) como de maíz (200 gramos) fueron enviadas a lima a un laboratorio acreditado para realizar los respectivos análisis.

- Para la toma de datos se emplearon hojas de registro

c. Etapa 3: De gabinete final

Esta etapa se realizó en gabinete, donde se desarrolló las siguientes actividades:

Procesamiento de datos

- Los resultados del laboratorio y de los parámetros de campo antes y después de la aplicación de los tratamientos fueron transcritos a formatos virtuales para posteriormente ser sistematizados e interpretados según la normativa nacional e internacional para suelos agrícolas ECA para suelos (Ver anexo N° 02).

Equipos y materiales

Entre los equipos y materiales a utilizarse en el desarrollo del presente proyecto se especifican en la siguiente tabla (Ver tabla 6).

Tabla 03 : Implementos indispensables para el monitoreo de identificación de contaminantes.

Materiales y equipos	Características
Materiales	Cooler, frascos, fichas de campo, refrigerantes, etiquetas, cadena de custodia, agua destilada, preservantes, mapas, plumón indeleble, cinta adhesiva, papel absorbente, libreta de campo, cinta métrica, entre otros.
Equipos	GPS, correntómetro, multiparamétrico, cámara fotográfica.
Indumentaria	Guantes, mascarilla, zapatos cerrados, manga larga y pantalón.

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Capítulo 4

Resultados y discusión

4.1 Resultados

4.1.1. Análisis descriptivo de la concentración de cadmio

En la tabla N° 07, se muestra la concentración de cadmio del suelo. Al inicio se tiene una mayor concentración de este metal pesado (0.75 ppm) cuyo suelo no recibió ningún tratamiento previo. Asimismo, para el tratamiento Suelo con Carbón Activado + Maíz, se obtuvo un promedio de 0.66 ppm; por otro lado, para el tratamiento Suelo con Microorganismo de Montaña + Maíz, se obtuvo 0.71 ppm, mientras que, para el Suelo sin tratamiento con Maíz, la concentración de cadmio fue 0.69 ppm. Asimismo, se observa una mayor variabilidad de los datos en el tratamiento Suelo con Carbón Activado + Maíz (0.02 ppm), mientras que, para los otros tres tratamientos, la variabilidad es igual a 0.01 ppm. Desde un punto de vista descriptivo, en el Suelo con Carbón Activado + Maíz, obtuvo menores concentraciones de cadmio, seguido de Suelo sin tratamiento con Maíz y Suelo con Microorganismo de Montaña + Maíz.

Tabla 07: Concentración de cadmio en las muestras de suelo

Muestra de suelo	Cadmio (ppm)				
	M1	M2	M3	\bar{x}	S
Suelo (al inicio)	0.74	0.76	0.75	0.75	0.01
Suelo con CA + Maíz	0.66	0.68	0.65	0.66	0.02
Suelo con MM + Maíz	0.72	0.71	0.71	0.71	0.01
Suelo con Maíz	0.69	0.70	0.68	0.69	0.01

4.1.2 Determinación de la eficiencia de remoción

En la tabla N° 08, se muestra la eficiencia de remoción de cadmio, para los tres tratamientos: Suelo con Carbón Activado + Maíz, Suelo con Microorganismo de Montaña + Maíz y Suelo sin tratamiento con Maíz. Se observa que el tratamiento Suelo con Carbón Activado + Maíz,

obtuvo aparentemente un mayor porcentaje de remoción de cadmio, seguido del tratamiento Suelo con Maíz y Suelo con Microorganismo de Montaña + Maíz.

Tabla N° 08: *Eficiencia de remoción de cadmio*

Tratamiento	Repetición			Media
	R1	R2	R3	
Suelo con CA + Maíz	10.81	10.53	13.33	11.56
Suelo con MM+ Maíz	2.7	6.58	5.33	4.87
Suelo con Maíz (T)	6.76	7.89	9.33	7.99

Fuente: Elaboración propia 2019

4.1.3 Determinación del mejor tratamiento en suelo

La determinación del mejor tratamiento se realizó mediante el Análisis de varianza. Previo al análisis de varianza, se realizó las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, para la variable eficiencia porcentual de remoción de cadmio del suelo. El p-valor de la prueba de normalidad de los tratamientos Suelo con CA + Maíz, Suelo con MM+ Maíz y Suelo con Maíz fue respectivamente 0.174; 0.613 y 0.867, indicando con esto que las variables presentan distribución normal. Asimismo, el p-valor de la prueba de homogeneidad de varianza fue 0.656; con lo cual se confirma la prueba de homogeneidad de las varianzas. Al cumplir los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, entonces se puede utilizar la prueba paramétrica denominada ANOVA.

En la tabla N° 09, se muestra el ANOVA del porcentaje de remoción de cadmio para los tres tratamientos. Se obtuvo un p-valor de 0.007, el cual es un valor menor que el nivel de significancia. En esta razón se acepta la hipótesis alterna. Esto significa que existe diferencia significativa entre los tratamientos.

Tabla 09: Análisis de varianza del porcentaje de remoción

Fuente de variaciones	SC	GL	SCM	F	Probabilidad
Entre grupos	67.133	2.000	33.567	12.634	0.007
Dentro de los grupos	15.941	6.000	2.657		
Total	83.074	8.000			

Fuente: elaboración propia

Al aceptar la hipótesis alterna en el ANOVA, enseguida, se realizó la prueba post Hoc de Tukey para determinar el mejor tratamiento. Se observa la formación de dos subconjuntos. El primero de ellos, formado por los tratamientos Suelo con MM + Maíz y Suelo con Maíz, los cuales son estadísticamente iguales, y el segundo conformado únicamente, por el tratamiento Suelo con CA + Maíz. En este último se obtuvo aparentemente mayor eficiencia de remoción de cadmio del suelo.

Tabla 10: Prueba Tukey para determinar subconjuntos

Tratamiento	n	Subconjuntos	
		1	2
Suelo con MM + Maíz	3	4.87	
Suelo con Maíz	3	7.99	
Suelo con CA + Maíz	3		11.56

Fuente: Elaboración propia 2019

Asimismo, la formación de los subconjuntos, se aprecia mejor mediante el gráfico de medias, mostrado en la figura 04. El subconjunto 1 (color rojo), está formado por los tratamientos Suelo con MM + Maíz y Suelo con Maíz y el subconjunto 2 (color azul), está formado por el

tratamiento Suelo con CA + Maíz, en el cual se obtuvo un mayor porcentaje de remoción de cadmio del suelo (11.56%).

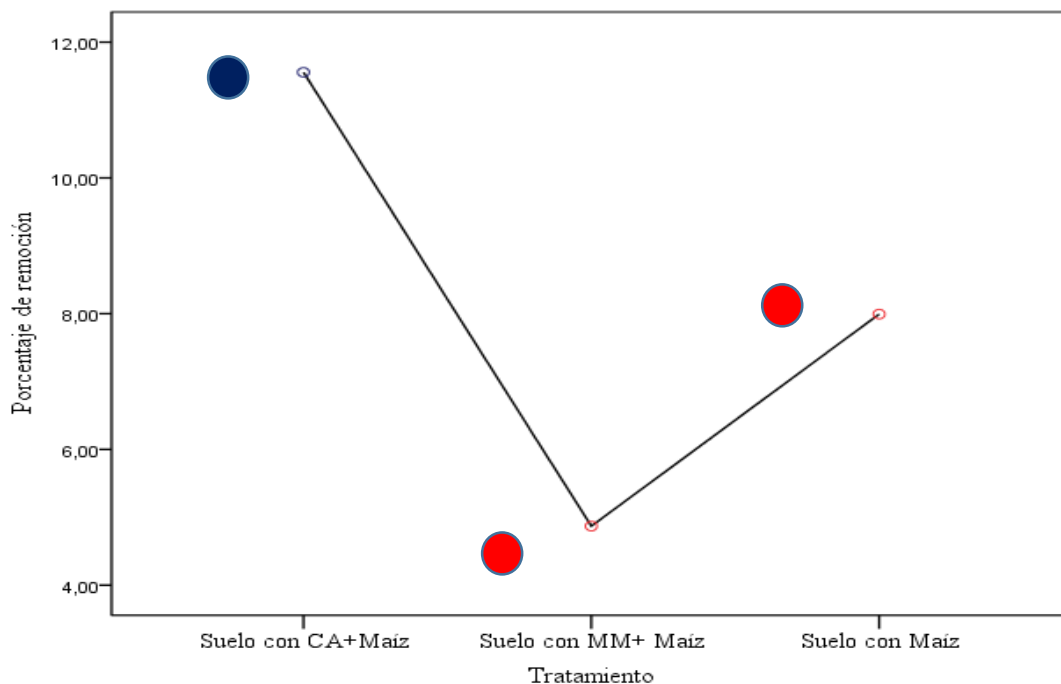


Figura 04. Gráfico de medias del porcentaje de remoción de cadmio en suelo

4.1.4 Determinación del mejor tratamiento en muestras foliares

La determinación del mejor tratamiento en muestras foliares, se realizó a través de la prueba T de Student para 2 muestras independientes. Previo a este análisis se realizó las pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas, cumpliéndose en ambos casos los supuestos para proceder con el análisis paramétrico.

Tabla N° 11 Análisis de cadmio en muestra foliar (ppm)

Muestra	Tratamiento N° 01 : Carbón Activado	Tratamiento N° 02 : Microorganismo de Montaña	Tratamiento N° 03 : Testigo
Repetición N° 01	0.12	0.1	0.15
Repetición N° 02	0.12	0.09	0.14
Repetición N° 03	0.11	0.1	0.14
X=	0.12	0.1	0.14

Fuente: Elaboración propia 2019

El p-valor de la prueba T fue 0.005; con lo cual se aprueba la hipótesis alterna. Ello indica que el tratamiento Microorganismos de montaña tuvo mayor eficiencia de remoción de cadmio que el Carbón activado, en muestras foliares; como se observa en la figura N° 05.

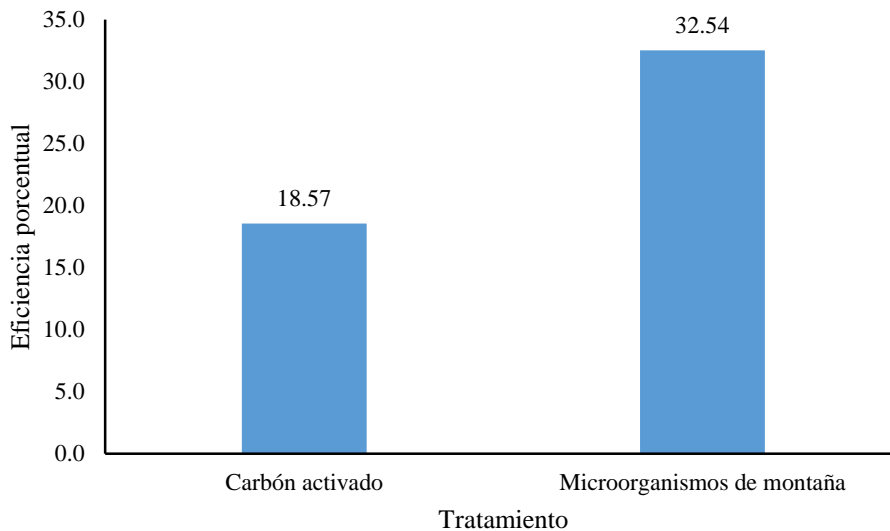


Figura 05. Gráfico de medias del porcentaje de remoción de cadmio en muestras foliares

4.1.5 Análisis de las propiedades del suelo

En la tabla N° 11, se muestra la descripción de las propiedades del suelo de las propiedades del suelo. Se observa que el pH, la CE y el N, fue mayor en el tratamiento Suelo con CA + Maíz y menor en el tratamiento Suelo (al inicio). Asimismo, el P, fue mayor en el tratamiento Suelo con CA + Maíz y menor en el tratamiento Suelo con MM+ Maíz. Finalmente, el porcentaje de carbono fue mayor en el tratamiento Suelo (al inicio) y menor en el Suelo con MM+ Maíz.

Tabla 12 : Descripción de las propiedades del suelo

Tratamiento	pH	CE (dS/m)	P (ppm)	N (ppm)	%C
Suelo (al inicio)	5.14	0.16	8.70	0.06	0.35
Suelo con CA + Maíz	5.55	0.42	41.80	0.09	0.24
Suelo con MM+ Maíz	5.42	0.39	7.10	0.08	0.16
Suelo con Maíz	5.38	0.17	8.60	0.08	0.20

Fuente: Elaboración propia 2019

4.2 Discusión

En los análisis de remoción de cadmio en suelo agrícola, se pudo obtener resultados variables de acuerdo a los dos tratamientos realizados entre el los microorganismos de montaña y el carbón activado. En el suelo agrícola tratado con carbón activo se encontró 0.66 ppm de cadmio, mientras que en el suelo agrícola tratado con microorganismo de montaña se obtuvo 0.71 ppm de cadmio. Si tomamos en cuenta que suelo agrícola al empezar el proyecto de investigación presentada una concentración de 0.75 ppm de cadmio, ante esto se podría decir que el tratamiento el suelo agrícola con carbón activado tuvo mayor efecto de remoción del metal pesado. Sin embargo, cabe recalcar, que la medición de cadmio se hace con el suelo agrícola en tal sentido, todo lo que contenga el suelo será medido y procesado en conjunto, esto implica que si el suelo agrícola contiene carbón activo o microorganismo de montañas estos serán parte perteneciente al suelo en análisis como de manera global. Por tanto, si el suelo que estuvo con el tratamiento de Microorganismos de montaña removió más cadmio del suelo entonces este evito que ingresara a la planta por tanto al momento de realizar el examen de suelo esto obtuvo una mayor concentración de cadmio.

Con respecto a la remoción de cadmio por parte de los 2 tratamientos de carbón activado y microorganismos de montaña en suelo agrícola, se pudo evidenciar dicha activada por el

análisis respectivo que se hizo del cuerpo foliar de la planta de maíz. Donde se obtuvieron resultados altamente diferenciados en comparación a la muestra testigo. En el análisis del cuerpo foliar del maíz en suelo agrícola sin tratamiento alguno (testigo) obtuvo 0.14 ppm de cadmio, en el cuerpo foliar del maíz en suelo agrícola más carbón activado se obtuvo 0.12 ppm de cadmio, mientras que en cuerpo foliar del maíz en suelo agrícola más microorganismo de montaña se obtuvo 0.10 ppm. Si tomamos en cuenta los datos porcentuales de eficiencia de remoción de cadmio por tratamiento tenemos aproximadamente que el suelo agrícola con carbón activado provocó que las plantas de maíz solo redujeran en 18.57% la presencia de cadmio en su cuerpo foliar en comparación a los resultados de cadmio en el cuerpo foliar del maíz del suelo agrícola sin tratamiento. Mientras que el suelo agrícola con microorganismo de montaña provocó que las plantas de maíz redujeran en un 32.54% la presencia de cadmio en comparación con el cuerpo foliar de las plantas de maíz del suelo agrícola sin tratamiento.

Así mismo podemos evidenciar que existe una ligera variación en cuanto a los niveles de pH existente en el suelo por parte de los tratamientos, es así que el suelo agrícola libre presenta un pH de 5.14 el suelo agrícola + CA presentaba pH 5.5, el suelo agrícola + MM presentaba pH 5.42 y el suelo agrícola sin tratamiento un pH 5.38. Cabe mencionar que los compuestos de carbón activado suelen tener pH alcalinos y por tanto elevan los niveles de pH del suelo donde se aplica (Carriazo et al 2010).

La presencia de conductividad eléctrica en el suelo agrícola libre fue 0.16, mientras que el suelo agrícola con microorganismo de montaña es de 0.39 en tanto que el suelo agrícola con Carbón activado de 0.42, esto correspondería a la capacidad de presentar el CA, de poder retener iones de altas cargas negativas que pueden mezclarse con sustancias o elementos libres del suelo, por ende, el aumento de conductividad eléctrica.

La presencia del fósforo en el suelo agrícola libre fue de 8.7 ppm, sin embargo, en el suelo agrícola más MM se obtuvo 7.10 ppm y en el suelo agrícola con CA es de 41.80 ppm. Es así

que se podría determinar que el suelo agrícola con CA pudo retener mayor concentración de fosforo esto debido a sus cargas positivas presentes en su superficie. Por lo que se deduce también que el suelo agrícola con MM facilito mayor absorción de fosforo hacia el interior de la planta.

El Nitrogeno como elemento del suelo se encontró en una proporción de 0.06 ppm en el suelo libre, 0.08 ppm en el suelo agrícola con MM y suelo agrícola testigo, en tanto el suelo agrícola con CA, presento 0.09 ppm, presentando un gran margen de diferencia de retención a comparación de la presencia de Nitrogeno en el suelo libre inicial. Esto debido a la gran capacidad de retener nitrógeno por partes de su porosidad y carga eléctrica q posee la superficie del carbón activado.

El Carbono como parte del componente del suelo presenta una proporción de 0.35 ppm en suelo libre, 0.24 ppm en suelo agrícola con CA, 0.20 ppm en suelo sin tratamiento y 0.16 ppm en suelo agrícola con MM. Se tiene en cuenta que los suelos con los microorganismos de montaña tuvieron menor de retención del carbono, por ende, favoreció la mayor absorción de este por las plantas.

Capítulo 5

Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

Se concluye que de los tratamientos utilizados para el proceso de remediación de suelos contaminados con cadmio de la urbanización nueva vida en el distrito de Morales, el más efectivo resulto ser el tratamiento con Microorganismo de Montaña. Debido a que estos microorganismos retienen y metabolizan el cadmio existente del suelo y evitaban el proceso de absorción y asimilación por la planta de maíz, logrando estas plántulas obtener una concentración de cadmio en un 32.54 % menor a la concentración existente en una planta de maíz en suelo sin tratamiento.

De los análisis realizados al suelo agrícola de la urbanización Nueva vida de Morales, se determinó que este presenta concentraciones de 0.75 ppm de cadmio, valores que sobre pasan los estándares de calidad de suelo.

De los tratamientos empleados para el suelo agrícola contaminado con cadmio, el más efectivo resulto ser el tratamiento con Microorganismos de montaña ya que provoco que las plántulas de maíz sembrada en su suelo tuvieran 32.54% de menor concentración de cadmio en su cuerpo foliar. En tanto que la utilización del tratamiento del suelo agrícola con Carbón Activado solo logro evitar que las plántulas de maíz sembradas en su sueleo tuvieran un 18.57% de menor concentración de cadmio en su cuerpo foliar.

En la concentración de cadmio residual en el suelo agrícola, después de los dos tratamientos aplicados, se pudo determinar que los suelos agrícolas con el tratamiento de Carbón activado provocaban la menor concentración de cadmio residual con un 0.66 ppm, mientras que el suelo con tratamiento a base de Microorganismo de montaña presentaba un nivel de 0.71 ppm de cadmio residual.

Las remociones y retenciones de los elementos como P (41.80 ppm), N (0.09ppm) y C (0.20ppm), en el suelo agrícola fueron mayor en el tratamiento con Carbón activado. De la misma manera el aumento de pH (5.55) y la CE (0.42 dS/m), en mayor escala fueron dadas por el tratamiento del suelo con Carbón activado.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda aplicar la técnica de microorganismos de montaña para remediar los suelos agrícolas contaminados con cadmio, ya que se ha demostrado que son capaces de la reducción del proceso de absorción de dichos metales por las plantas. Asimismo, favorece el proceso de absorción de elementos como el P, N, C, elementos indispensables para el desarrollo de una planta.

Por lo tanto, se recomienda realizar ensayos en suelos contaminados con otros tipos de metales pesados, para evaluar el efecto remedidor de los microorganismos de montaña, como nueva alternativa de técnica para la sostenibilidad del ambiente.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] C. J. Simbaña and I. Ramos, “Biorremediación de suelos contaminados con hidrocarburos de la Parroquia Taracoa en Francisco de Orellana, mediante el Hongo *pleurotus ostreatus*,” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2016.
- [2] E. Cortón and A. Viale, “Solucionando grandes problemas ambientales con la ayuda de pequeños amigos: las técnicas de biorremediación,” *Rev. Científica y Técnica Ecol. y Medio Ambient.*, vol. 3, no. 3, p. 6, 2006.
- [3] J. A. M. Mena, M. Gema, and L. Limón, “Desarrollo agrícola y uso de agroquímicos en el valle de Mexicali,” *Estud. Front.*, vol. 6, pp. 119–153, 2005.
- [4] G. Devine, D. Eza, E. Oigusuku, and M. Furlong, “Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas,” *Rev. Peru. Med. Exp. Salud Publica*, vol. 25, no. 1, pp. 74–100, 2008.
- [5] R. Ferrera Cerrato, N. Rojas Avelizapa, H. Poggi Varaldo, A. Alarcón, and R. Cañizares Villanueva, “Procesos de biorremediación de suelo y agua contaminados por hidrocarburos del petróleo y otros compuestos orgánicos,” *Rev. Latinoam. Microbiol.*, vol. 48, pp. 327–330, 2006.
- [6] J. D. Sender Uribe and S. R. Gómez Chuchon, “Impacto del uso de drones para fumigación de cultivos de arándanos en el departamento de La Libertad – Perú,” Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2017.
- [7] M. A. Abanto Aguirre, " Fuentes fosfatadas en dos suelos en la concentracion de cadmio foliar en maiz bajo las condiciones de invernadero" Universidad Agraria la Molina - 2017. Lima - Perú.
- [8] R. A. Balta Crisologo, " El carbon activado y el Biocarbon en la asimilacion de cadmio por el tomate (*Solanum lycopersicum* L.) bajo el invernadero" Universidad Agraria la Molina - 2019. Lima - Perú.
- [9] N. Cuvi and M. Bejarano, “Los halos de inhibición en la remediación de suelos amazónicos contaminados con petróleo,” *Hist. Ciencias, Saude - Manguinhos*, vol. 22, pp. 1–22, 2015.
- [10] L. Chávez Rodríguez, “Fitoremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo,” Universidad Nacional Agraria la Molina, 2014.

- [11] A. Canasa Calvo, “Remediación de suelos contaminados en operaciones de perforación y manejo de petróleo crudo en la selva peruana,” Universidad Nacional de Ingeniería, 2010.
- [12] M. Beltrán and I. García de Salamone, *Biorremediación de los Recursos Naturales*, 1st ed. Buenos Aires - Argentina, 2018.
- [13] N. Roldán Wong, “Bioacumulación y biomagnificación de elementos potencialmente tóxicos en el pulpo *Octopus hubbsorum* del puerto minero de Santa Rosalía, Golfo de California,” Instituto Politécnico Nacional, 2017.
- [14] E. López, S. Cisneros, and J. Ochoa, “Procesos de bioestimulación para la remediación de suelos agrícolas contaminados con tebuconazol y λ -cialotrina,” *Rev. Simulación y Lab.*, vol. 3, no. 8, pp. 1–9, 2016.
- [15] D. Sánchez Herrera, E. Rustrián Portilla, O. Sánchez Sánchez, E. Pascal Houbron, and M. Luna Rodríguez, “Biodegradación como fuente de energía renovable,” *Ciencia*, vol. 66, pp. 4–9, 2016.
- [16] R. Windevoxhel, N. Sánchez, and H. Bastardo, “Bioaumentación y sustancias húmicas en la biodegradación de hidrocarburos del petróleo,” *Ing. UC*, vol. 18, pp. 23–27, 2011.
- [17] T. Goycochea Tocto and M. Carranza Lozano, “Determinación del impacto ambiental producido por el uso de agroquímicos en la producción agrícola del distrito de Jepelacio - 2014,” Universidad Nacional de San Martín, 2016.
- [18] F. Bedmar, “Informe especial sobre plaguicidas agrícolas,” *Cienc. hoy*, vol. 21, no. 122, pp. 9–35, 2011.
- [19] R. Guerrero Riascos, “Manual Técnico - Propiedades Generales de los Fertilizantes.” Bogotá, Colombia, p. 40, 2015.
- [20] J. Vélez Pérez, “Uso de los fertilizantes y su impacto en la producción agrícola,” Universidad Nacional de Colombia, 2014.
- [21] D. Torres and T. Capote, “Agroquímicos un Problema Ambiental Global: Uso del Análisis Químico como Herramienta para el Monitoreo ambiental,” *Ecosistemas*, vol. 13, no. 3, pp. 2–6, 2004.
- [22] CYTED, *Tecnología de aplicación de agroquímicos*, 1st ed., vol. 1. Argentina, 2015.

- [23] A. Yuso Ariza, “Desarrollo de carbones activados a partir de residuos lignocelulósicos para la adsorción y recuperación de tolueno y N-Hexano,” Universidad de San Jorge, 2012.
- [24] P. Davies, “the biological basis of wastewater Treatment,” p. 20, 2005.
- [25] J. Katerin, C. Casallas, I. Alexandra, and R. Díaz, “Fitorremediación in Situ Para La Recuperación De Suelos Contaminados Por Metales Pesados (Plomo Y Cadmio) Y Evaluación De Selenio En La Finca Furatena Alta En El Municipio De Útica (Cundinamarca),” Universidad Libre de Bogotá, 640.
- [26] J. Gross H., *Mass Spectrometry*, 2nd ed. Londres, Alemania, 2011.
- [27] M. Akhyar Farrukh, *Atomic Absorption Spectroscopy*, 1st ed. Zagreb - Croacia, 2012.
- [28] C. Boss and K. Fredeen, *Concepts, Instrumentation and Techniques in Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry*, 3rd ed. Nueva York - Estados Unidos, 2004.
- [29] Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, *Constitución política del Perú*, 11th ed. Lima: 2016 - Ministerio de Justicia y Derechos Humanos, 1993.
- [30] Ministerio del Ambiente, *Ley General del Ambiente*. Lima - Perú, 2005, p. 168.
- [31] MINAM, *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo*. Lima - Perú, 2017, pp. 6–9.
- [32] Ministerio de Agricultura del Perú, *Reglamento del Sistema Nacional de Plaguicidas de Uso Agrícola*. Lima - Perú, 2015, pp. 500612–500615.
- [33] MINAM, *Guía para el muestreo de suelos*, vol. 1. Lima, 2014, p. 72.
- [34] J. Carriazo, *Como se experimenta*, Universidad Autonoma de Guadalajara. 2010.

Comentarios :

CLIENTE	
DATOS	
Nombre	
Empresa	
Fecha y Hora	
Firma	
Sello de seg.	SI [] NO []

Fuente: MINAM, 2014.

LABORATORIO			
DATOS	MONITOREO	ADMINISTRACIÓN	LABORATORIO
Nombre			
Fecha			
Hora			
Firma			
Sello de Seg.	SI [] NO []	SI [] NO []	01 [] 02 []

Anexo N° 02. Estándares de calidad ambiental para suelo.

Parámetros en mg/kg PS	Usos del Suelo			Métodos de ensayo
	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/Parques	Suelo Comercial/Industrial/Extractivo	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 / EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 / EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA8260 / EPA 8021
Xilenos	11	11	11	EPA 8260 / EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 / EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fracción de hidrocarburos F1 (11) (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 (12) (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 (13) (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB (14)	0,5	1,3	33	EPA 8082 / EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 / EPA 3051
Bario total (15)	750	500	2 000	EPA 3050 / EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 / EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 / EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 / EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA- WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

Notas:

[**] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.

(1) **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

(2) **PS:** Peso seco.

Fuente: MINAM, 2017.

Anexo N°03: Informe de analisis especial en suelo



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



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : SARA PEREZ VASQUEZ
PROCEDENCIA : SAN MARTIN/ SAN MARTIN/ TARAPOTO/ MORALES
REFERENCIA : H.R. 69989
BOLETA : 3507
FECHA : 24/09/2019

Número Muestra		pH (1:1)	C.E dS/m	P ppm	N %	C %	Cd ppm
Lab	Claves						
3949		5.14	0.16	8.70	0.06	0.35	0.74



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

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

Anexo N°04: Informe de analisis de suelo - fertilidad



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



INFORME DE ANALISIS DE SUELO - FERTILIDAD

SOLICITANTE : SARA PÉREZ VÁSQUEZ
 PROCEDENCIA : SAN MARTÍN/ TARAPOTO/ MORALES
 REFERENCIA : H.R. 70942
 BOLETA : 3793
 FECHA : 04/12/2019

Número Muestra		pH	CE _(1:1)	CaCO ₃	M.O.	P	K	Al ³⁺ + H ⁺
Lab	Claves	(1:1)	dS/m	%	%	ppm	ppm	meq/100
565	C.A	5.55	0.42	0.00	0.41	41.8	180	0.10
566	M.P	5.38	0.17	0.00	0.34	8.6	108	0.10
567	MM	5.42	0.39	0.00	0.28	7.1	172	0.10

Número Muestra		N	C	Cd
Lab	Claves	%	%	ppm
565	C.A	0.09	0.24	0.66
566	M.P	0.08	0.20	0.69
567	MM	0.08	0.16	0.72



Ing. Braulio La Torre Martínez
Jefe del Laboratorio

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

AnexoN°05: Trabajo de Campo y Laboratorio



Obtención de muestra de suelo



Exposición de muestra en invernadero



Preparación de MM