



Universidad Nacional

SAN LUIS GONZAGA



[Reconocimiento-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

Esta licencia permite a otras combinar, retocar, y crear a partir de su obra, incluso con fines comerciales, siempre y cuando den crédito y licencia a las nuevas creaciones bajo los mismos términos. Esta licencia suele ser comparada con las licencias copyleft de software libre y de código abierto. Todas las nuevas obras basadas en la suya portarán la misma licencia, así que cualesquiera obras derivadas permitirán también uso comercial.

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CONSTANCIA DE EVALUACIÓN DE ORIGINALIDAD 2024

El que suscribe, deja constancia que se ha realizado el análisis con el software de verificación de similitud al documento cuyo título es:

PRÁCTICAS AGRÍCOLAS DE REMEDIACIÓN EN EL SUELO CULTIVADO CON ESPÁRRAGO (*Asparagus officinalis L*) CONTAMINANDO CON CADMIO EN LA ZONA DE SANTA DOMINGUITA – LA VENTA.

Presentado por:

QUIJANDRIA FELIPA RODRIGO CESAR RAFAEL

Graduado del nivel Pregrado de la Facultad de Agronomía. El resultado obtenido es 04% de similitud (Cuatro por ciento de similitud) por el cual se otorga el calificativo de:

APROBADO

Según Reglamento para la evaluación de la originalidad de los documentos de investigación, aprobado con Resolución Rectoral N° 1668-R-UNICA-2020 – (18.1 La Universidad considera como original al documento de investigación que presenta un porcentaje de similitud menor o igual al veinte por ciento (20%) con textos de otros autores, según el informe automatizado de originalidad del programa informático adoptado por la Universidad.)

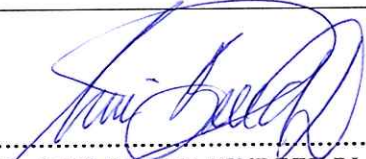
Se adjunta al presente el reporte de evaluación con el software de verificación de originalidad.


Observaciones:

- Se analizó la **TESIS** mediante el programa informático iThenticate.
- Se consideró la exclusión de cadenas sintácticas de **40 palabras**, se adjunta pantallazo de la exclusión.

(15.5 La exclusión de cadenas sintácticas cortas proceden para evitar que, frases habituales o de conexión, sean reportadas como similitudes. La longitud de las cadenas excluidas no debe superar las cuarenta (40) palabras y debe adecuarse a las características de la disciplina a la que corresponde el documento evaluado, además debe constar en el informe los criterios de exclusión utilizados.)

Ica, 25 de Marzo de 2024


.....
Dr. LUIS FELIPE BENÉZU DÍAZ
Director Interino de la Unidad de Investigación
Facultad de Agronomía


.....
LISSETT AUGUSTA PECHE VALENZUELA
Operador del Programa Informático iThenticate
Evaluador de Originalidad
Facultad de Agronomía

UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Facultad de Agronomía



Prácticas agrícolas de remediación en el suelo cultivado con espárrago (*Asparagus officinalis L*) contaminando con cadmio en la zona de Santa Dominguita – La Venta.

Línea de Investigación: Ciencias naturales, ingeniería y tecnologías sostenibles

INFORME FINAL DE TRABAJO DE TESIS

Presentado por:

QUIJANDRÍA FELIPA RODRIGO CÉSAR RAFAEL

Ica, Perú

2024

DEDICATORIA:

A mi madre que estuvo conmigo durante mi formación y por formarme con responsabilidad y con honestidad.

A mi padre que desde lejos siempre supo brindarme todo sus conocimientos y su experiencia que pudieron ayudarme hasta el día de hoy.

AGRADECIMIENTO:

Agradecer a Dios porque el día a día me ha dado la fortaleza para seguir luchando por mi principal meta.

A mi familia, que siempre me dieron su apoyo desde que inicie, mis estudios, por su estímulo que me daba todos los días y a lo largo de estos años.

Y a las personas que de una u otra forma me apoyaron en realizar este trabajo.

INDICE

CONTENIDO	Pág.
I INTRODUCCIÓN.....	1
II ESTRATEGIA METODOLÓGICA.....	22
2.1 Tipo, Nivel y Diseño de la Investigación.....	22
2.1.1 Tipo de Investigación.....	22
2.1.2 Nivel de Investigación.....	22
2.1.3 Diseño de Investigación.....	22
2.2 Población y muestra de estudio.....	22
2.2.1 Población de estudio.....	22
2.2.2 Muestra de estudio.....	22
2.3 Técnica de recolección de datos.....	22
2.3.1 Análisis de suelos.....	22
2.3.2 Análisis foliares.....	22
2.4 Instrumentos de recolección de datos.....	23
2.5 Técnicas de procesamiento, análisis e interpretación de datos...	23
III RESULTADOS.....	24
IV DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	36
V CONCLUSIONES.....	41
VI RECOMENDACIONES.....	42
VII REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	43
VIII ANEXO.....	45

INDICE DE TABLA

CONTENIDO		Pág.
Tabla I	Análisis físico mecánico del suelo.....	24
Tabla II	Análisis químico del suelo.....	25
Tabla III	Análisis físico mecánico del suelo profundidad 30 – 60 cm.....	26
Tabla IV	Análisis químico del suelo profundidad del suelo 30 – 60 cm.....	27
Tabla V	Concentración de cadmio en el suelo agrícola al inicio de la aplicación de las prácticas agrícolas profundidad 0 – 30 cms.....	28
Tabla VI	Concentración de cadmio en el suelo agrícola al inicio de la aplicación de las prácticas agrícolas profundidad 30 – 60 cms.....	28
Tabla VII	Concentración de cadmio en el suelo agrícola después de aplicado las prácticas agrícolas profundidad 0 – 30 cms.....	29
Tabla VIII	Concentración de cadmio en el suelo agrícola después de aplicado las prácticas agrícolas profundidad 30 – 60 cms.....	29
Tabla IX	Concentración de cadmio en los turiones de espárrago al inicio de las practicas agrícolas.....	30
Tabla X	Concentración de cadmio en los turiones de espárrago al después de las prácticas agrícolas.....	30
Tabla XI	Volumen de riego aplicado al cultivo de espárrago.....	34
Tabla XII	Valores de las variables meteorológicas año 2022 – 2023.....	35

INDICE FIGURA

CONTENIDO		Pág.
Figura 1	Concentración de Cadmio en el suelo agrícola con prácticas de remediación profunda 0 – 30 cm.....	31
Figura 2	Concentración de Cadmio en el suelo agrícola con prácticas de remediación profunda 0 – 30 cm.....	32
Figura 3	Análisis de suelos.....	47
Figura 4	Imágenes de Campo.....	55

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación, se aplicaron las prácticas agrícolas de subsolados, aplicación de materia orgánica y riegos fuertes se ha podido determinar en función de los resultados, obtenidos, porque este trabajo es continuación de otro trabajo de investigación que al inicio del presente trabajo se ha determinado según los análisis que la concentración del cadmio en el suelo agrícola ha descendido y a lo largo de la campaña agrícola del cultivo de espárrago la concentración de cadmio en el suelo agrícola ha aumentado, por lo que se recomienda continuar con el trabajo de investigación realizado en la parcela por ser el cadmio un elemento pesado muy difícil de remover del suelo agrícola.

Palabras claves: Prácticas, remediación, suelo, contaminado, espárrago, cadmio.

ABSTRACT

In the present research work, the agricultural practices of subsoiling, application of organic matter and strong irrigation were applied. It has been possible to determine based on the results obtained, because this work is a continuation of another research work that at the beginning of this work It has been determined according to the analyzes that the concentration of cadmium in agricultural soil has decreased and throughout the agricultural campaign of asparagus cultivation the concentration of cadmium in agricultural soil has increased, so it is recommended to continue with the research work. carried out on the plot because cadmium is a heavy element that is very difficult to remove from agricultural soil.

Keywords: Practices, remediation, soil, contaminated, asparagus, cadmium.

I. INTRODUCCIÓN

El primer cultivo que se instaló en la zona del valle de Ica, especialmente en la zona baja con fines de exportación fue al espárrago, que se ha edificado muy bien a las condiciones climáticas presentes en las distintas zonas del valle, calidad del agua de riego, fertilidad de los suelos agrícolas y muy resistente a las condiciones de salinidad alta presente en los suelos de la parte baja del valle.

Este cultivo produce muy buenos rendimientos y calidad de los turiones lo que ha permitido a los agricultores su cultivo durante muchos años, hasta la actualidad.

Pero a nivel de los pequeños productores no se cuenta con un apoyo eficiente de las diversas entidades relacionadas al agro que permitan a los productores del cultivo de espárrago realizar una conducción adecuada en las diferentes áreas que comprenden el manejo agronómico del cultivo.

Una de estas áreas que está bastante desviada en la mayoría de los cultivos instalados es la contaminación de los suelos agrícolas por elementos pesados y de estos uno de los más importantes es el cadmio con sus diversas enfermedades que producen a los seres humanos y muchos de los países a donde llegan los productos del espárrago están poniendo fuertes restricciones a la presencia de este elemento en los turiones a la presencia de este elemento en los turiones del espárrago.

Mediante el presente trabajo se van aplicar practica agrícolas de rendimiento de un suelo contaminante con el elemento pesado cadmio y realizar un manejo adecuado en el área de la contaminación por metales pesados y permitir la producción de los turiones libres de este elemento para las condiciones de la zona de Santa Dominguita – La Venta.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe muy poco apoyo a los productores de los diversos cultivos, especialmente a los pequeños productores del cultivo de espárrago en las diversas áreas de la conducción y que puedan obtener buenos rendimientos y calidad de los turiones, especialmente en el área de la contaminación del suelo agrícola y el cultivo de espárrago por el elemento contaminante cadmio, que se ha convertido en el factor limitante de la producción de diversos cultivos, especialmente del espárrago en la zona de Santa Dominguita – La Venta.

1.1.1 Antecedentes de la Investigación.

- Antecedentes a nivel internacional.

[1]. En su trabajo de investigación: “Evaluación de tratamientos para disminuir cadmio en lechuga regada con río en la ciudad de Bogotá”, tuvo como tratamientos la incorporación de compost antes de trasplante, aplicación de CaCO_3 antes de trasplante, teniendo como resultados que el tratamiento con compost disminuyó significativamente la concentración de cadmio de una cantidad inicial de 3,97 mg/kg a 0.26 mg/kg.

[2]. En su trabajo de investigación: “Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio, en sistemas altoandinos de Colombia” tuvo como objetivo de evaluar la calidad de materia orgánica mediante índices de humificación y teniendo como resultados que la calidad de la materia orgánica tiene un efecto significativo redundando una menor movilidad del cadmio y previniendo la contaminación de aguas subterráneas y toxicidad por acumulación de cadmio.

[3]. Realizó una investigación sobre la aplicación de métodos de determinación del cadmio, donde utilizó tablas de Munsell, gravimetría de volatilización indirecta, demostrando la variabilidad de cadmio en diferentes pisos altitudinales y en cultivos llegando a contabilizar la cantidad de cadmio en mg/kg y teniendo un total de 94% de muestras en la ciudad Chimborazo, Ecuador.

- Antecedentes a nivel nacional

[4]. En su trabajo de tesis titulada: “Determinación del contenido de cadmio en el cultivo de pecano (*Carya illinoensis* Koch) variedad Mahan y en el suelo agrícola de la zona del valle de Ica, donde encontraron los siguientes resultados:

Muestra de suelo	Profundidad del suelo (cms)	Contenido de cadmio (ppm)
01	0 – 30	2.36
02	30 – 60	2.38
03	0 – 30	3.19
04	30 – 60	2.96

En los cuales, los resultados de los análisis de todas las muestras sobrepasan el estándar de calidad ambiental (ECA) establecido por el Ministerio del Ambiente del Perú, demostrando que los suelos cultivos con pecano, se encuentran contaminados por el cadmio.

[5]. En su trabajo de tesis titulado: “Determinación del cadmio en el cultivo de pecano (*Carya illineans* Koch) variedad Mahan en la reserva baja del valle de Ica, encontraron los siguientes valores de concentración foliar de cadmio.

Fecha de análisis	Concentración de cadmio (ppm)
26-10-2020	0.03
24-11-2020	0.15
28-12-2020	0.30
07-04-2021	0.50

Demostrando que el cadmio se almacena en las hojas del cultivo del pecano, además determinaron que la concentración de cadmio en el fruto del pecano fue de 0.15 ppm, sobre pasando el límite máximo permisible que es de 0.05 ppm establecido por la comunidad europea.

- **Antecedentes a nivel local**

[6]. En su trabajo de investigación para obtener el grado de doctor: “Efecto de la aplicación de fertilizantes fosfatados en la concentración por el cadmio de suelos agrícolas de la zona baja del valle de Ica – 2018”, los suelos tienen los siguientes valores de concentración de cadmio:

Contenido de cadmio en suelos agrícolas de la zona de Santa Dominguita - Ica.

Muestra de suelo	Profundidad del suelo (cms)	Contenido de cadmio (ppm)
01	0 – 30	4.29
02	30 – 60	3.99
03	0 – 30	4.17
04	30 – 60	4.19
05	0 – 30	3.51
06	30 – 60	3.95
07	0 – 30	3.83
08	30 – 60	3.62
09	0 – 30	5.07
10	30 – 60	4.83

En las cuales los valores de la concentración de cadmio en el suelo agrícola, sobrepasan el estándar de calidad ambiental establecido por el Ministerio del Ambiente del Perú que es de 1.4 ppm.

No se presentan antecedentes de remediación de suelos agrícolas contaminados con cadmio en el cultivo de espárrago en la zona del valle de Ica, siendo el presente trabajo de investigación uno de los primeros que se realizan con la finalidad de disminuir la concentración del elemento contaminante cadmio en el suelo agrícola y el cultivo de espárrago de la zona de Santa Dominguita – La Venta.

[7], en su trabajo de investigación: Remediación del suelo agrícola cultivado con espárrago (*Asparagus officinalis L*) contaminado con cadmio en la zona de Santa Dominguita – La Venta – Ica, realizado en la misma parcela donde se realizó el presente trabajo de investigación encontró los siguientes resultados:

**CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO AGRÍCOLA ANTES
DE APLICAR LAS PRÁCTICAS DE REMEDIACIÓN**

Profundidad (cms)	Concentración cadmio (ppm)	Fecha del análisis
0 – 30	2.53	15 – 12 – 2021
30 – 60	1.89	15 – 12 – 2021

**CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO AGRÍCOLA
DESPUES DE APLICAR LAS PRÁCTICAS DE REMEDIACIÓN**

Profundidad (cms)	Concentración cadmio (ppm)	Fecha del análisis
0 – 30	2.175	31 – 05 – 2022
30 – 60	1.975	31 – 05 – 2022

Lo que demuestra la efectividad de las prácticas agrícolas en la remediación del suelo contaminado por cadmio.

1.2 SOBRE EL CULTIVO DE ESPÁRRAGO

[8]. Describe al espárrago como una angiosperma monocotiledónea, perteneciente a la familia de las liliáceas y el género asparagus.

- Debido a que es una angiosperma, los óvulos se encuentran encerrados dentro del ovario, presentan flores como elementos productivos, presentados además doble fecundación, una dará origen al embrión y a la otra al endospermo, las semillas permanecen siempre en el fruto hasta completar su madurez.

- Al ser monocotiledóneas, las semillas presentan un cotiledón poco desarrollo y endospermo muy desarrollado, en la cual se acumulan las sustancias de reserva, que servirán para el desarrollo inicial del embrión.

- El género asparagus presenta una amplia distribución en el viejo continente, presentando su centro de origen en el mediterráneo, donde se han encontrado plantas silvestres en la zona húmedas, no afectándole la luz del día por ser cultivos de día neutro.

[9]. Manifiestan que el espárrago es un cultivo de gran sensibilidad ante las oscilaciones térmicas, que se manifiestan en la inercia de sus movimientos vegetativos. En la época de primavera, la planta comienza con su actividad con temperaturas que pueden ser de 10 a 12 °C, pero la óptima es de 18 °C, la floración y fructificación se presentan sobre temperaturas de 20 °C y cuando estas llegan a 5 o 7 °C se produce la muerte de follaje.

La fisiología de la planta está preparada para cerrar su ciclo de vida anual cuando las temperaturas mínimas son bajas, en la cual se anula la actividad foliar aérea y permaneciendo latente la parte subterránea.

El espárrago como la mayoría de los cultivos, prefiere suelos ligeros, arenosos y profundos, con buena permeabilidad, retención de humedad y buena aireación para el desarrollo de las raíces, los suelos arcillosos no son adecuados para el desarrollo del cultivo de espárrago, ya que en la época de la cosecha de los turiones estas sales curvados, se adoptan muy bien a suelos de pH de 6 a 8 altamente resistente a la salinidad.

[10]; el crecimiento continuo que presentan las esparragueras, permita al cultivo y generar mayores reservas que en su sitio de origen, ya que por las temperaturas óptimas que se presentan para sus procesos fisiológicos, estas elaboran reservas que luego se traducirán en producción. Es muy importante conocer la fisiología del cultivo y relacionar los aspectos climáticos que en definitiva no se pueden controlar, pero de una influencia alta en el rendimiento del cultivo, también es muy importante conocer al factor suelo y un manejo agronómico adecuado del cultivo que permitan un buen desarrollo.

1.2.1 Contaminación de los suelos agrícolas

[11]. La contaminación de los suelos está afectando nuestros futuros, ya que se prevé una reacción en cadena, alterando la biodiversidad del suelo agrícola, reduciendo la materia orgánica que contiene y reduciendo la materia orgánica que contiene y reduciendo su capacidad de actuar como filtro, así mismo se está contaminando el agua, tanto la almacenada en el suelo como la subterránea, provocando la no disponibilidad de sus nutrientes para los cultivos.

Entre los contaminantes del suelo agrícolas más comunes se encuentran los metales pesados, contaminantes orgánicos persistentes y los denominados emergentes que son los productos farmacéuticos los destinados al cuidado personal.

La contaminación de los suelos agrícolas es de un gran impacto negativo para el medio ambiente y tiene consecuencias para todas las formas de vida que son afectadas.

1.2.2 Propiedad química del cadmio

[12]. Manifiesta lo siguiente:

- El cadmio es un elemento químico que se encuentra en el grupo 12 de la tabla periódica, junto con el mercurio y zinc, en su forma de metal puro es blando, dúctil y maleable, de color plateado claro, al ser calentado se combina con oxígeno, azufre, fósforo y halógenos y es fácilmente disuelto por ácido.
- En el suelo la movilidad depende de varios factores tales como el pH, el potencial redox y la cantidad de materia orgánica los que varían según el ambiente local, generalmente se une fuertemente la materia orgánica.
- La concentración habitual de cadmio en los suelos de 0.07 a 1.1 mg/Kg por otro lado la concentración de cadmio en la solución del suelo es relativamente baja y está entre 0.2 – 6 ug/litro, valores de 300 - 400 ug/L se corresponde con suelos contaminados.

1.2.3 Vías de exposición y efecto del cadmio en la salud humana

[12]. El cadmio ingresa en la alimentación humana con los vegetales y productos animales, se fija a los cultivos más rápidamente que el plomo, los frutos y semillas contienen menos cadmio que las hojas, el efecto en la salud humana por el cadmio el siguiente:

- Diarrea, dolor de estómago y vómitos severos.
- Fractura de huesos.
- Fallos en la reproducción y posibilidad incluso de infertilidad.
- Daños del sistema nervioso central.
- Daños al sistema inmunológico.

- Desórdenes psicológicos.
- Posible daño en el ADN o desarrollo de cáncer.

1.2.4 El cadmio en relación con el medio ambiente.

[12]. El cadmio puede ser encontrado mayormente en la corteza terrestre, este siempre ocurre en combinación con el zinc, después de ser aplicado de distintas maneras, este ingresa en el medio ambiente a través del suelo, en donde también se hace presente en la materia orgánica y pesticidas. Las aguas residuales con grande contenido de cadmio, termine en la mayoría de las veces en los suelos, produciendo su contaminación.

Otra fuente importante de emisión de cadmio es la producción de fertilizantes fosfatados, parte del cadmio permanecerá en el suelo, después de que el fertilizante es aplicado, donde es adsorbido fuertemente por la materia orgánica. Los suelos de reacción ácida incrementan la absorción de cadmio por los cultivos, produciendo la contaminación por el cadmio de los animales y finalmente el hombre. Cuando las concentraciones de cadmio en el suelo son altas producen el envenenamiento de las lombrices y otros microorganismos esenciales para el suelo, afectando la estructura del suelo.

1.2.5 El arsénico en las plantas

[13]. El efecto principal del arsénico en las plantas aparece en la distribución de la clorofila en el follaje como una consecuencia de inhibición de producción de enzimas como el arsénico es toxico para los seres humanos, el consumo de las partes consumibles de la planta que contienen arsénico acumulado es nocivo:

- **Efectos del arsénico en la salud humana**
 - ✓ Puede provocar cáncer al pulmón y piel
 - ✓ Otros tipos de cáncer
 - ✓ Cáncer piel, pulmón y vejiga

- **Química del arsénico**

El arsénico ha sido clasificado químicamente como un metaloide, con propiedades de metal como de no metálico, sin embargo, se le refiere frecuentemente como un metal, es un material solido de color gris acero.

1.2.6 Fuentes antropogénicas de contaminación por metales pesados en suelos europeos

PRINCIPALES FUENTES ANTROPOGÉNICAS DE CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS EN SUELOS EUROPEOS.

Fuentes	Cadmio	Cobre	Plomo	Zinc
Depositación atmosférica	+	+	+++	+
Plaguicidas	-	+ / ++	-	+ / ++
Estiércol y purines	+	++	-	+ / ++
Fertilizantes minerales (principalmente fosfatados)	+++	+ / ++	+	+
Lagos de aguas residuales	+ / ++	+ / ++	+ / ++	+ / ++

Nota: Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente. [14].

Donde:

- : Sin aporte

+ : aporte bajo

++ : Aporte moderado

+++ : Aporte alto

1.2.7 Estándares de Calidad Ambiental (ECA)

[15]. Fija los valores máximos permitidos de contaminación en el ambiente. El propósito es garantizar la conservación de la calidad ambiental mediante el uso de instrumentos de gestión ambiental sofisticado y de evaluación detallada para controlar las emisiones de agente contaminantes.

1.2.8 Estándares de calidad ambiental para suelos

[15]. Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el suelo en su condición de cuerpo receptor, que ni representa riesgo significativo para la salud de las personas ni el ambiente. El ECA suelo de diseños y aplicación obligatoria de todos los instrumentos de gestión ambiental.

1.2.9 Límite Máximo Permisible (L.M.P)

Es la medida de concentración o grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos que caracterizan a un afluyente o una emisión, que al ser excedida causa o puede causar daño a la salud, al bienestar humano y al ambiente. Según normas de la Unión Europea, el límite máximo permisible para el cultivo de espárrago en los turiones es de 0.03 ppm.

1.2.10 Límite Máximo Permisible Plomo.

El Límite Máximo Permisible del plomo presente en los turiones del cultivo de espárrago, según normas de la Unión Europea es de 0.10 ppm.

1.2.11 Estándar de Calidad Ambiental (ECA) de plomo en el suelo agrícola.

El Estándar de Calidad Ambiental para el suelo agrícola establecido por el Ministerio del Ambiente del Perú [15], para el elemento contaminante plomo es de 70 ppm.

1.2.12 Estándares de Calidad Ambiental para cadmio en el suelo agrícola

Según Decreto Supremo N° 011 – 2017, MINAM [15], se aprobó el estándar de calidad ambiental (ECA) para suelo agrícola:

Elemento ECA (mg/Kg) peso suelo seco.

Cadmio 1.4

1.2.13 Movilidad del cadmio en el suelo.

[16], indican que:

- La movilidad del cadmio en el suelo depende de varios factores, tales como el pH, el potencial redox y la cantidad de materia orgánica, los que varían según el

ambiente a la materia orgánica en el suelo, en esta forma puede ser absorbido por las plantas e incorporarse entrado a las cadenas tróficas.

- En todos los suelos, la dinámica del cadmio está fuertemente afectada por el pH.
- En suelos ácidos la materia orgánica y los sesquióxidos controlan la solubilidad del metal.
- En suelos alcalinos el cadmio no es móvil ya que precipita en forma de carbonatos y fosfatos insolubles.
- La fijación de cadmio es mayor en los suelos con contenido más elevados de materia orgánica, textura más fina, mayor capacidad de intercambio catiónico y menos saturación de aluminio intercambiable.
- En los suelos ácidos el cadmio se intercambia fácilmente, lo que lo hace disponible para las plantas.

[12] Manifiesta:

- En el suelo, la movilidad del cadmio depende de varias características químicas, siendo los más importantes el pH, el potencial redox, la cantidad de materia orgánica y sus contenidos de arcilla, concluyendo de acuerdo a las diferentes investigaciones realizadas en varias zonas de los cultivos y diferentes suelos agrícolas la móvil del cadmio depende:
- Del pH del suelo, pues su movimiento está directa mente afectado por esta característica química en la cual a pH ácidos se moviliza muy fácilmente y queda a disposición de la planta y puede ser absorbido.
- En la mayoría de los suelos de reacción a ácida, la materia orgánica y los sesquióxidos controlan la solubilidad del metal.
- En los suelos de reacción alcalina, el cadmio no se moviliza y se precipita en forma de carbonatos y fosfatos insolubles, no produciendo su absorción por las plantas, favoreciendo también la formación de especies hidroximonovalentes, que uno ocupa fácilmente los espacios de unión en los complejos de intercambio catiónico.

- En los suelos cuyo contenido de materia orgánica es elevado, se produce una mayor retención del cadmio en su superficie, en suelos de textura más finas como las arcillosas, que presentan mayor capacidad de intercambio catiónico igual presentan mayor retención del cadmio en su superficie.
- En la mayoría de los suelos agrícolas de reacción ácida, al cadmio se moviliza muy fácilmente, haciendo disponible para las plantas y siendo muy fácilmente absorbido, dependiendo además de la naturaleza de absorción del complejo de cambio, habiéndose observado que la unión del cadmio es mayor con la materia orgánica que la unión del cadmio con la arcilla.
- En los suelos cuyo contenido de materia orgánica es elevado, se produce una mayor retención del cadmio en su superficie, en suelos de textura más finas como las arcillas, que presentan mayor capacidad de intercambio catiónico igual presentan mayor retención del cadmio en su superficie.

[16]. Los metales pesados como el cadmio, son propensos ciertos parámetros geodáficos como los siguientes:

- a. **pH.** - La mayoría de los metales pesados contaminantes están disponibles con pH ácidos en los suelos agrícolas.
- b. **Textura.** - Los suelos de textura arcillosa o con contenidos de arcilla van a retener con mayor fuerza al cadmio en el complejo de cambio.
- c. **Mineralogía de la arcilla.** - Cuando los silicatos presentan una mayor superficie, absorción mayormente a los metales pesados.
- d. **Capacidad de intercambio.** - Las arcillas esmectitas y las vermiculitas producen una máxima retención de metales pesados.
- e. **Condición redox.** - El potencial de óxido reducción presente en los suelos es responsable de que el cadmio se encuentre oxidado o reducido.
- f. **Carbonatos.** - La mayoría de los metales pesados incluyendo el cadmio quedan absorbidos por los carbonatos.
- g. **Salinidad.** - Un alto contenido de salinidad en los suelos agrícolas, puede incrementar la movilidad del cadmio y su retención por el suelo.

1.3 NUTRICIÓN DE LOS CULTIVOS

[17]. El suelo es la parte fundamental en la nutrición de los cultivos ya que pone a disposición de las plantas lo siguiente:

1. Disponibilidad de agua.
2. Aporte de los nutrientes necesarios para el desarrollo de los cultivos.
3. Aporte de oxígeno.
4. Soporte para el cultivo mediante el sistema radicular.

Todos los suelos minerales tienen la siguiente composición: elementos minerales, agua, materia orgánica y aire.

El componente mineral está compuesto por diferentes tipos de rocas fragmentadas y diferentes clases de minerales, la materia orgánica representa una acumulación de restos de vegetales y animales parcialmente descompuestos, llegando finalmente al humus.

Los cultivos obtienen el agua retenido en los poros del suelo que junto con las sales presentes en ella dan lugar a la solución del suelo que es la zona donde las plantas obtienen los nutrientes esenciales para su desarrollo. El aire del suelo también se encuentra presente en los poros del suelo, pero con una composición mayor de dióxido de carbono que el oxígeno, que es muy diferente al aire presente en la atmósfera que rodea al suelo, de mucha importancia para suministrar oxígeno y dióxido de carbono a las raíces de los cultivos para la respiración, así como para el desarrollo de otros organismos presentes en el suelo.

La disponibilidad de los nutrientes para el cultivo a través del suelo depende de cuatro factores:

- La cantidad de macro y micro nutrientes presentes en el suelo.
- Bajo que formas y combinaciones se encuentra.
- El proceso mediante el cual todos los nutrientes se ponen a disposición de los cultivos y puedan ser utilizables.
- La solución del suelo y el valor de su pH.

1.3.1 Funciones de los elementos esenciales en los cultivos.

- **Nitrógeno**

Es uno de los macronutrientes más importantes en los cultivos y consumido en grandes cantidades, en la cual forma parte de diversos compuestos orgánicos muy necesarios para el desarrollo de la mayoría de los cultivos como son los aminoácidos, proteínas, coenzimas, clorofila y los ácidos nucleicos.

- **Fósforo**

También es un macronutriente de mucha importancia de los cultivos, especialmente de la zona radicular de los cultivos, especialmente de la zona radicular, formando muchos compuestos orgánicos, siendo los más importantes la glucosa, ATP, fosfolípidos, ciertas coenzimas y ácidos nucleicos.

- **Potasio.**

Es uno de los macronutrientes que los cultivos absorben en gran cantidad y funciona como activador de muchas enzimas, así como en las síntesis de las proteínas que requieren gran cantidad del elemento potasio, no formando parte estable de la estructura de ninguna de los compuestos o moléculas presentes en la célula de las plantas.

- **Azufre**

Es un macronutriente, se encuentra formando parte de diversos compuestos orgánicos que influyen a las proteínas y los aminoácidos, así como de las vitaminas tiamina y biotina, la presencia de la coenzima A.

- **Magnesio**

De mucha importancia para el funcionamiento fisiológico de los cultivos, pues es parte fundamental de la clorofila y el funcionamiento de muchas enzimas, así como en los diferentes pasos de la actuación del ATP, así como de muchas importancias para mantener la estructura de los ribosomas.

- **Calcio**

También es un micronutriente de mucha importancia en diversos compuestos de los cultivos, en las cuales en la mayoría de los casos se encuentra como precipitados de sales de oxalato de calcio en las vacuolas de las células, así como parte importante de las paredes celulares en forma de pectato de calcio uniendo las paredes primarias de las células adyacentes, así mismo de mucha

importancia para una buena formación de la membrana y forma parte de la enzima α – amilasa, pero en algunas oportunidades puede inferir la función del magnesio en la activación de las enzimas.

- **Hierro**

Este elemento es considerado como micronutriente, pero de mucha importancia en el cultivo para la síntesis de la clorofila, así como es parte fundamental del citocromo, la cual la función principal es la de portar los electrones en la fotosíntesis y en la respiración, así como del nitrato reductasa, así como activa muchas otras enzimas.

- **Cloro**

Muy importante para la realización del proceso de la fotosíntesis en la cual la función es la de activar las enzimas para la producción del oxígeno a partir del agua, así como de otras funciones ya que se presenta claramente la deficiencia en las raíces.

- **Manganeso**

Da mucha importancia en la activación en las enzimas para la síntesis de los ácidos grasos, así como de mucha importancia en la composición de las enzimas responsables del ADN y RN, así como en la activación de la enzima deshidrogenasa en el ciclo de Krebs, así como su participación directa en la producción fotosintética de oxígeno a partir del agua, así como participar en la formación de la clorofila.

- **Boro**

La función de este micronutriente en la planta es un proceso desconocido, pero si participa en el transporte en el floema de las proteínas.

- **Zinc**

Este micronutriente es de mucha importancia para la mayoría de los cultivos, forma parte importante de la hormona del ácido indolacético, así como de diversos compuestos como la carboxipeptidasa, el ácido glutámico deshidrogenasa y el ácido láctico deshidrogenasa y de muchos otros compuestos para el normal funcionamiento de los cultivos.

- **Cobre**
Su función importante en los cultivos es la de actuar como un portador de electrones y parte importante de algunas enzimas, como la plastocianina de mucha importancia en la fotosíntesis, así como de la oxidasa polifenol.
- **Molibdeno**
Su principal función es la de pactar los electrones en la formación del nitrato de amonio y también de mucha importancia en la fijación del nitrógeno.
- **Carbono**
Su función principal en todos los cultivos es la formación de todos los compuestos orgánicos que necesitan los cultivos para su desarrollo.
- **Hidrogeno**
Se encuentra presente en todos los compuestos orgánicos en las cuales también se encuentra presente el carbono y de muchas importancias en la capacidad de intercambio de cationes en las relaciones suelo – planta.
- **Oxigeno**
Su función principal es lo de ser parte de la mayoría de los compuestos orgánicos en todos los cultivos, así como intervenir en el intercambio de aniones entre el las raíces del cultivo y el remedio que lo rodea, así mismo receptor principal terminal del hidrogeno en la respiración.

1.3.2 Síntomas de deficiencias y toxicidad de los elementos esenciales

[17]. A continuación, se presentaron los síntomas de deficiencia y toxicidades de los nutrientes en los cultivos:

- **Nitrógeno**
El principal síntoma de deficiencia de este elemento es la reducción del crecimiento y la mayoría de las plantas adquieren un color amarillo (cloróticas), estos síntomas se deben a la de clorofila, especialmente en las hojas viejas, a diferencia de las hojas jóvenes que permanecen de un color verde mucho más tiempo.
El principal síntoma de toxicidad es cuando las plantas toman un calor verde intenso, oscuro con un abundante follaje, pero unas raíces muy pequeñas que no les permite realizar sus actividades fisiológicas con normalidad.

- **Fósforo**

El principal síntoma de deficiencia es que las plantas toman un color verde intenso, bastante oscuro, disminuyendo su desarrollo, existiendo la acumulación abundante de pigmentos de antocianina, apareciendo los primeros síntomas de deficiencias en las hojas maduras y en la mayoría de los casos atrasa el desarrollo y madurez de los cultivos.

Los síntomas de toxicidad generalmente no se manifiestan o no se notan, en algunas veces se presentan deficiencias de los microelementos cobre o zinc cuando se aplica en exceso el fósforo.

- **Potasio**

Los síntomas de deficiencia de este macronutriente se presentan primero en las hojas maduras, en las cuales en las plantas dicotiledóneas se vuelve inicialmente cloróticas, apareciendo en forma rápida manchas necróticas en todas las superficies de las hojas, en la mayoría de las monocotiledóneas, se produce un secamiento muy rápido de los vértices y márgenes de las hojas.

En la mayoría de los casos los cultivos no absorben demasiado este macronutriente, por lo que o se producen intoxicaciones, pero en algunas circunstancias un exceso de potasio en los cultivos pueden dar lugar a deficiencias del magnesio y los macro nutrientes manganeso, zinc o hierro.

- **Azufre**

Generalmente en los cultivos no se presenta deficiencia de este macronutriente, presentándose un ligero amarillamiento en los bordes de las hojas más jóvenes cuando se presentan un exceso de absorción se produce una reducción en el crecimiento y tamaño de las hojas, pero en la mayoría de los casos son difíciles de observar.

- **Magnesio**

Este macronutriente de mucha importancia para el desarrollo de los cultivos, las deficiencias se presentan cuando aparecen clorosis en las hojas, especialmente en las nervaduras, apareciendo primero en las hojas más maduras y avanzando después hacia las hojas más jóvenes.

No existe información que nos permita determinar los síntomas de toxicidad de este macronutriente.

- **Calcio**

Los síntomas de deficiencias se presentan cuando no hay desarrollo de los tallos, produciendo la muerte de los extremos de las raíces, su efecto se manifiesta primero en las hojas más jóvenes y avanzando hacia las hojas maduras en la cual se presenta hojas moteadas de zonas necróticas.

Los síntomas de toxicidad no se presentan de forma inasible.

- **Hierro**

El principal síntoma de deficiencia es la aparición de clorosis muy pronunciada entre las nervaduras, muy parecida a la deficiencia del magnesio, con la deficiencia que está deficiencia debido al hierro se produce en las hojas más jóvenes.

Los síntomas de deficiencias generalmente no se pueden observar a simple vista.

- **Cloro**

El principal síntoma de deficiencia es cuando presenta hojas marchitas en las cuales posteriormente se vuelven cloróticas y necróticas, en la mayoría de los casos aparecen hojas de un calor broceando, disminuyendo al desarrollo de las raíces y produciendo un engrosamiento en los extremos.

Los síntomas de toxicidad se presentan con un quemado de los bordos y en los extremos de las hojas y en la mayoría de los casos un bronceado y amarillamiento de las hojas, llegando a la clorosis.

- **Manganeso**

Uno de los síntomas de deficiencia es generalmente una clorosis en la zona entre las nervaduras de las hojas, en las hojas jóvenes como maduras, dependiendo del tipo de cultivo, posteriormente puede presentarse lesiones necróticas y caídas de las hojas y produciendo una desorganización del cloroplasto.

Los síntomas de toxicidad también presentan clorosis y presentando en las hojas una distribución irregular de la clorofila, produciendo generalmente una reducción en el crecimiento.

- **Boro**

Los síntomas de deficiencia se producen dependiendo de la especie, la cual en la mayoría de los casos pueden llegar a morir los tallos y la zona meristemática apical de las raíces, en la mayoría de los casos los vértices de las raíces, se

descoloran y se hinchan, así mismo las presentan diferentes síntomas de deficiencias las cuales pueden ser engrosamiento, brillantez, rizado y marchitez y un moteado clorótico.

En los síntomas de toxicidad se produce el amarillamiento del vértice de las hojas seguido de una gran necrosis progresiva desde la zona basal hasta los márgenes y vértices.

- **Zinc**

Una de los principales síntomas de deficiencia es la reducción de la longitud de los entrenudos y el tamaño de las hojas, las cuales generalmente se produce una distorsión en las labores, además se pueden producir una clorosis entre las nervaduras.

- **Cobre**

Los síntomas de deficiencia generalmente no se pueden observar a simple vista, pero en la mayoría de los cultivos las hojas más jóvenes se vuelven de color verde oscuro y se enrollan y frecuentemente se presenta un moteado necrótico.

Uno de los síntomas de toxicidad se presenta con reducido desarrollo y seguidamente una clorosis de férrica y enanismo, producido una reducción en la formación de las ramas, un engrosamiento y oscurecimiento anormal de las zonas de las raíces.

- **Molibdeno**

Uno de los principales síntomas deficiencias se presenta con un desarrollo de una clorosis entre las herraduras, empezando por las hojas maduras y siguiendo posteriormente las hojas jóvenes muy parecidos a las deficiencias de nitrógeno, en algunas ocasiones las hojas se ahuecan y se presentan quemaduras en los bordes.

Los síntomas de toxicidad se presentan raramente, pero en algunas especies las hojas pueden tomarse de un color amarillo brillante, así como de un color púrpura brillante.

1.4 FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DEL PROBLEMA

1.4.1 Problema general.

¿Se podrá reducir la contaminación por el cadmio en el suelo cultivado con espárrago mediante la aplicación de prácticas agrícolas de remediación debido a que estos suelos

se han contaminado por malas prácticas en el manejo agronómico del cultivo durante muchos años en la zona de Santo Dominguita – Ica?

1.4.2 Problema específico.

¿Se podrá disminuir los niveles de contaminación del cadmio en el suelo cultivado con espárrago a lo largo de una campaña agrícola, mediante la aplicación de prácticas de remediación en la zona de Santa Dominguita – Ica?

¿Se podrá aminorar los niveles de concentración del cadmio en los turiones del cultivo de espárrago a lo largo de una campaña agrícola, mediante la aplicación de prácticas de remediación en la zona de Santa Dominguita – Ica?

1.5 JUSTIFICACIÓN IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Justificación.

Existe muy poca información, así como muy poco apoyo de las diversas entidades relacionadas al agro a los agricultores que se dedican a producir diversos cultivos, especialmente a los productores pequeños que se dedican a la conducción del cultivo de espárrago, en el área del manejo de los suelos agrícolas y el cultivo de espárrago contaminado con elementos contaminantes como el cadmio, en la zona de Santa Dominguita – La Venta.

1.5.2 Importancia.

Aplicar prácticas agrícolas de remediación como subsolado, materia orgánica y riegos pesados que permitan disminuir los niveles de contaminación al suelo agrícola y el cultivo de espárrago por el elemento pesado cadmio y ponerlo a disposición a los agricultores que se dedican a la conducción del espárrago como nuevas herramientas de lucha contra la contaminación ambiental y obtener turiones libres de este elemento contaminante en la zona de Santa Dominguita – La Venta.

1.6 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Objetivo general.

Evaluar la disminución de la contaminación del cadmio en el suelo cultivado con espárrago mediante la aplicación de prácticas agrícolas de remediación en la zona de Santa Dominguita. – Ica.

1.6.2 Objetivo específico.

Determinar la disminución de los niveles de concentración de cadmio en el suelo agrícola, cultivado con espárrago, mediante la aplicación de práctica agrícola de

remediación a lo largo de una campaña agrícola condiciones de la zona de Santa Dominguita – Ica.

1.7 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.7.1 Hipótesis general.

Mediante la aplicación de prácticas agrícola de remediación se podrá disminuir la contaminación por el cadmio en el suelo cultivado con espárrago en la zona de Santa Dominguita – Ica.

1.7.2 Hipótesis específica.

- Aplicando prácticas agrícolas de remediación de suelos se puede disminuir la concentración de cadmio en el suelo.
- Aplicando prácticas agrícolas de remediación de suelos se puede disminuir la concentración de cadmio del cultivo del espárrago.

1.8 Variables de la Investigación

a) Variable independiente

Prácticas agrícolas de remediación en el suelo agrícola:

- Subsolado a 50 cm de profundidad.
- Aplicación de materia orgánica 30 toneladas por hectárea.
- Riegos fuertes de aproximadamente 20,000 m³/ha aplicadas mediante el sistema de riego por gravedad, aprovechando el agua de avenida que se produce en esta época del año en la cual se podrá aplicar y riegos pesados aproximadamente de acuerdo a la disponibilidad del agua superficial en esta zona, correspondiente a los meses de enero, febrero y marzo. El resto de los meses el riego se efectuará mediante el sistema de fertirrigación instalado en la parcela.

b) Variable Dependiente

Niveles de contaminación en el suelo agrícola y el cultivo de espárrago.

c) Variable interviniente

Valores extremos de las variables meteorológicas que pueden afectar el normal desarrollo del espárrago.

II. ESTRATEGIA METODOLÓGICA

2.1 TIPO, NIVEL Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 Tipo de investigación.

No experimental.

2.1.2 Nivel de investigación.

Descriptivo.

2.1.3 Diseño de investigación.

Longitudinal de tendencia, pues se evaluaron el efecto de las prácticas agrícolas en la remediación de la contaminación por el cadmio del suelo agrícola y el cultivo de espárrago a lo largo de una campaña agrícola en la zona de Santa Dominguita – La Venta.

2.2 POBLACIÓN Y MUESTRA DE ESTUDIO

2.2.1 Población de estudio.

La población lo constituyó las 1800 hectáreas del cultivo de espárrago, cultivadas en la comunidad de Santa Dominguita-La Venta Ica.

2.2.2 Muestra de estudio.

La muestra constituyó la parcela de 300 has aproximadamente en donde se realizó el presente trabajo de investigación.

2.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

2.3.1 Análisis de suelos.

Se tomaron muestra de suelos a una profundidad de 0 – 30 cms. y de 30 – 60 cms. de zonas representativas del área de estudio, antes y después de realizar las practica agrícolas de remediación las cuales se homogenizarán y se obtuvieron una sola muestra de 1.0 Kg. aproximadamente la cual fue enviada al Laboratorio de Química Agrícola del Instituto Valle Grande de Cañete para el análisis de la concentración del cadmio.

2.3.2 Análisis foliares.

- Las muestras foliares fueron obtenidas de la parte media de las plantas seleccionadas al azar.

- Los turiones fueron extraídos cuando se inició la cosecha y de zonas representativas del área de estudio.
- Ambas muestras se enviaron al laboratorio de química agrícola del Instituto Valle Grande para su análisis respectivo.

2.4 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- Lampas.
- Bolsas plásticas.
- Winchas.
- Cajas de cartón.
- Tarjetas de identificación.
- Sobres manila.

2.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

- Los análisis de la concentración de cadmio en el suelo agrícola se interpretaron mediante el estándar de calidad ambiental establecido por el Ministerio del Ambiente del Perú para suelos agrícolas.
- Los análisis de turiones, fueron interpretados en relación a los límites máximos permitidos para el cadmio en los turiones de espárrago por la Comunidad Europea.

III. RESULTADO

3.1 PRESENTACIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1.1 Análisis físico mecánico y químico del suelo

Las características físico mecánicas y químicas del suelo, son las responsables del desarrollo de los cultivos y rendimientos y calidad de los mismos por lo que en el presente trabajo de investigación se tomaron muestras del suelo agrícola de zonas representativas del área de estudio a dos profundidades 0 – 30 cms y 30 – 60 cms, las cuales se homogenizaron y se obtuvo una sola vez etiquetada fueron enviadas al laboratorio de química agrícola del Instituto Valle Grande de Cañete para su análisis respectivo.

En las siguientes tablas se presentarán los resultados e interpretación de los análisis realizados.

TABLA I

ANÁLISIS FÍSICO MECÁNICO DEL SUELO

Fecha: Fecha: 26 – 10 – 2022

Parámetro	Resultado	Método
Arena (%)	36.55	Bouyoucos
Limo (%)	35.84	Bouyoucos
Arcilla (%)	27.61	Bouyoucos
Textura	Franco arcilloso	Triangulo textural

TABLA II

ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

Fecha: 26 – 10 – 2022

Parámetro	Resultado	Método	Interpretación
Nitrógeno total (%)	0.07	Kjeldahl	Bajo
Fósforo disponible (ppm)	43.52	Olsen	Alto
Potasio disponible (ppm)	755.00	Acetato de Amonio	Alto
Materia orgánica (%)	1.22	Walkley y Black	Normal
Carbonato de Calcio Total (%)	0.87	Gravimétrico	Bajo
C.E. (dS/m.)	5.73	Electrométrico	Ligeramente salino
pH	7.53	Electrométrico	Ligeramente alcalino
Cationes cambiables		Acetato de Amonio	
C.I.C (meq/100 gr.)	16.82	Cálculo matemático	Alto
Calcio (meq/100 gr.)	12.51	E.A.A.	Normal
Magnesio (meq/100 gr.)	1.98	E.A.A.	Normal
Sodio (meq/100 gr.)	0.54	E.A.A.	Normal
Potasio (meq/100 gr.)	1.79	E.A.A.	Alto

Dónde:

E.A.A.: Espectrometría de absorción atómica por llama.

Nota: Laboratorio de Análisis Químico – Instituto Valle Grande de Cañete.

TABLA III

**ANÁLISIS FÍSICO MECÁNICO DEL SUELO.
PROFUNDIDAD 30 – 60 CMS.**

Fecha: Fecha: 26 – 10 – 2022

Parámetro	Resultado	Método
Arena (%)	32.51	Bouyoucos
Limo (%)	37.89	Bouyoucos
Arcilla (%)	29.60	Bouyoucos
Textura	Franco arcilloso	Triangulo textural

TABLA IV

**ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO.
 PROFUNDIDAD DEL SUELO 30 – 60 CMS.**

Fecha: 26 – 10 – 2022

Parámetro	Resultado	Método	Interpretación
Nitrógeno total (%)	0.07	Kjeldahl	Bajo
Fósforo disponible (ppm)	24.98	Olsen	Alto
Potasio disponible (ppm)	577.20	Acetato de Amonio	Alto
Materia orgánica (%)	1.21	Walkley y Black	Normal
Carbonato de Calcio Total (%)	1.01	Gravimétrico	Bajo
C.E. (dS/m.)	6.61	Electrométrico	Ligeramente salino
pH	7.73	Electrométrico	Ligeramente alcalino
Cationes cambiables		Acetato de Amonio	
C.I.C (meq/100 gr.)	17.82	Cálculo matemático	Alto
Calcio (meq/100 gr.)	14.70	E.A.A.	Alto
Magnesio (meq/100 gr.)	1.47	E.A.A.	Bajo
Sodio (meq/100 gr.)	0.30	E.A.A.	Normal
Potasio (meq/100 gr.)	1.35	E.A.A.	Alto

Dónde:

E.A.A.: Espectrometría de absorción atómica por llama.

Nota: Laboratorio de Análisis Químico – Instituto Valle Grande de Cañete.

TABLA V

**CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO AGRÍCOLA AL INICIO DE LA
APLICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS.
PROFUNDIDAD: 0 – 30 CMS**

Fecha: 26 – 10 – 2022.

Parámetro	Resultado	Unidad	ECA Perú	Interpretación sobrepasa ECA
Cadmio	1.763	ppm	1.40	Sobrepasa E. C. A

Dónde: E.C.A: Estándar de Calidad Ambiental – Perú.

Nota: Laboratorio de Química Agrícola – Instituto Valle Grande de Cañete.

TABLA VI

**CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO AGRÍCOLA CONTINUACIÓN DE
LA APLICACIÓN DE LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS**

PROFUNDIDAD: 30 – 60 CMS.

Fecha: 26 – 10 – 2022.

Parámetro	Resultado	Unidad	ECA Perú	Interpretación sobrepasa ECA
Cadmio	1.538	ppm	1.40	Sobrepasa E.C.A

Dónde: E.C.A: Estándar de Calidad Ambiental – Perú.

Nota: Laboratorio de Química Agrícola – Instituto Valle Grande de Cañete.

TABLA VII

**CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO AGRÍCOLA DESPUÉS DE
APLICADO LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS
PROFUNDIDAD: 0 – 30 CMS**

Fecha: 19 – 04 – 2023.

Parámetro	Resultado	Unidad	ECA Perú	Interpretación sobrepasa ECA
Cadmio	3.09	ppm	1.40	Sobrepasa E.C.A

Dónde: E.C.A: Estándar de Calidad Ambiental – Perú.

Nota: Laboratorio de Química Agrícola – Instituto Valle Grande de Cañete.

TABLA VIII

**CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL SUELO AGRÍCOLA DESPUÉS DE
APLICADO LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS
PROFUNDIDAD: 30 – 60 CMS**

Fecha: 19 – 04 – 2023.

Parámetro	Resultado	Unidad	ECA Perú	Interpretación sobrepasa ECA
Cadmio	2.80	ppm	1.40	Sobrepasa E.C.A

Dónde: E.C.A: Estándar de Calidad Ambiental – Perú.

Nota: Laboratorio de Química Agrícola – Instituto Valle Grande de Cañete.

TABLA IX

CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN LOS TURIONES DE ESPÁRRAGO AL INICIO DE LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

Fecha: 14 – 12 – 2022.

Parámetro	Resultado	Unidad	ECA Perú	Interpretación sobrepasa ECA
Cadmio	0.788	ppm	0.05	Sobrepasa L. M. P

Dónde: L. M. P: Límite Máximo Permisible.

Nota: Laboratorio de Química Agrícola – Instituto Valle Grande de Cañete.

TABLA X

CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN EL FOLLAJE DE ESPÁRRAGO DESPUÉS DE APLICAR LAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

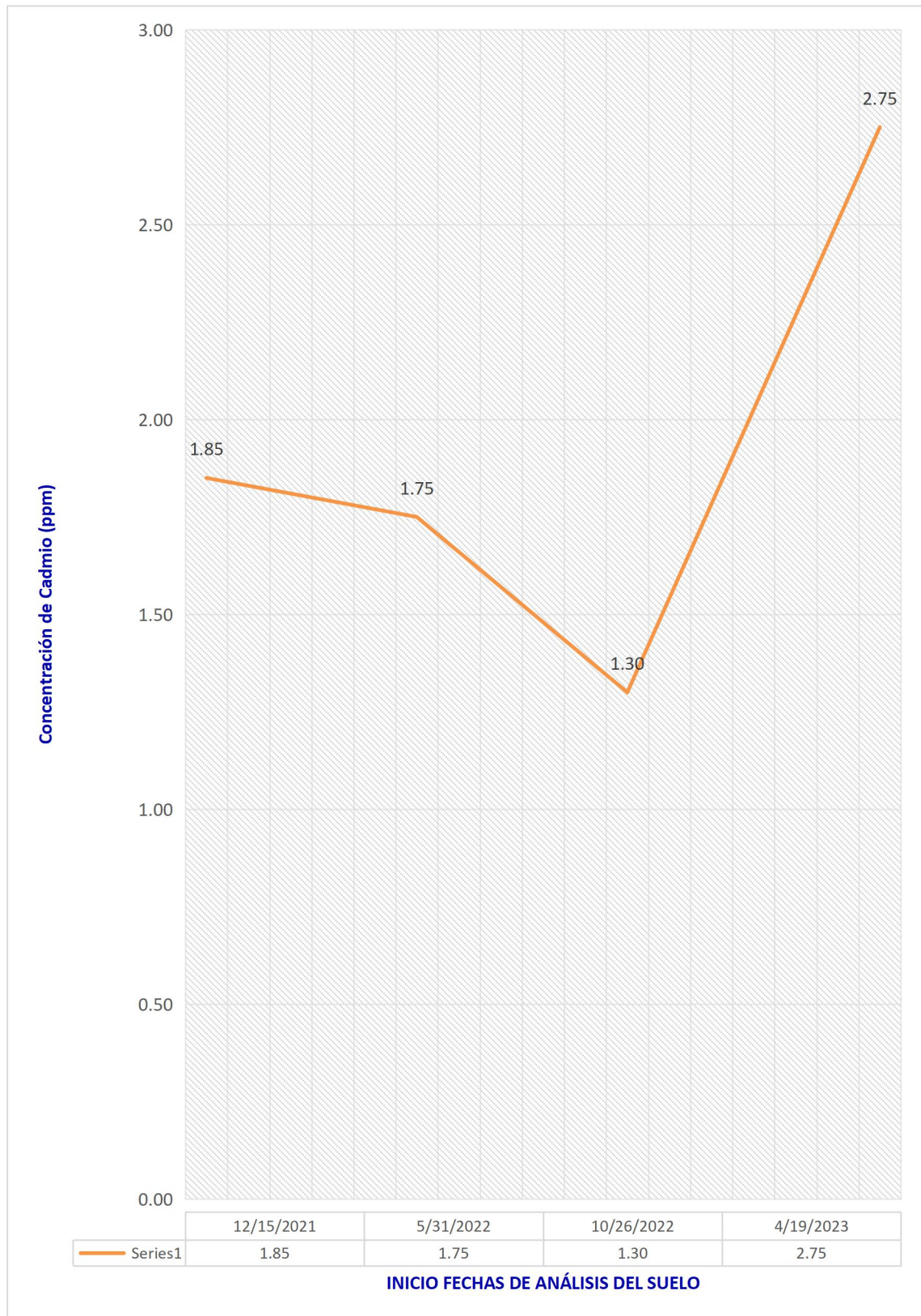
Fecha: 19 – 12 – 2022.

Parámetro	Resultado	Unidad	ECA Perú	Interpretación sobrepasa ECA
Cadmio	0.35	ppm	0.05	Sobrepasa L. M. P

Dónde: L. M. P: Límite Máximo Permisible.

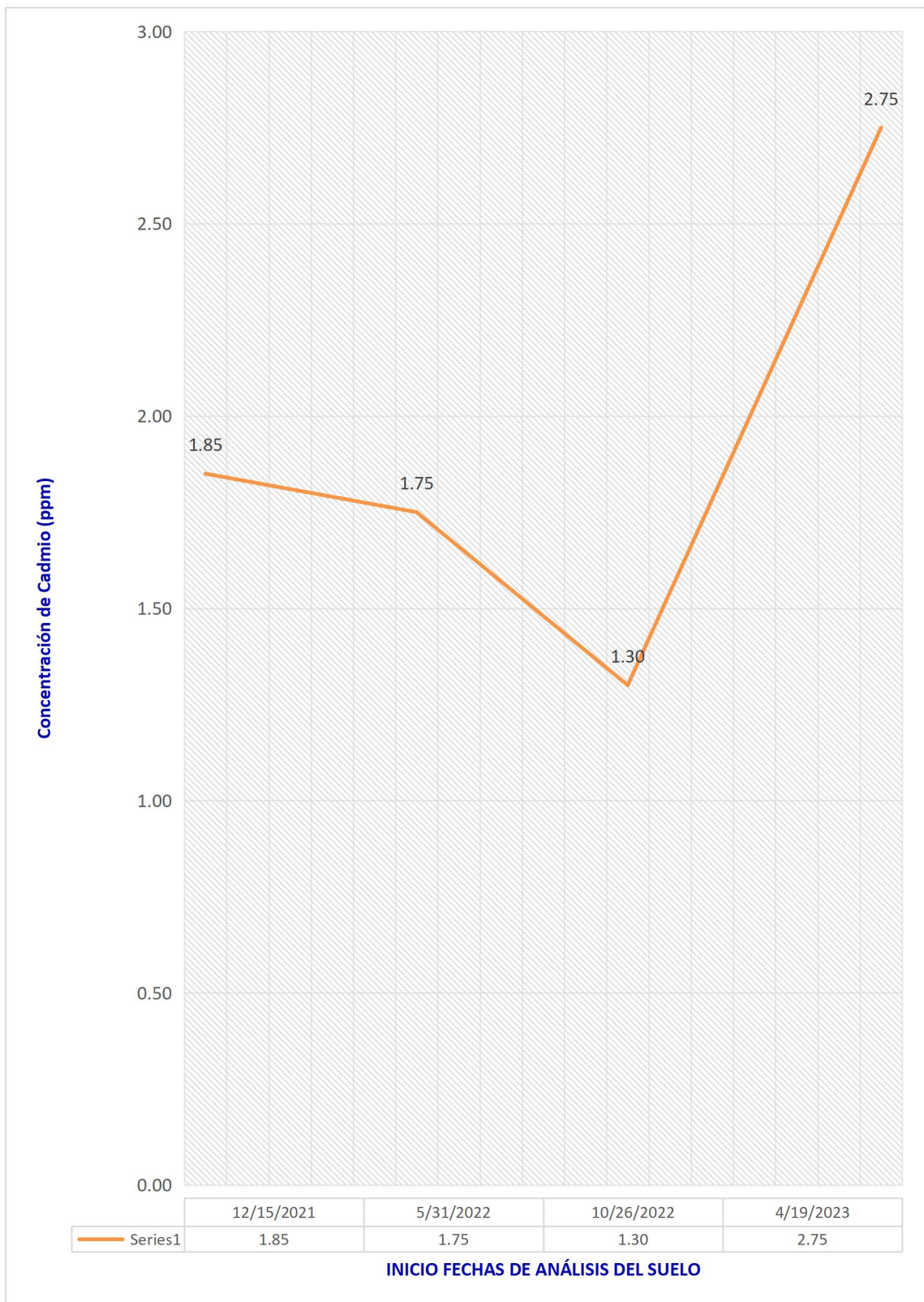
Nota: Laboratorio de Química Agrícola – Instituto Valle Grande de Cañete.

Fig. 1. Concentración de cadmio en el suelo agrícola con practicas de remediación profundidad 0 – 30 cms.



Nota: "Elaboración propia".

Fig. 2. Concentración de cadmio en el suelo agrícola con prácticas de remediación profundidad 30 – 60 cms.



Nota: “Elaboración propia”.

3.1.2 Fertilización

Este se realizó en función de los análisis realizados al suelo agrícola y utilizando el sistema de fertirrigación instalado en la parcela.

La fórmula utilizada fue la siguiente:

- N = 200
- P = 0
- K = 0
- Ca = 80
- Mg = 60
- S = 60

Tanto el fósforo como potasio, su aplicación fue de cero por encontrarse en cantidades elevadas estas dos macronutrientes, tanto a la profundidad de 0 – 30 cms y 30 – 60 cms, además se aplicaron aproximadamente 15.00 toneladas de guano de invernada por hectárea, siendo las fuentes de fertilización nitrato de calcio de amonio, sulfato de calcio cristalizado.

3.1.3 Riegos

El sistema de riego es fertirrigación en la cual cada línea del cultivo de espárrago cuenta con dos líneas laterales, ubicadas a ambos lados del cultivo, en la cual se encuentran instalados goteros con un caudal de 1.3 litros por hora y un espaciamiento de 30 cms. entre goteros.

En la siguiente tabla se presenta los volúmenes de agua aplicado al cultivo en forma mensual y por campaña.

TABLA XI**VOLUMEN DE RIEGO APLICADO AL CULTIVO DE ESPÁRRAGO**

Mes	Volumen de riego (m³/día)	Volumen de riego mensual (m³/día)	Procedencia
Noviembre	33.435	1,003.00	Subterránea
Diciembre	33.435	1,003.00	Subterránea
Enero	--	4,000.00	Subterránea
Febrero	--	4,000.00	Subterránea
Marzo	--	4,000.00	Subterránea
Abril	--	4,000.00	Subterránea
Mayo	33.435	1,036.50	Subterránea
Junio	33.435	1,003.00	Subterránea
Volumen de riego por campaña		16,992.00	

3.1.4 Variables meteorológicas

Las variables meteorológicas tienen un efecto directo en el desarrollo y producción del cultivo de espárrago, por lo que en la presente tabla se presentan los valores de las variables meteorológicas que se presentaron a lo largo del desarrollo del presente trabajo de investigación.

TABLA XII

VALORES DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS AÑO 2022 – 2023

Mes	Temperatura media (°C)	Humedad relativa (%)	Horas de sol
Noviembre	21.3	67	2.1
Diciembre	23.6	67	2.8
Enero	25.0	60	6.7
Febrero	26.7	65	4.6
Marzo	26.1	65	5.1
Abril	24.7	69	7.8
Mayo	20.7	77	6.2
Junio	18.7	76	

Fuente: Estación Meteorológica “MAP” San Camilo – Parcona – Ica.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 CONCENTRACIÓN FOLIAR DE NUTRIENTES

4.1.1 Análisis físico mecánico y químicos del suelo

a) Análisis físico mecánico del suelo a una profundidad de 0 – 30 cms.

Estos análisis nos permiten determinar las características físico mecánicas que nos permiten conocer la fertilidad física del suelo que son los responsables del desarrollo y rendimiento del cultivo, en la cual en el presente trabajo de investigación el suelo presenta una textura franco arcillosa que permite una buena retención de humedad, buena disponibilidad de aire para el desarrollo del sistema radicular, pero el contenido de arcilla puede llevar a formarse costras duras, por el paso de las máquinas, por lo que es necesario realizar subsolados profundos para no permitir la formación de capas duras.

b) Análisis químico del suelo a una profundidad de 0 – 30 cms.

Este análisis nos permite conocer la fertilidad química del suelo, importante para conocer la disponibilidad de nutrientes para los cultivos, en este caso del cultivo de espárragos:

- El análisis químico nos permite conocer que el suelo agrícola presenta un contenido de materia orgánica normal, por lo que permite una buena retención y disponibilidad de nutrientes, para el cultivo de espárrago, pero el de nitrógeno total es bajo, por lo que es necesario su aplicación mediante la fertilización del cultivo.
- El contenido de fósforo disponible es alto, por lo que, en la fertilización al cultivo, no se ha aplicado este macronutriente, lo mismo sucede con la concentración de potasio disponible que es alto, por lo que tampoco se aplicó en el plan de fertilización en el cultivo.
- El contenido de carbonato de calcio es bajo, por lo que no tendrá ningún efecto negativo en el desarrollo del cultivo.
- La conductividad eléctrica es ligeramente salina, pero sin ningún efecto negativo por el desarrollo del cultivo, por resistir altas concentraciones salinas.

- Así mismo el pH ligeramente alcalino no tiene ningún efecto negativo en la disponibilidad de los nutrientes para el cultivo, pues se cuenta con sistema de fertirrigación para la aplicación de los fertilizantes.
- La capacidad de intercambio catiónico es alta por lo que no hay ningún problema para la retención y disponibilidad de los nutrientes del suelo agrícola para el cultivo de espárrago.

c) Análisis físico mecánico del suelo a una profundidad de 30 – 60 cms.

Según los resultados obtenidos, la textura del suelo es franco arcilloso, con predominio de la arcilla, que, si bien va a retener la humedad disponible para ponerla a disponibilidad de los cultivos, buen drenaje, debido a la arcilla pueden formar también capas duras en el tiempo debido al paso de máquinas agrícola durante varios años, por lo que se deben realizar subsolados profundos.

d) Análisis químico del suelo a una profundidad de 30 – 60 cms.

El resultado del análisis químico del suelo nos permite observar que el suelo presenta un contenido de materia orgánica normal, con buena retención y disponibilidad de los nutrientes para, el cultivo de espárrago, pero el contenido de nitrógeno total es bajo, por lo que en el área de la fertilización del cultivo, se ha realizado una buena aplicación de nitrógeno al cultivo, así mismo el contenido de fósforo disponible es alto, por lo que en el plan de fertilización tampoco se tomó en cuenta la aplicación de este macronutriente, lo mismo sucede con el contenido de potasio disponible que presenta una concentración alta por lo que en el plan de fertilización no se aplicó este macronutriente.

- El contenido de carbonato de calcio también es bajo, sin ningún efecto negativo en el desarrollo del cultivo de espárrago.
- Su conductividad eléctrica es ligeramente salina, pero sin ningún efecto negativo en el desarrollo y producción del cultivo de espárrago por resistir alta salinidad en el suelo.
- El pH ligeramente alcalino, pero sin ningún efecto negativo en la disponibilidad y asimilación de los nutrientes por el cultivo, porque la aplicación se hace vía sistema de fertirrigación.

- Su capacidad de intercambio catiónico es alta con predominio del ion calcio, por lo que o hay problema en la retención y disponibilidad de los nutrientes para el cultivo.

e) Concentración del cadmio por el suelo agrícola

Las características físico mecánicas y químicas del suelo que permiten una retención de los elementos contaminantes son:

- Arcilla
- Materia orgánica
- Capacidad de intercambio catiónico

Como puede observarse de los resultados obtenidos tanto a la profundidad de 0 – 30 cms y de 30 – 60 cms el contenido de arcilla es alto lo que ha permitido la retención del elemento pesado cadmio en el suelo agrícola debido a los diversas practicas agrícolas realizadas durante muchos años en el cultivo de espárrago, especialmente la aplicación de fertilizantes fosfatados que es la principal fuente de contaminación por el cadmio.

Así mismo el contenido de materia orgánica es normal a ambas profundidades, lo que indica la presencia en el suelo agrícola de más de 45.00 toneladas por cada capa, que al unirse con la arcilla permite la retención de los elementos contaminantes como el cadmio, lo que permitido que la capacidad de intercambio catiónico también sea alta en ambas capas y por lo tanto la retención del elemento contaminante sea retenida muy fuertemente en el suelo agrícola.

Según los resultados del trabajo de investigación realizados por Vargas, la concentración de cadmio en el suelo agrícola después de realizados las prácticas de remediación fueron los siguientes:

La profundidad de 0 – 30 cm la concentración fue de 2.175 ppm y a la profundidad de 30 – 60 cms de 1.975. estos resultados fueron en la fecha de 31 de mayo del 2022, por lo que las prácticas agrícolas siguieron realizando su trabajo hasta la fecha en que se inicia el presente trabajo en la cual se realizan los primeros análisis para determinar la concentración de cadmio, realizándose estos en a fecha del 26 de octubre del 2022, en la cual a una profundidad de 0 – 30 cms se encontró una concentración de cadmio de 1.763 ppm y a la

profundidad de 30 – 60 cms una concentración de 1.538 ppm, demostrándose la efectividad de las practicas agrícolas, siguiendo con la aplicación de riegos pesados, aproximadamente 5 en épocas de avenida y abundancia de agua, en la cual los resultados de los análisis muestran los siguientes resultados:

Concentración de cadmio a una profundidad de 0 – 30 cms de 3.09 ppm y a la profundidad de 30 – 60 cms de 2.80 ppm, de fecha 19 de abril del 2023 un tanto contradictorios con los primeros resultados.

f) Concentración de cadmio en los turiones de espárragos

La concentración de cadmio en los turiones de espárrago realizados en el cultivo de esparrago realizados al cultivo de esparrago antes de la aplicación de los riegos pesados fue de 0.788 ppm, demostrando que todavía los turiones tenían alta contaminación por el metal pesado cadmio

g) Concentración de cadmio en el follaje del cultivo de espárrago

La concentración de cadmio después de realizados los riegos pesados al cultivo de espárrago, fue de 0.35 ppm demostrando que el follaje de espárrago seguía contaminado con el elemento pesado cadmio y el follaje funciona como zona de almacenamiento del elemento pesado cadmio y finalmente lega a los turiones, contaminando el principal productor del cultivo.

h) Prácticas agrícolas de remediación

Las prácticas agrícolas que se realizaron para la remediación del suelo cultivado con espárrago fueron:

- Subsulado
- Aplicación de materia orgánica
- Riego pesado

Subsulado

- En el presente trabajo de investigación que fue la continuación del trabajo realizado para remediar el suelo contaminado con cadmio, se realizaron subsulados no muy profundo, de aproximadamente 50.00 cm de profundidad, por lo que en el primer trabajo se realizaron subsulados profundos de aproximadamente 80.00 cms de profundidad.

- Aplicación de materia orgánica se aplicaron aproximadamente 15.00 toneladas de materia orgánica por hectárea, como un cumplimiento a la primera aplicación que se aplicó 30.00 toneladas de guano de invertebrados por hectárea.
- Se aplicaron 5 riegos pesados, aprovechando el agua de avenida que se presentó en abundancia y por el costo bastante bajo, lo que permitió que el suelo este siempre bien lavado.

V. CONCLUSIONES

En función de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, se puede afirmar que se cumplieron con los obtenidos planteados, concluyéndose en los siguientes:

- 5.1** Las características físico mecánicas y químicas del suelo han permitido la retención y contaminación del suelo agrícola por el cadmio y contaminando al cultivo de espárrago.
- 5.2** Desde el inicio de la aplicación de las prácticas agrícolas de remediación se ha demostrado la disminución de la concentración de cadmio en el suelo agrícola demostrando la efectividad de las prácticas agrícolas.
- 5.3** Las prácticas agrícolas de remediación fueron efectivas en la primera etapa de su aplicación, pero en la etapa final los análisis realizados han demostrado el incremento del elemento contaminante cadmio.
- 5.4** El cultivo de espárrago continúa con altas concentraciones de cadmio.

VI. RECOMENDACIONES

En función de los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

- 6.1** Continuar con los trabajos de remediación en la misma parcela donde se han iniciado con las prácticas agrícolas por dos o tres campañas más para observar la efectividad de la aplicación de estas prácticas en la disminución de la concentración de cadmio en el suelo agrícola.
- 6.2** Realizar estas prácticas agrícolas en otras parcelas contaminadas por el elemento pesado cadmio y comparar los resultados obtenidos con los obtenidos en el presente trabajo de investigación en la misma zona de Santa Dominguita.
- 6.3** Realizar estas investigaciones en otras zonas y cultivos del valle de Ica, por ser la contaminación del suelo agrícola uno de los factores limitantes en la producción y exportación de los diferentes cultivos producidos en las tres zonas que componen en valle de Ica.
- 6.4** Promover estas investigaciones entre los agricultores de la zona baja del valle de Ica que se dedican a la conducción del cultivo de espárrago como un apoyo en el área de la contaminación del suelo agrícola por los metales pesados.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J, Ruiz. “Evaluación de tratamientos para disminuir cadmio en lechuga regada con riego en la ciudad de Bogotá. Facultad de Ciencias – Departamento de Biología - Universidad Nacional de Colombia. Bogotá – Colombia. 2011.
- [2] B, Realpe; I, Socorro; A, Pardo; C, Andrés; M, Peinado, F, José. “Efecto de la calidad de la materia orgánica asociada con el uso y manejo de suelos en la retención de cadmio, en sistemas altoandinos de Colombia”. Universidad Nacional de Colombia. Palmira – Colombia. 2013.
- [3] Pilco y García. Aplicación de métodos de determinación del cadmio por espectroscopía. San Luis Potosí – México. 2021.
- [4] K. Mantari y J. Solís. “Determinación del contenido del Cadmio en el Cultivo de Pecano (*Carya illinoensis* Koch) Variedad Mahan y en el suelo Agrícola de la Zona Baja del Valle de Ica”, Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” Facultad de Agronomía – Tesis Pre-Grado. 2021.
- [5] K, Morales. “Caracterización de 21 híbridos, súper machos de espárrago (*Asparagus officinalis*) para producción en verde bajo las condiciones de Huarney”. Universidad Nacional Agraria. 2022.
- [6] Almeyda V. “Efecto de la Aplicación de Fertilizantes Fosfatados en la Contaminación por el Cadmio de Suelos Agrícolas de la Zona Baja del Valle de Ica”- 2018.Universidad Nacional “San Luis Gonzaga” – Escuela de Post-grado – Tesis de Grado – Doctor en Gestión Ambiental. 2019.
- [7] De la Flor D. “Cultivo hortícolas, datos básicos”. Edit. Agraria UNALM. Programa de Investigación en Hortalizas. 1993.
- [8] Gonzales y Fernández. En su trabajo de investigación “Evaluación de la distribución del cadmio en el suelo y la raíz de la planta de cacao en Pucayacu, Huánuco. Facultad de Ingeniería. Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. 2017.
- [9] A. Casa. “Peruvian Asparagus: Present and Future Proceeding”. IX International Asparagus Symposium. Washington State University. Tri cities 14 – 17 July.pp: 490 – 497. 1996.
- [10] F. A. O. “Evapotranspiración del cultivo, Guía para la determinación de los requerimientos del agua de las plantas cultivadas”. Roma Pág. 300. 2006.
- [11] G, Sánchez. “Ecotoxicología del cadmio riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio” – Trabajo de grado – Universidad Complutense – Facultad de Farmacia – España. 2016.
- [12] L, Champi y V, Orsag. “Evaluación de la presencia de metales pesados y arsénico en

suelo agrícola y cultivo en tres micro cuencas del Municipio de Poopó”. Facultad de Agronomía – UMSA – Proyecto comunicar – La Paz – Bolivia. 2017.

- [13] Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de Holanda. “Principales fuentes antropogénicas de contaminación por metales pesados en suelos europeos” 1992.
- [14] Ministerio del Ambiente. “Estándares de calidad ambiental para suelos urbanos y suelos agrícolas”. Lima – Perú. 2017.
- [15] Grados C. y Tello P. “Determinación de Metales pesados en suelos, aguas y plantas de tangelos, mandarinas y paltos en el fundo Pongo en la zona media del valle de Ica” Facultad de Agronomía – UNICA – Ica - Perú. 2017.
- [16] C, Guipanda. “Cultivos Hidroponicos, Ediciones Mundi Prensa – España 320 pág. 2010.

VIII. ANEXO

8.1. DATOS METEOROLOGICOS

VALORES DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS AÑO 2022 – 2023

Mes	Temperatura media (°C)	Humedad relativa (%)	Horas de sol
Noviembre	21.3	67	2.1
Diciembre	23.6	67	2.8
Enero	25.0	60	6.7
Febrero	26.7	65	4.6
Marzo	26.1	65	5.1
Abril	24.7	69	7.8
Mayo	20.7	77	6.2
Junio	18.7	76	

Fuente: Estación Meteorológica “MAP” San Camilo – Parcona – Ica.

8.2 ESCALA DE INTERPRETACIÓN

RANGOS PARA INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

LABORATORIO AGRIQUEN – PERÚ

	Rango - Normal
Materia orgánica %	1.20 – 2.00
Caliza Activa (%)	1.50 – 4.00
Nitrógeno Total (%)	0.10 – 0.15
Fósforo disponible (ppm)	20 – 140
Potasio disponible (ppm)	115 - 184
Capacidad de intercambio de cationes (CIC) meq/100 gr.	5 - 10
Cationes cambiables (meq/100 gr).	
Ca ⁺	8 – 14
Mg ⁺	1.50 – 2.50
Na ⁺	0.50 – 0.80
K ⁺	0.25 – 0.50
Conductividad Eléctrica (dS/m)	2.0

8.3 ANÁLISIS DE SUELOS

Fig. 3. Análisis de suelos



SOLICITANTE : ING. BALBIN CARDENAS
 PREDIO : TESISTA RODRIGO QUIJANDRIA FELIPA
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 1096-02S -2022

LUGAR : ICA

FECHA DE RECEP. : 26/10/2022

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD
 MUESTRA : M1 - 30-60cm

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	32.51	%		
Limo	37.89	%		
Arcilla	29.60	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLOSO			
Porcentaje de Saturación de Agua	48.04	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	1.01	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	6.61	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp 22.9 °C	7.73		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	24.98	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	1.21	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.07	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	577.20	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante:Ac. Amonio
Calcio	14.70	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	1.47	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.30	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	1.35	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	1.68	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	17.82	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Sales Disueltas				
Cloruro	36.89	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	29.14	mEq / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	3.97	mEq / L	MEA - 001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	2.32	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	47.39	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	8.25	mEq / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio	14.64	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	2.69	mEq / L	EPA 258.1	FAAS
Boro	1.04	ppm (*)	ISO 9390,1990	Colorimétrico

DONDE:

E.S : Extracto de Saturación.
 (1 / 1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
 P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
 C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.
 % : Masa / Masa.
 ppm : mg / Kg.
 ppm(*) : mg / L.

MES y MEA : Método Propio del Laboratorio.
 SM : Standar Methods
 EPA : Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
 ISO : International Organization for Standardization.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

NOTA:
 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.
 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
 JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
 DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular
 Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú
 Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563
 Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



SOLICITANTE : ING. BALBIN CARDENAS

ANÁLISIS N° : 1096-01S-2022

PREDIO : TESISISTA RODRIGO QUIJANDRIA FELIPA

LUGAR : ICA

MATRIZ : SUELO AGRICOLA

FECHA DE RECEP. : 26/10/2022

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD
MUESTRA : M1 - 0-30cm

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Textura				
Arena	36.55	%		
Limo	35.84	%		
Arcilla	27.61	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO ARCILLOSO			
Porcentaje de Saturación de Agua	49.73	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	0.87	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	5.73	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp = 22.9 °C	7.53		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	43.52	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	1.22	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.07	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	755.00	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
Cationes Cambiables				Extractante:Ac. Amonio
Calcio	12.51	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	1.98	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.54	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	1.79	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	3.23	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	16.82	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
Sales Disueltas				
Cloruro	30.00	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	27.63	mEq / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	4.33	mEq / L	MEA - 001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	1.90	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	41.83	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	6.93	mEq / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio	11.82	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	2.78	mEq / L	EPA 258.1	FAAS
Boro	1.44	ppm (*)	ISO 9390.1990	Colorimétrico

DONDE:

E.S : Extracto de Saturación.
 (1/1) : Relación Masa del Suelo / Volumen del Agua.
 P.S.I : Porcentaje de Sodio Intercambiable.
 C.I.C.E. : Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo.
 % : Masa / Masa.
 ppm : mg / Kg.
 ppm(*) : mg / L.

MES y MEA : Método Propio del Laboratorio.
 SM : Standar Methods
 EPA : Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
 ISO : International Organization for Standardization.
 FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.

NOTA:

- 1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada
- 2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

50 AÑOS
1965 - 2015

SOLICITANTE : ING. BALBIN CARDENAS
CÓDIGO DE MUESTRA : 1096-015 -2022
PREDIO : TESISTA RODRIGO QUIJANDRIA FELIPA
MUESTREADO POR : CLIENTE
FECHA DE INICIO : 28/10/2022
TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
FECHA FINAL : 15/11/2022
FECHA DE INGRESO : 26/10/2022
MATRIZ : SUELO AGRICOLA
FECHA DE EMISIÓN : 14/12/2022

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS

MUESTRA : M1 - 0-30cm

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Cadmio Total (Cd)	1.763	mg / Kg	MFES - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN (Lc)

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

MFES : Método propio del Laboratorio.

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563

Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

50 AÑOS
1965 - 2015

SOLICITANTE : ING. BALBIN CARDENAS
CÓDIGO DE MUESTRA : 1096-02S -2022
PREDIO : TESISTA RODRIGO QUIJANDRIA FELIPA
MUESTREADO POR : CLIENTE
FECHA DE INICIO : 28/10/2022
TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
FECHA FINAL : 15/11/2022
FECHA DE INGRESO : 26/10/2022
MATRIZ : SUELO AGRICOLA
FECHA DE EMISIÓN : 14/12/2022

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS

MUESTRA : M1 - 30-60cm

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Cadmio Total (Cd)	1.538	mg / Kg	MFES - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN (Lc)

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

MFES : Método propio del Laboratorio.

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563

Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe



VALLE GRANDE
Laboratorio de Química Agrícola

50 AÑOS
1965 - 2015

SOLICITANTE : ORLANDO BALBIN CARDENAS
CÓDIGO DE MUESTRA : 439-035 -2023
PREDIO : TESISTA QUIJANDRIA FELIPA RODRIGO
MUESTREADO POR : CLIENTE
FECHA DE INICIO : 28/03/2023
TIPO DE MUESTRA : SOLIDA
FECHA FINAL : 13/04/2023
FECHA DE INGRESO : 24/03/2023
MATRIZ : SUELO AGRICOLA
FECHA DE EMISIÓN : 12/05/2023

INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS

MUESTRA : M3 - 30-60cm - REP. 1

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Cadmio Total (Cd)	3.28	mg / Kg	MFES - 071	FAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

LIMITES DE CUANTIFICACIÓN (Lc)

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS

Donde:

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

MFES : Método propio del Laboratorio.

NOTA:

1: Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

2: Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente informe sin la autorización del Laboratorio de Química Agrícola.

MSc. Quím. Alexis Saucedo Chacón
JEFE DEL LABORATORIO



MSc. Agr. Julio Castro Lazo
DIRECTOR DEL LABORATORIO

Promotora de Obras Sociales y de Instrucción Popular

Panamericana Sur Km. 144, San Vicente de Cañete, Lima - Perú

Teléfono: (511) 581 2261 | Celular: 991 692 563

Email: laboratorio@vallegrande.edu.pe | Web: www.vallegrande.edu.pe

8.4 FOTOS DONDE SE DESARROLLO LA TESIS

Fig. 4. Imágenes de campo.















