



Universidad Nacional  
**SAN LUIS GONZAGA**



### **[Atribución 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0)**

Esta licencia permite que otros distribuyan, mezclen, adapten y construyan sobre su trabajo, incluso comercialmente, siempre que le reconozcan la creación original. Esta es la licencia más complaciente que se ofrece. Recomendado para la máxima difusión y uso de materiales con licencia.

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



UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"



**ESCUELA DE POSGRADO**

**EVALUACION DE ORIGINALIDAD**

## **CONSTANCIA**

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

**"PLANTEAR PRÁCTICAS Y TÉCNICAS AGRONÓMICAS PARA REDUCIR LOS METALES PESADOS EN EL CULTIVO DE ESPARRAGO (*Asparagus officinalis L.*) HIBRIDO UC 115 F1 EN LA ZONA BAJA DEL VALLE DE ICA"**

Presentado por:

**HUALLANCA VALENCIA CARLOS ANTONIO**

De la **MAESTRÍA EN AGRONOMÍA** mención **PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**.

Que, se ha recibido del operador del programa informático evaluador de originalidad de la Escuela de Posgrado de la UNICA, el informe automatizado de originalidad, el mismo que concluye de la siguiente manera:

**El documento de investigación APRUEBA los criterios de originalidad con un porcentaje de similitud de 2%.**

Para dar fe, se adjunta al presente el reporte de similitud de las bases de datos de iThenticate. En Ica 17 de enero de 2024

**Atentamente**

  
UNIVERSIDAD NACIONAL "SAN LUIS GONZAGA"  
ESCUELA DE POSGRADO  
**Dr. LUIS ALBERTO PECHO TATAJE**  
Director (e)

**UNIVERSIDAD NACIONAL “SAN LUIS GONZAGA”**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA: AGRONOMÍA**  
**MENCIÓN: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**



**TESIS**

“Plantear prácticas y técnicas agronómicas para reducir los metales pesados en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) híbrido UC 115 F1 en la zona baja del valle de Ica”

Línea de Investigación:  
Ciencias Naturales

**PRESENTADO POR:**

Ing. CARLOS ANTONIO HUALLANCA VALENCIA

**GRADO A OBTENER MAESTRO**

**ASESOR:**

Mag. ORLANDO RUBÉN BALBIN CARDENAS

**Ica – Perú**

**2023**

## **Dedicatoria**

A Dios Padre Todopoderoso y a nuestra Madre Santísima, Virgen María, por su infinito amor, bendición y protección.

A mis padres Pablo Huallanca y María Valencia, por darme la vida y quienes con el ejemplo me guiaron por el camino correcto, y son el impulso sostenido para seguir creciendo.

A mi esposa Yenny, por su apoyo, comprensión y fortaleza para luchar, y a mis hijos Denzel Antonio y Alaia Paula, por el valioso amor y fuente de inspiración que nos une por siempre.

A mis hermanos Alexandra, Pablo, y un cariño especial “in-memoriam” a Antonio Jesús; que es la luz de mi vida.

### **Agradecimiento**

Al Mag. Orlando Rubén Balbín Cárdenas, amigo y asesor de la tesis, por su constante apoyo en la ejecución de la misma.

Al Dr. Vicente Almeyda Napa, maestro, amigo y soporte técnico en el desarrollo de la presente investigación.

Al Dr. Hugo Vásquez Salas, por su amistad, sabios consejos y apoyo en la realización de esta tesis.

Al Sr. Iván Zevallos Almanza por permitir realizar la investigación en su Fundo.

A la Universidad Nacional San Luis Gonzaga y la Escuela de Posgrado (EPG).

## ÍNDICE

Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
ÍNDICE.....	iv
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Situación Problemática.....	2
1.2. Formulación del Problema.....	3
1.3 Justificación e importancia.....	3
1.4. Objetivos de la investigación.....	5
1.5. Hipótesis de la investigación.....	6
1.6. Variables de la investigación.....	6
II. METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	10
2.1. Técnicas e Instrumentos de Investigación.....	10
2.2. Métodos y Procedimientos.....	11
2.3. Tipo, Nivel y Diseño de investigación.....	12
2.4. Población – Muestra.....	12
2.5. Metodología de la Investigación.....	14
III. RESULTADOS.....	17
3.1. Presentación e interpretación de los resultados.....	17
IV. DISCUSIÓN.....	45
4.1. Discusión de Resultados.....	45
4.2. Contrastación de Hipótesis.....	51
V. CONCLUSIONES.....	57
VI. RECOMENDACIONES.....	58
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
VIII. ANEXOS.....	63
8.1 Matriz de consistencia.....	63
8.2 Instrumentos de recolección de información.....	63
8.3 Otros.....	63
8.4 Fotos del Proceso.....	63

<b>Índice de Tablas</b>	<b>Págs.</b>
Tabla 1: Tratamientos.....	14
Tabla 2: Análisis Físico-Mecánico del Suelo 2023 (T1).....	17
Tabla 3: Análisis Químico de Suelo 2023.....	18
Tabla 4: Información meteorológica – mensual agosto 2022 a enero 2023.....	20
Tabla 5: Calendario de Riegos.....	21
Tabla 6: Análisis químico del agua de riego.....	22
Tabla 7: Consolidado de las muestras realizadas al suelo, raíz y turiones.....	30
Tabla 8: Análisis de la Variancia de la Altura de Planta (m).....	32
Tabla 9: Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” de la Altura de Planta (m).....	33
Tabla 10: Análisis de la variancia del número de tallo por planta (Unid).....	34
Tabla 11: Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” del número de tallos por planta (Unid).....	35
Tabla 12: Análisis de la variancia de la aparición de brotes (días).....	36
Tabla 13: Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” de la aparición de brotes (días).....	37
Tabla 14: Análisis de la variancia del inicio de floración (días).....	38
Tabla 15: Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” del inicio de floración (días).....	39
Tabla 16: Análisis de la variancia del fin de la floración (días).....	40
Tabla 17: Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” de la final de la floración (días).....	41
Tabla 18: Análisis de la variancia del rendimiento de turiones (kg).....	42
Tabla 19: Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” del rendimiento de turiones (kg).....	43
Tabla 20: Análisis económicos de los tratamientos en estudio.....	44

<b>Índice de Figuras</b>	<b>Págs</b>
Figura 1: Análisis de Metales Pesados en el cultivo de espárrago, híbrido UC 115 F1.	24
Figura 2: Análisis de Metales Pesados en el cultivo de espárrago, híbrido UC 115 F1	25
Figura 3: Análisis de Metales Pesados en el cultivo de espárrago, híbrido UC 115 F1	26
Figura 4: Metales pesados en el suelo agrícola.....	27
Figura 5: Análisis de metales pesados en las raíces.....	28
Figura 6: Metales pesados en los turiones de espárrago.....	29
Figura 7: Consolidado de los metales pesados en estudio.....	31

## RESUMEN

La investigación, plantear prácticas y técnicas agronómicas para reducir los metales pesados en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) híbrido UC 115 F1 en la zona baja del valle de Ica, se realizó en la Parcela “Iván”, ubicada en el centro poblado Santa Dominguita del Sector Santa Matilde, iniciándose en el mes de febrero y culminó en agosto del 2022. El coeficiente de variación para las diferentes características en estudio, presentan porcentajes muy buenos para este tipo de experimento, oscilando de 1.91% a 12.83%. Se registraron diferencias significativas, en número de tallos por planta, claves: F0(Fertilev / 0.0 L) y F1(Fertilev / 1.0 L) con 27.5 y 27.2 y la interacción F0m2 (Fertilev / 0.0 L microorganismos / 10.0 L), con 30.5 tallos por planta. Rendimiento de turiones, con productos de la clave: m2 (Microorganismo / 10.0 L) con 8,967 kg/ha y las interacciones F0m2 (Fertilev / 0.01 x microorganismos / 10.0 L) y F1m2 (Fertilev / 1.0 L x microorganismos / 10.0 L), con 9,178 y 9,033 kg/ha de turiones. En altura de planta, aparición de brotes y del inicio de floración, no se registraron diferencias significativas. Las interacciones F0m2 (Fertilev / 0.0 L x microorganismos / 10.0 L) y F2M2 (Fertilev / 2.0 L x microorganismos / 10.0L) rindieron los mejores beneficios económicos, con 31,090 y 30,209 soles de ingresos netos por hectárea. Mediante las prácticas propuestas se reduce la concentración del cadmio en el suelo y en los turiones, de 1.74 mg/kg a 1.44 mg/kg. la norma es de 0.03 mg/kg en la U.E. y en los EE. UU., de 0.1 mg/kg, sigue contaminado.

Palabras clave: Contaminación, metales pesados, suelo, cultivo, híbrido, turiones.

## ABSTRACT

The research, to propose agronomic practices and techniques to reduce heavy metals in the cultivation of asparagus (*Asparagus officinalis* L.) hybrid UC 115 F1 in the lower zone of the valley of Ica, was carried out in the "Ivan" plot, located in the Santa Dominguita village center of the Santa Matilde sector, beginning in February and ending in August 2022. The coefficient of variation for the different characteristics under study showed very good percentages for this type of experiment, ranging from 1.91% to 12.83%. Significant differences were recorded in the number of stems per plant, keys: F0(Fertilev / 0.0 L) and F1(Fertilev / 1.0 L) with 27.5 and 27.2 and the interaction F0m2 (Fertilev / 0.0 L microorganisms/10.0 L), with 30.5 stems per plant. Yield of shoots, with products of the key: m2 (Microorganism / 10.0 L) with 8,967 kg/ha and the interactions F0m2 (Fertilev / 0.01 x microorganisms / 10.0 L) and F1m2 (Fertilev / 1.0 L x microorganisms / 10.0 L), with 9,178 and 9,033 kg/ha of shoots. There were no significant differences in plant height, bud emergence and flowering initiation. The interactions F0m2 (Fertilev / 0.0 L x microorganisms / 10.0 L) and F2M2 (Fertilev / 2.0 L x microorganisms / 10.0 L) yielded the best economic benefits, with 31,090 and 30,209 soles of net income per hectare. The proposed practices reduced the cadmium concentration in soil and shoots from 1.74 mg/kg to 1.44 mg/kg. The standard is 0.03 mg/kg in the E.U. and 0.1 mg/kg in the U.S., still contaminated.

Key words: Contamination, heavy metals, soil, crop, hybrid, shoots.

## INTRODUCCIÓN

La región Ica, tiene la mayor área y productividad de espárrago en el Perú, debido a las condiciones propicias de clima, suelo y agua, siendo la región ideal para la siembra de varios cultivos agroexportables entre ellos el cultivo de espárrago que fue el primero en ser introducido en el Valle de Ica con miras a su exportación, favorecido por la capacidad empresarial y el uso de la tecnología. El espárrago es una hortaliza de alto valor económico y nutricional que se cultiva en todo el mundo. Midagri. [1]. la cosecha de espárragos en el país se realiza durante todo el año, ajustándose a las demandas internacionales del mercado. Los periodos de mayor recolección son de marzo a junio y de octubre a diciembre, que coinciden con las épocas de mayor demanda. Europa lidera las importaciones mundiales, con Alemania como uno de los consumidores más significativos (1.5 Kg. por persona al año). Le sigue la región asiática, destacando Japón, y en tercer lugar se encuentra Estados Unidos. Las estadísticas muestran que la demanda mundial ha crecido más del 10% en la década de los noventa y sigue en aumento en los últimos años. Este alto nivel de consumo se debe al valor nutritivo del espárrago y a la tendencia creciente de consumir hortalizas.

Arocha. [2]. Pero los últimos reportes de las exportaciones en los controles europeos han detectado en los últimos meses la presencia de sustancias químicas y metales pesados en cargamentos de aguacate, ají, bananas y espárragos provenientes de Perú. Es así que, cargamentos de aguacate, ají, bananas y espárragos verdes exportados desde Perú han sido rechazados por la Unión Europea en lo que va de 2022, al detectarse la presencia de metales pesados y pesticidas por niveles mayores a los permitidos, según informa el Sistema de Alerta Rápida para Alimentos y Piensos (RASFF) de la UE.

Ojo Público. [3]. La mayor alarma se dispara por la alta presencia de Cadmio, un metal pesado cuyo consumo puede tener efectos cancerígenos y promover una disfunción renal. Sólo en marzo España advirtió de la presencia de este contaminante en un lote de ají amarillo congelado, mientras Holanda acusó la recepción de aguacates contaminados. Ante estos hechos La Unión Europea (UE), mediante el Sistema de Alerta rápida para Alimentos y Piensos (RASFF), alertó cinco veces sobre la exportación de productos peruanos que contenían metales pesados y plaguicidas, desde que empezó el 2022.

El espárrago, es un cultivo susceptible a la acumulación de metales pesados, pudiéndose asociarse con la acumulación de metales pesados en los tejidos de la planta, lo que representaría un riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Por lo tanto, es crucial desarrollar prácticas y técnicas agronómicas efectivas para reducir la concentración de metales pesados en el cultivo de espárrago. En el modelo de agricultura convencional, al recurso suelo se le pensó como un soporte inerte - origen de nutrientes – para el crecimiento de los cultivos, esto motivo que se realicen practicas

indiscriminadas como, aplicaciones de fertilizantes y agroquímicos sin ningún tipo de consideración ambiental, llevando como consecuencia la contaminación de los suelos y el ambiente por pesticidas y metales pesados.

La investigación tiene como objetivo principal; Plantear prácticas y técnicas agronómicas más adecuadas para reducir el nivel de los metales pesados cadmio, cromo, plomo y zinc o para la remediación el suelo agrícola, así como los niveles de concentración en los turiones de espárrago; por ser este alimento de consumo directo.

Se evaluó en la zona baja del valle de Ica en el cultivo de espárrago Híbrido UC 115 F1, las prácticas agronómicas adecuadas para mejorar el suelo agrícola, como enmiendas orgánicas y químicas; aplicación del producto FERTILEV; bioestimulante agrícola reductor de cadmio y los Microorganismos Eficientes EM Compost, teniendo en cuenta las condiciones fenológicas, edafoclimáticas y aptitud agrícola de la zona en estudio.

El objetivo final es proporcionar información que sirva como una guía práctica para los agricultores y otros interesados en la producción de espárrago, para ayudarles a gestionar eficazmente la contaminación por metales pesados a largo plazo y a producir espárragos seguros y de alta calidad. Esperamos que los hallazgos de esta investigación contribuyan significativamente a la sostenibilidad de la producción de espárragos y a la seguridad alimentaria en general.

### **1.1. Situación Problemática.**

El cultivo de espárrago, *Asparagus officinalis* L. está considerada como una hortaliza de gran demanda, siendo los turiones de espárrago los que son consumidos mayormente en estado fresco, esta condición lo hace propenso a la contaminación física, química y biológica.

Los metales pesados son elementos químicos que tienen una densidad alta y una alta reactividad, pueden ser tóxicos para los seres humanos y los animales, y pueden causar una variedad de problemas de salud, como daño al sistema nervioso, al sistema reproductivo y al sistema cardiovascular.

Los metales pesados pueden ingresar al suelo a través de una variedad de fuentes, como la contaminación industrial, el agua de riego agrícola y las aplicaciones de fertilizantes fosfatados. Una vez en el suelo, los metales pesados pueden ser absorbidos por las plantas, lo que puede aumentar su concentración en los tejidos de la planta.

La acumulación de metales pesados en el espárrago puede reducir su calidad nutricional y su valor comercial. Además, puede representar un riesgo para la salud humana, ya que los consumidores pueden estar expuestos a los metales pesados al consumir espárrago.

La presencia de niveles crecientes de metales pesados en los suelos agrícolas; entre ellos el cadmio, produce preocupación ambiental por su movilidad y la facilidad con que las plantas

los absorbe y porque podría estar acumulándose en la planta de espárrago; sin embargo, su distribución en la planta y su concentración aún no está estudiada e investiga a profundidad, sobre todo en la región Ica y en especial a nivel del pequeño agricultor.

La disposición de metales pesados en los alimentos y en el ambiente pueden liberar diversas intoxicaciones ocasionando daños irremediables en la salud del ser humano y en los animales, tan peligrosos, que pueden ocasionar cáncer e inducir la muerte. Por lo tanto, es importante desarrollar prácticas y técnicas agronómicas que puedan reducir la acumulación de metales pesados en el cultivo de espárrago.

Lo indicado, exige poner mayor atención al consumo de los alimentos y actualizar información sobre la contaminación de los metales pesados como el cadmio, cromo, plomo y zinc en el suelo, en la planta y en los turiones, los cuales son los que se comercializan, pudiendo afectar la salud de los consumidores.

Este ensayo, tiene como finalidad principal determinar las mejores prácticas agronómicas que ayuden a la disminución de la concentración del cadmio, cromo, plomo y zinc en el suelo y en los turiones, comparando con las cuantificaciones establecidas por el Ministerio del Ambiente y el Codex Alimentarius.

## **1.2. Formulación del Problema.**

### **1.2.1. Problema General.**

**P.G.0.** ¿Cómo influye en la concentración de metales pesados en el suelo y en el cultivo de espárrago, las prácticas agronómicas para reducir o remediación de la contaminación del suelo y el cultivo por el cadmio, plomo, arsénico y zinc?

### **1.2.2. Problemas Específicos.**

**PE.1.** ¿Cuál es la concentración de los metales pesados en el suelo y los turiones de espárrago, como vía de riesgo en la salud humana, contaminados por los metales pesados en la zona baja del valle de Ica?

**PE.2.** ¿La contaminación del suelo por metales pesados afecta su calidad y al cultivo de espárrago, y al estar afectado el suelo y los turiones, el uso de técnicas o prácticas Agronómicas pueden favorecer su aptitud?

## **1.3 Justificación e importancia**

### **1.3.1. Justificación**

Las frutas y hortalizas son alimentos de consumo diario, por lo cual están expuestas a la presencia de contaminantes, entre ellos los metales pesados y es cada vez más frecuente su detección en los países importadores, es por ello que el mercado europeo presenta observaciones respecto a la presencia del cadmio en frutas como la palta, espárrago,

pimiento, entre otros, alimentos que superan los límites máximos permisibles. Esta realidad hace necesario valorar las trazas o los niveles de contaminación de los metales pesados y en especial al cadmio, tanto a nivel del suelo, foliar y los turiones, que son los que se exportan y se consumen en estado fresco.

Almeyda. [4]. En el año 2019, menciona, que los fertilizantes fosfatados aplicados en los suelos agrícolas de la zona baja del Valle de Ica, han alcanzado niveles de contaminación por el cadmio tanto en las profundidades de suelos de 0 – 30 cm, como de 30 – 60 cm.

Garcilazo. [5]. Señala que, los suelos agrícolas en la zona baja de Ica superan el Estándar de Calidad Ambiental para Suelo Agrícola del Perú, con niveles de cadmio que exceden el límite permitido de 1,4 mg/kg. Esta contaminación puede aumentar con el uso de fertilizantes fosfatados y pesticidas que contienen cadmio. Es crucial tomar medidas para remediar la contaminación por metales pesados, especialmente el cadmio, ya que la agricultura es una actividad principal en la Región Ica y cualquier limitación en las exportaciones podría tener un impacto económico y social significativo.

Debido a las pocas investigaciones realizadas, sobre el tema en mención, es necesario realizar más investigaciones para rectificar o ratificar los trabajos de investigación realizados sobre la contaminación de los suelos y los niveles hallados en los turiones de espárrago.

El ensayo determino la concentración del cadmio, cromo, plomo y zinc en el suelo y en el cultivo de espárrago, a través del método de espectrofotometría de absorción atómica. Se evaluó los niveles de contaminación en el suelo, los turiones por los metales pesados indicados, buscando nuevas alternativas, como el empleo de microorganismos, productos orgánicos remediadores del suelo, utilizando los productos Fertilev y Microorganismos eficientes, productos señalados como remediadores de cadmio, y las técnica y prácticas que nos permitan evaluar si reducen el cadmio, como el principal metal pesado presente en los suelos y cuales planes planificados ayudan a la remediación del suelo, entre otros.

### **1.3.2 Importancia.**

Como principal aspecto a tener en cuenta es la Salud Pública, debido a que los metales pesados, como el cadmio, pueden acumularse en los tejidos de las plantas y entrar en la cadena alimentaria, lo que puede tener efectos perjudiciales para la salud humana.

También afectaría la productividad Agrícola, ya que, al detectarse la presencia de metales pesados en el suelo, estos pueden afectar negativamente la productividad de los cultivos, incluyendo el espárrago.

Así mismo, la economía local se vería afectada ya que el cultivo de espárrago, es una actividad económica importante en la Región Ica y la contaminación por metales pesados puede limitar las exportaciones, lo que podría tener un impacto económico y social significativo.

A su vez la sostenibilidad ambiental no se vería tan afectada porque esta investigación contribuye a la sostenibilidad ambiental al proponer prácticas y técnicas agronómicas para reducir la concentración de metales pesados en el suelo y en el cultivo de espárrago. Por lo tanto, el ensayo no sólo tiene implicaciones para la salud pública y la productividad agrícola, sino que también es relevante para la economía local y la sostenibilidad ambiental.

El trabajo de investigación pretende reducir o remediar la contaminación del suelo a través de Prácticas Agronómicas; acorde al cultivo y tomando como base las recomendadas por la FAO, dentro de las se tiene el uso de los microorganismos eficientes, ya que según investigaciones algunos microorganismos poseen diferentes mecanismos bioquímicos para equilibrar la toxicidad de los metales pesados, por lo cual es provechoso usarlos como opción más económica y ecológica; donde el beneficio será para los consumidores de hortalizas, entre ellos los turiones de esparrago, así mismo a los animales, el ambiente, promoviendo conocimientos de tecnología limpia.

Se evaluó si las practicas propuestas, reducen o disminuyen los niveles de contaminación del suelo y se buscara nuevas alternativas que favorezcan al agricultor, disminuyendo la concentración del cadmio, plomo, arsénico y zinc, en el suelo y los turiones de esparrago, favoreciendo su exportación. Además, se considera que los metales son dañinos, su presencia en alto porcentaje en el ambiente favorece o aumenta los indicadores del problema mencionado.

Pabón et. al. [6] Los reportes de la investigación en las regiones de Colombia sobre los metales pesados relacionados a la industria, a la actividad agrícola y la minería, han encontrado en los nacimientos de aguas, lagunas y quebradas, de Boyacá, Antioquia, al metal mercurio. En las hortalizas y legumbres en Nariño, Arsénico, en vegetaciones y aguas contaminadas con plomo y mercurio en el Chocó, cianuro y mercurio en las explotaciones mineras de Antioqueño, Marmato (Caldas) y en 500 minas en todo el país. 2010 al 2014.

#### **1.4. Objetivos de la investigación.**

##### **1.4.1. Objetivo General.**

**O.G.0.** Evaluar los métodos y practicas agronómicas para reducir o remediar la

concentración y/o niveles en el suelo y los turiones en el cultivo de espárrago de los metales pesados.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos.**

- **O.E.1.** Realizar el análisis del suelo y turiones para determinar la presencia de metales pesados (Pb, Cd, Cr y Zn) pre y post del tratamiento.
- **O.E.2.** Analizar la concentración de cadmio, cromo, plomo y zinc en los turiones del cultivo de espárrago y si estos se encuentran dentro o superan el Límite Máximo Permisible según el Ministerio del Ambiente y Codex Alimentarius.

#### **1.5. Hipótesis de la investigación.**

##### **1.5.1. Hipótesis General.**

**H.G.0.** El suelo y los turiones de esparrago pueden tener altas concentraciones de metales pesados, y las practicas agronómicas empleando microorganismos eficientes como remediadores del suelo pueden disminuir la contaminación del suelo y los turiones de esparrago.

##### **1.5.2. Hipótesis Específicas.**

- **H.E.1.** El suelo y el cultivo de esparrago pueden estar contaminados con metales pesados, pudiendo reducirse la contaminación mediante métodos y prácticas agronómicas.
- **H.E.2.** Los métodos y prácticas agronómicas, pueden tener efecto en la remediación del suelo contaminado con metales pesados según el Codex Alimentarius, la OMS/FAO y la Norma Peruana.

#### **1.6. Variables de la investigación**

Son características definidas o datos, observaciones, ítems que presentan valores dentro de un juego de valores semejantes.

##### **a. Variable independiente (causa)**

Concentración de metales pesados (Cd, Cr, Pb y Zn).

##### **b. Variable dependiente (efecto)**

Análisis del suelo y los turiones de esparrago.

##### **c. Variable Intervinientes**

Son las variables que se pueden interponer entre la variable independiente y la dependiente.

##### **Clima**

La actividad industrial y minera, junto con otras fuentes de emisión creadas por el hombre (antropogénicas), como la quema de gasolina con plomo y metales tóxicos como cadmio, mercurio, arsénico y cromo, tienen un impacto negativo en el medio ambiente. Estos

elementos son perjudiciales para la salud humana y la mayoría de las formas de vida. Se encuentran en la atmósfera como material suspendido que inhalamos. [7].

### **Condiciones fitosanitarias**

Martí et. al. [8]. Señala que, para el Cd no se han establecido límites en Argentina, no obstante, la peligrosidad de este metal aun en bajas concentraciones. Justifica definir su presencia en los agroquímicos, incluso los fungicidas cúpricos, y esencialmente los fertilizantes fosfatados en los que se han detectado significativas concentraciones, contribuyendo a la contaminación de los suelos.

### **Fertilizantes**

Perdomo. [9]. En la aplicación de fertilizantes, es común la incorporación no sólo de los nutrimentos esenciales a las aguas (N, P y K), sino también, de oligoelementos de metales pesados, que se incorporan al agua y posteriormente a los suelos.

Baur. [10]. El uso de fertilizantes causa aumento de algunos compuestos en los suelos, que pueden contener residuos de metales pesados como impurezas que quedan disponibles para las plantas y provocan daños.

### **Recurso Hídrico**

Portal Fruticola.com [11]. La falta de agua, conocida como sequía o estrés por déficit hídrico, es uno de los principales desafíos a los que se enfrentan los organismos sésiles. El recurso hídrico de los ríos, que se utiliza ampliamente, ha provocado problemas de contaminación en las plantas hortícolas, lo que a su vez ha llevado a una disminución en la calidad de los productos, que en su mayoría se consumen frescos.

### **Extracción**

Los insumos utilizados en la agricultura como los fertilizantes, pesticidas y otras acciones al desarrollo de las sociedades actuales, minería, industrialización, parque automotor; entre otros, han propiciado el aumento del Cu, Zn, Cd y Pb y como consecuencia una contaminación del suelo y el ambiente y su acumulación permite extracción de metales pesados por las plantas. [12]

### **Niveles permisibles**

Los indicados por Decreto Supremo N ° 011-2017-MINAN. Suelo y turiones de espárragos. Acumulación del Cadmio en el suelo y en los turiones de espárrago. [13]

### **Días**

Periodo vegetativo o estado fenológico del cultivo de espárrago.

**d. Operacionalización de las Variables.**

<b>Variable</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Instrumento</b>
Variable Independiente	<b>General:</b> Reducir la concentración y/o niveles de metales pesados en el suelo y los turiones en el cultivo de espárrago	Nivel de concentración (ppm): de metales pesados. Porcentaje.	Cultivo de espárrago Metales pesados	Muestreos Análisis de suelo Análisis de turiones
Variable Dependiente	<b>Específicos</b> Mejorar la aptitud del suelo. Mejorar la calidad de los turiones. Disminuir la concentración y/o niveles del cadmio en el suelo y turiones por planta	Metales pesados en el suelo y los turiones de espárrago	Niveles de metales pesados y los Límite Máximo Permisible según el Ministerio del Ambiente, y la OMS/FAO.	Resultados de los análisis del laboratorio Interpretaciones en base a Normas de residuos permisibles Tablas ya elaboradas

**Fuente: Elaboración Propia**

### Parcela "Iván" donde se realizó el ensayo



Coordenadas de Google Earth Pro

14°16'21.03"S

Lat. -14.273112°

75°39'52.85"O

Long. -75.666030°

Elevación 363 m

## II. METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1. Técnicas e Instrumentos de Investigación

En busca de información relacionada al tema en estudio, analizando información actualizada sobre los elementos ecotóxicos, información bibliográfica, tesis de maestría y doctorado, así como estudios realizados en la zona, información de los libros, Internet y la información del laboratorio.

En el ensayo, se utilizaron:

- Lampa
- Bolsas plásticas
- . Sobres de papel kraft
- Plumones indelebles
- Bolsas de papel parafinado
- Computadora personal
- Balanza
- Etiquetas.

#### 2.1.1. Técnicas de recolección de datos.

Se empleó la técnica de observación transeccional, que nos permite evaluar y recopilar información para su posterior estudio o análisis con la información o datos obtenidos.

##### **Datos a Registrar en Campo:**

- Labores culturales
- Riegos
- Protección fitosanitaria.
- Fertilización
- Uso de plaguicidas
- Análisis de agua de riego
- Análisis de suelo
- Otras labores culturales

##### **Datos para Análisis de Variancia (ANOVA)**

- Aplicación del Fertilev para análisis de metales pesados (Nº)
- Aplicaciones de Microorganismos eficientes
- Calidad de turiones (Nivel en ppm de metales pesados)

#### 2.1.2. Instrumentos de recolección de datos.

Se empleo la recolección de información secundaria en fuentes oficiales, como la empresa distribuidora de los productos, las fichas técnicas, libros, etc. búsqueda y selección de trabajos de investigaciones sobre el tema, tesis e informes sobre el tema de investigación.

Consulta a expertos y técnicos distinguidos conocedores del tema en investigación.

### **Materiales empleados:**

- Winchas
- Cordel
- Balanza
- Computadora
- Cuaderno de apuntes
- Plumón
- Tarjetas
- Mochila
- Lampa
- Bolsas plásticas
- Sobres de papel Kraft

### **2.1.3. Técnicas de análisis e interpretación de resultados.**

El análisis de las características ítems, observaciones, obtenidos en la conducción en campo en la aplicación de los tratamientos teniéndose como base la matemática que analice los resultados, utilizándose el Diseño Factorial de  $3 \times 3 = 9$ , combinaciones por 4 repeticiones, haciendo un total de 36 unidades experimentales, luego se aplica la prueba de Fisher "F" para determinar la significación tratamientos y/o bloques, luego se efectúa la prueba de amplitudes estandarizadas significativas de DUNCAN 0.05 para hallar el Orden de Mérito.

Aplicando las pruebas se efectuó la interpretación; discusión, conclusión o recomendaciones para cada característica o variable evaluada; datos que nos permitirá CONTRASTAR LA HIPÓTESIS.

## **2.2. Métodos y Procedimientos**

### **2.2.1. Diseño Experimental**

Se adoptó el Diseño Factorial de  $3 \times 3 = 9$  combinaciones por 4 repeticiones, haciendo un total de 36 unidades experimentales (ver croquis experimental).

**Esquema del ANOVA**

<b>Fuente de Variabilidad</b>	<b>Grados Libertad</b>
Total	35
Repeticiones	3
Tratamiento	8
F	2
M	2
FM	4
Error Experimental	24

### **2.2.2. Metodología de la aplicación de los tratamientos.**

Consiste en relacionar los niveles de los elementos ecotóxicos encontrados en el suelo, follaje, raíces y los turiones de espárrago, determinando si estos sobrepasan los niveles en base a los normados por el Codex Alimentarius, la OMS, la FAO y el ECA del Ministerio del Ambiente del Perú, sobre todo en los turiones ya que estos son de consumo en estado fresco, los que pueden a través de la ingesta contaminar a largo plazo a los consumidores.

Las muestras fueron enviadas al laboratorio del Instituto Rural Valle Grande de San Vicente de Cañete a fin de que se determine y cuantifique la concentración en mg/kg de los metales pesados en estudio.

#### **Conducción del experimento**

El manejo agronómico del cultivo lo realiza el agricultor de acuerdo a las indicaciones de su asesor técnico, como la fertilización, aplicaciones de pesticidas, riegos, deshierbos, etc., registrándose detalladamente las prácticas y evaluaciones que se realizaron.

### **2.3. Tipo, Nivel y Diseño de investigación.**

#### **2.3.1 Tipo de investigación**

Científico aplicado.

#### **2.3.2 Nivel de investigación**

Explicativo.

#### **2.3.3 Diseño de investigación**

El diseño del estudio es experimental.

### **2.4. Población – Muestra.**

#### **2.4.1. Población**

Para efecto del experimento, está determinada por el área sembrada del híbrido UC 115 F1 (Según croquis experimental).

Factorial =  $3 \times 3 = 9$  combinaciones x 4 repeticiones = 36 U

#### Fertilev (f)

L/ha.

f0 = 0.0 L

f1 = 1.0 L

f2 = 2.0 L

#### Microorganismos eficientes (m)

L/ha.

m0 = 0.0 L

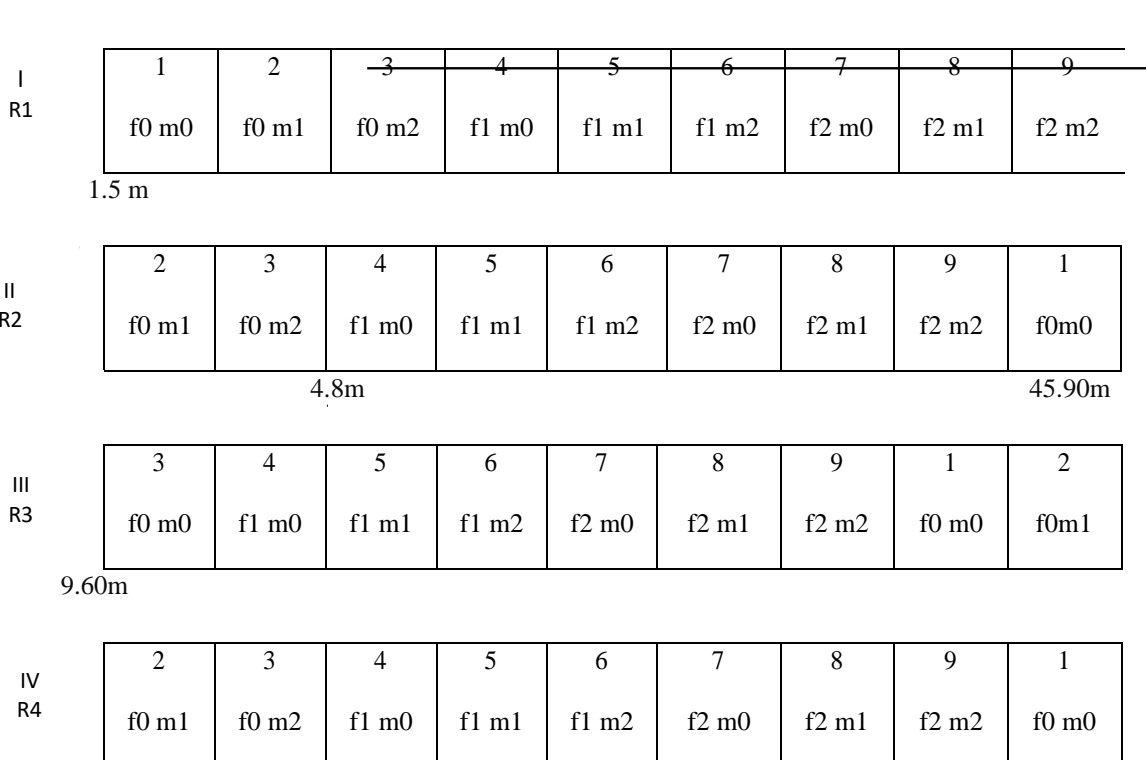
m1 = 8.0 L

m2 = 10.0 L

**Combinaciones:**

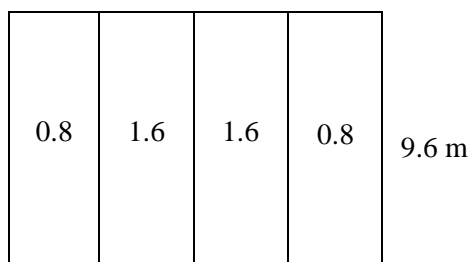
Fo			f1			f2		
m0	m1	m2	m0	m1	m2	m0	m1	m2
f0 m0	f0 m1	f0 m2	f1 m0	f1 m1	f1 m2	f2 m0	f2 m1	f2 m2
1	2	3	4	5	6	7	8	9

**CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL**



3 surcos por parcela = 4.8 m

32 plantas por surco/parcela= 9.6 m



4.8 m

### 2.4.2. Muestra

Las muestras serán obtenidas de las líneas centrales, en estudio que resultara de la aplicación de los microorganismos eficientes vía sistema de riego presurizado por goteo y se realizarán de acuerdo al diseño de la investigación.

### 2.5. Metodología de la Investigación

La metodología de aplicación de los tratamientos está constituida por 9 combinaciones o tratamientos que son 3 dosis del producto Fertilev por 3 dosis de Microorganismos eficientes, lo que originara 9 tratamientos (ver Tabla 1).

**TABLA 1**

CLAVE		TRATAMIENTOS	
N°	Líteral	Fertilev x Microorganismos eficientes	Dosis/ha.
1	fo mo	Testigo (0.0)	0.0 L
2	fo m1	Fertilev (0.0), Microorganismos (1)	0.0 – 8.0L
3	fo m2	Fertilev (0.0), Microorganismos (2)	0.0 – 10.0L
4	f1 mo	Fertilev (1), Microorganismos (0)	1.0 – 0.0 L
5	f1 m1	Fertilev (1), Microorganismos (1)	1.0 – 8.0L
6	f1 m2	Fertilev (1), Microorganismos (2)	1.0 – 10.0L
7	f2 mo	Fertilev (2), Microorganismos (0)	2.0 – 0.0L
8	f2 m1	Fertilev (2), Microorganismos (1)	2.0 – 8.0L
9	f2 m2	Fertilev (2), Microorganismos (2)	2.0 – 10.0L

La tabla muestra que se realizaron un total de nueve tratamientos, cada uno con tres repeticiones. El objetivo del ensayo es evaluar el efecto de los dos tratamientos en la producción del cultivo. Los resultados del experimento se pueden analizar para determinar si hay diferencias significativas entre los tratamientos en términos de producción. Analizando al final del ensayo si:

La aplicación de Fertilev tiene un efecto positivo en la producción.

La aplicación de Microorganismos eficientes tiene un efecto positivo en la producción.

La combinación de Fertilev y Microorganismos eficientes tiene un efecto sinérgico, es decir, que el efecto de los dos tratamientos es mayor que la suma de los efectos individuales.

Para realizar este análisis, se utilizó pruebas estadísticas de ANOVA.

## CAMPO EXPERIMENTAL

### Área Experimental

Largo.....	45.90m
Ancho.....	43.20 m
Área Total.....	1982.88m <sup>2</sup>
Área Neta.....	1658.88m <sup>2</sup>
Unidades Experimentales .....	36

### Parcelas

Largo.....	9.60m
Ancho.....	4.80m
Área de parcela.....	46.08m <sup>2</sup>
Área total de parcelas .....	1658.88 m <sup>2</sup>
Surcos por parcela .....	3
Distancia entre surcos.....	1.60 m
Distancia entre plantas.....	0.30 m

### Bloques o Repeticiones

Largo.....	43.20 m
Ancho.....	9.60m
Área de bloque.....	414.72 m <sup>2</sup>
Área total de bloques .....	1,658.88 m <sup>2</sup>
Número de Bloques .....	4

### Calles

Largo.....	43.20 m
Ancho.....	1.50 m
Área de calle.....	64.80 m <sup>2</sup>
Área de calles .....	324.00 m <sup>2</sup>

### 2.5.1. Tratamientos en estudio

La implementación de estas tecnologías o prácticas agrícolas se basa en las ya propuestas e implementadas por la FAO en el cultivo del cacao, las cuales se utilizan en el tratamiento de suelos con el objetivo de reducir la concentración de contaminantes. Entre las tecnologías y prácticas agrícolas que hemos implementado, tenemos:

Uso de materia orgánica, uso de microorganismos beneficiosos o eficaces, labranza profunda, riego por inundación, adición de enmiendas, uso de fertilizantes fosfatados de otras fuentes, tratamiento biológico (principalmente basado en métodos de biorremediación). [19][20].

Se tomaron muestras de suelo representativas de campo y brotes seleccionados al azar para analizar el trabajo de investigación. Se recolectaron 02 muestras de suelo y 02 muestras de yema de 30 brotes de espárrago, se colocaron en bolsas de papel marrón, se etiquetaron con un código que indica parcela y origen y se enviaron al laboratorio. El Instituto Rural Valle Grande de Cañete utiliza Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA), una técnica física que permite cuantificar la concentración de cadmio en una muestra determinada (mg/kg - ppm).

#### **Los métodos de restauración o prácticas agrícolas utilizadas son:**

1. Araduras o subsolado profundo y luego regar con agua de avenida.
2. En lo posible, se recomienda regar más de 3 veces.
3. Agregar materia orgánica a razón de 3 a 5 toneladas/ha de compost.
4. Utilizar los microorganismos beneficiosos EM Compost o EM 1 aplicando 600 L/Campaña.
5. Uso de calcio líquido, zinc y magnesio líquido.
6. El silicio orgánico acelera y mejora la asimilación del fósforo.
7. Al final de la cosecha, aplicar cobre al suelo.

En el experimento, se seleccionaron al azar plántulas de espárrago recolectándose de 50 plantas de espárrago las hojas modificadas o filocladios, con un peso de 600 g a 800 g. Las muestras fueron embaladas en sobres de papel kraft, etiquetadas con un código que indica el origen y lugar de procedencia, enviándose inmediatamente al laboratorio del Instituto Rural Valle Grande de Cañete para su correspondiente análisis de los metales pesados en estudio.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Presentación e interpretación de los resultados

##### 3.1.1. Análisis de suelo

Realizado al terreno experimental con el objetivo de conocer las características físico - mecánicas y químicas del suelo, se tomaron las muestras del suelo (0.0 a 30 cm) en forma de aspa procediéndose a mezclar las submuestras con el objetivo de homogenizar bien las muestras, fraccionándose estas, hasta obtener 1 kg de muestra aproximadamente.

La muestra fraccionada se envió al laboratorio de análisis de suelo, agua y planta del Laboratorio del Instituto Rural Valle Grande de Cañete, para su análisis respectivo. Los resultados del análisis de suelo se muestran en las tablas respectivamente.

**TABLA 2**  
**Análisis Físico-Mecánico del Suelo 2023 (T1)**

<b>Componentes</b>	<b>Nivel (0.0-0.30 m)</b>	<b>Método usado</b>
Arena (%)	48.01	Bouyoucos
Limo (%)	31.66	Bouyoucos
Arcilla (%)	20.33	Bouyoucos
Clase textural	Franco	Triángulo Textural

**MES y MEA: Método Propio del Laboratorio.**

La tabla N° 01, indica que el terreno donde está instalado el cultivo de espárrago presenta una textura franca.

Pineda. [14]. Este tipo de suelo se compone de arena, limo y arcilla en un equilibrio o proporción óptima o cercana. No es demasiado pegajoso ni demasiado arenoso y es agrícolamente productivo. Tiene una textura suelta debido a la arena, propiedades fértiles debido al limo y propiedades humectantes adecuadas debido a la arcilla.

**TABLA 3**  
**Análisis Químico de Suelo 2023**

<b>PARAMETROS</b>	<b>RESULTADO</b>	<b>METODO USADO</b>	<b>INTERPRETACION</b>
Carbonato de Calcio Total %	1.05	Gravimétrico	Muy bajo
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25°C dS/m	11.98	Electrométrico	Fuertemente Salino
pH (1/1) a Temp = 21.6 °C	7.40	Electrométrico	Ligeramente Alcalino
Fosforo Disponible ppm	14.82	Olsen	Adecuado
Materia Orgánica %	1.10	Walkley y Black Kjeldahl	Bajo
Nitrógeno Total %	0.06	Acetato de Amonio	Muy Bajo
Potasio Disponible ppm	294.40	Acetato de Amonio	Alto
<b>Cationes Cambiables</b>			
Calcio mEq/100g	10.66	Acetato de Amonio	Alto
Magnesio mEq/100g	1.53	Acetato de Amonio	Adecuado
Sodio mEq/100g	0.08	Acetato de Amonio	Muy Bajo
Potasio mEq/100g	0.65	Acetato de Amonio	Normal
P.S.I %	0.60	Cálculo matemático	Bajo
C.I.C. E mEq/100g	12.02	Cálculo matemático	Medio

\*FAAS: Espectrometría de Absorción Atómica por Llama

\*MES: Cálculo Matemático. Método propio del Laboratorio.

### 3.1.2 Análisis físico mecánico y químico del suelo.

Al interpretar el análisis químico del suelo donde se desarrolló la investigación podemos apreciar que el carbonato de calcio total tuvo un resultado de 1.05% considerado muy bajo, la conductividad eléctrica en 11.98 (E.S) a 25°C dS/m siendo fuertemente salino, el pH 7.40 ligeramente alcalino, con 14.82 ppm de fosforo disponible considerado adecuado. La materia orgánica presento un valor de 1.10% siendo su valor bajo, el nitrógeno total estuvo en 0.06% considerado muy bajo, el cuanto al potasio disponible su valor fue de 294.40 ppm siendo su valor alto.

En relación a lo cationes cambiables, el calcio presento un resultado de 10.66 mEq/100g considerado alto, el magnesio tuvo un valor de 1.53 mEq/100g siendo el valor adecuado, el sodio tuvo un valor de 0.08 mEq/100g interpretándose como muy bajo, el P.S.I.- Porcentaje de Sodio Intercambiable- presento un resultado de 0.60% siendo considerado bajo, la capacidad de intercambio catiónico efectivo tuvo como resultado 12.02 mEq/100g interpretándose como medio. Al Analizar los resultados y su interpretación podemos decir que el cultivo de esparrago, por su condición de rusticidad y tolerancia a la salinidad se adapta muy bien a casi todos los tipos de suelos, inclusive los considerados salinos. Cruzado. [15]. La mayoría de las hortalizas se adaptan bien en suelos Francos y Franco Limosos, con excepción del espárrago que prefiere suelos Francos, Franco Arenosos y Arenosos.

### **3.1.3. Datos meteorológicos:**

Los datos meteorológicos son una herramienta importante para la interpretación de los resultados de los ensayos agrícolas. Los datos meteorológicos nos proporcionan información sobre las condiciones ambientales durante el período de desarrollo del ensayo, es decisivo para entender como las condiciones climáticas presentes pueden haber afectado o no los resultados, por lo que es importante registrar los datos meteorológicos durante el ensayo para poder tener en cuenta su influencia en los resultados.

Los Datos Meteorológicos fueron proporcionado por el SENAHMI Ica.

Estación MAP- SAN CAMILO

Latitud: 14° 04' 23.7" S

Longitud: 75° 42' 39.5" W

Altitude: 419 m.s.n.m

Dpto.: Ica

Provincia: Ica

Distrito: Parcona

**TABLA 4**

**Información meteorológica – mensual agosto 2022 a enero 2023**

Meses	Temperatura °C			Horas de sol	Velocidad del viento (m/s)	Humedad relativa %
	Máxima $\bar{X}$	Media $\bar{X}$	Mínima $\bar{X}$			
<b>Agosto</b>	26.9	17.1	9.5	251.1	2.3	75.2
<b>Setiembre</b>	26.9	17.3	9.5	218.9	2.5	74.5
<b>Octubre</b>	29.1	19.0	10.0	270.7	2.4	71.1
<b>Noviembre</b>	30.5	21.3	12.4	252.0	2.1	68.5
<b>Diciembre</b>	31.6	S/D	16.2	216.3	2.2	67.0
<b>Enero</b>	32.7	25.5	17.8	208.6	2.1	63.0

**FUENTE: Data meteorológica de SENAHMI**

N: Norte

S: Sur

NE: Norte Este

SE: Sur Este

NW: Norte Oeste

SW: Sur Oeste

Con respecto al clima para el cultivo del espárrago, está entre el óptimo de temperatura media adecuada de 17.1°C y 25.5°C, es decir clima sin excesivo calor, siendo las temperaturas registradas en el rango óptimo para el cultivo en la etapa del desarrollo de la investigación.

En relación a la humedad relativa media mensual baja presentada, fue de 63.0 %, y la humedad relativa más altas registradas fue en el mes de agosto con 75.2%, fecha de inicio de desarrollo vegetativo del cultivo, lo que favoreció al cultivo no prosperando en demasía las enfermedades criptogámicas (hongos).

La Horas de sol media mensual en la realización del proyecto fue menor en el mes de enero con 208.6 total de horas de sol y en octubre fue la mayor hora de sol presentada con 270.7 total de horas de sol presentadas durante el estudio.

Con relación a la velocidad del viento, la menor fue registrada en el mes de noviembre con 2.1 m/s y la mayor velocidad fue de 2.5 m/s en el mes de setiembre.No afectando al cultivo.

#### **3.1.4. Cultivos y deshierbos**

El control de malezas los realiza manualmente y se usó maquinaria agrícola al finalizar la cosecha, pasando una cultivada para eliminar las malas hierbas que están en los surcos. Los deshierbos manuales lo realizan a lampa con personal,

realizándose en total 6 deshierbos durante todo el periodo fenológico del cultivo.

Las malezas presentes fueron:

Nombre común	Nombre científico
Coquito	<i>Cyperus rotundus</i>
Verdolaga	<i>Portulaca oleracea L.</i>
Gramma común o dulce	<i>Cynodon dactylon</i>
Papilla	<i>Pitreaea cuneato-ovata Cav.</i>

### 3.1.5. Riegos

El espárrago, como cualquier hortaliza, necesita una buena cantidad de agua para desarrollarse correctamente. Esto se debe a que sus brotes, que son la parte comestible de la planta, tienen un contenido de humedad cercano al 90%. Además, el agua es necesaria para que la planta absorba los nutrientes del suelo.

La parcela tiene un sistema de riego tecnificado que utiliza goteros para distribuir el agua a las plantas. Los goteros están espaciados cada 30 centímetros y tienen un caudal de 1,3 litros por hora. Este sistema de riego permite aplicar el agua y los nutrientes de forma localizada, lo que reduce el desperdicio de agua y mejora la eficiencia del riego.

**TABLA 5**  
**Calendario de Riegos**

Mes	Horas de riego mensual por día	Volumen m <sup>3</sup> /ha/día	Volumen m <sup>3</sup> /ha/mes	Procedencia
Agosto	2.0	30.10	903.10	Subterránea
Setiembre	2.0	30.10	903.10	Subterránea
Octubre	2.0	37.00	1,128.60	Subterránea
Noviembre	2.5	37.00	1,128.60	Subterránea
Diciembre	2.5	45.15	1,399.65	Subterránea
Enero	3.0	45.15	1,399.65	Subterránea
<b>Volumen total por campaña por hectárea</b>			<b>6,862.70</b>	

riegos aplicados fueron en un total de 6,862 m<sup>3</sup>/ha,

### 3.1.6 Análisis del agua de riego

El agua que abastece al cultivo es agua extraída del pozo de agua subterránea IRHS - 455, pozo de nombre Santa Dominguita, ubicado en el sector Santa Dominguita.

**TABLA 6**  
**Análisis químico del agua de riego**

PARAMETROS	UNIDAD	VALORES	INTERPRETACIÓN
CE	dS/m	4.53	Extremadamente salina
Ph		7.40	Ligeramente alcalina
Calcio	meq/l	33.88	Alto
Magnesio	meq/l	6.39	Medio
Sodio	meq/l	6.15	Alto
Potasio	meq/l	0.19	Normal
<b>CATIONES</b>			
Cloruro	meq/l	32.45	Alto
Sulfato	meq/l	11.97	Medio
Bicarbonato	meq/l	1.92	Moderado
Nitratos	meq/l	1.18	Medio
Carbonatos	meq/l	<0.02	Bajo
<b>ANIONES</b>			
RAS		1.37	Bajo
Boro ppm		0.16	Bajo

### 3.1.7. Fertilización

Es un rubro importante en el cultivo de esparrago, se realizó el análisis de suelo para determinar la dosis adecuada de los fertilizantes que se aplicarían a la plantación en la campaña. Así mismo las necesidades nutrimentales para la producción de esparrago son altas y depende de la edad de la esparraguera y otras características, como tipo de suelo, clima, etc. La parcela cuenta con riego tecnificado, por lo cual se hizo uso del fertirriego. El productor realiza sus aplicaciones de los fertilizantes por el sistema de riego por goteo; fertirriego, aplicando los fertilizantes que son hidrosolubles, utilizados para en el fertirriego.

Se aplico los nutrimentos precisos para el cultivo a través del sistema de riego, utilizando fertilizantes hidrosolubles. Esta técnica, conocida como fertirriego, permite aplicar los nutrientes de forma controlada y eficiente, lo que ayuda a optimizar la producción y mejorar la calidad de los turiones.

Los fertilizantes se aplicaron a los 10 días de la cosecha, cuando los tallos están en pleno crecimiento. La dosis de cada nutriente es la siguiente:

Nitrógeno: 200 kg/ha

Fósforo: 180 kg/ha

Potasio: 120 kg/ha

Calcio: 80 kg/ha

Magnesio: 50 kg/ha

Cobre: 50 mg/ha

Zinc: 50 mg/ha

Hierro: 50 mg/ha

Manganeso: 50 mg/ha

Además de los fertilizantes, el productor también aplico 10 toneladas de materia orgánica por hectárea. La materia orgánica ayuda a mejorar la estructura del suelo y proporciona nutrientes adicionales a las plantas.

### **3.1.8 Resultados obtenidos en los Análisis de Metales Pesados en el cultivo de Espárrago, variedad UC 115 F1.**

Los metales pesados, tienen una densidad mayor a  $5 \text{ g/cm}^3$ , pueden ser tóxicos para la vida, incluyendo las plantas y pueden ingresar al suelo a través de varias fuentes y ser absorbidos por los cultivos. El cultivo de espárrago por ser perenne, estos metales pueden acumularse en sus tejidos a lo largo del tiempo. Los metales como el cadmio, plomo, mercurio y arsénico son tóxicos y pueden causar problemas de salud si se consumen más de las cantidades determinadas por la OMS. Por lo tanto, es crucial controlar y reducir los niveles de estos metales en los espárragos mediante análisis de suelo y cultivo, uso de enmiendas al suelo, cultivo de variedades tolerantes a metales pesados y métodos de cultivo sostenibles.

En el espárrago, los turiones son la parte de esta hortaliza comestible, por lo que es importante garantizar que los metales pesados en el suelo no representen un riesgo para la salud humana, por su consumo en estado fresco, también porque estos pueden contaminar el agua subterránea, reducir el rendimiento de los cultivos, inhibir el crecimiento de las plantas y reducir su productividad.

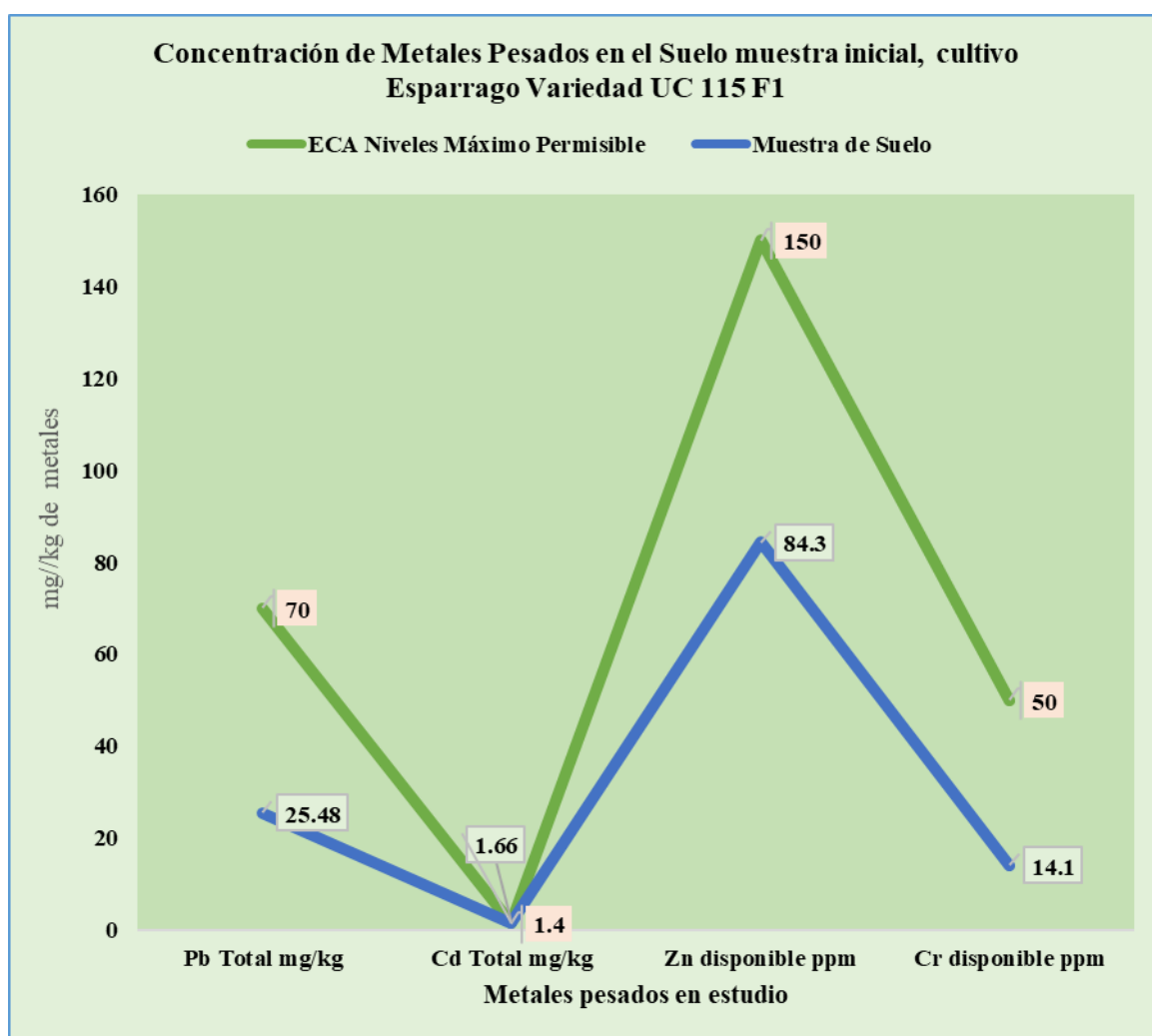
El muestreo de suelo es una técnica que se utiliza para determinar la concentración de metales pesados en el suelo. El muestreo se debe realizar de forma adecuada para garantizar que los resultados sean precisos. Las normas internacionales establecen límites máximos permisibles para los metales pesados en el suelo, estos límites se basan en los riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

El muestreo inicial determina la concentración inicial de metales pesados en el suelo y el muestreo final, después de finalizado el período vegetativo del cultivo, nos permite evaluar la eficacia de las medidas de control implementadas.

### Análisis de Metales Pesados en el cultivo de esparrago, híbrido UC 115 F1.

Parámetros	Metales Pesados mg/kg – ppm			
	Pb Total mg/kg	Cd Total mg/kg	Zn disponible ppm	Cr disponible ppm
<b>Fundo " Iván"</b>				
<b>ECA Niveles Máximo Permissible</b>	70.0	1.4	150	50.0
<b>Muestra de Suelo</b>	25.48	1.66	84.3	14.1

Figura. 1. Metales Pesados en el suelo agrícola, muestra inicial

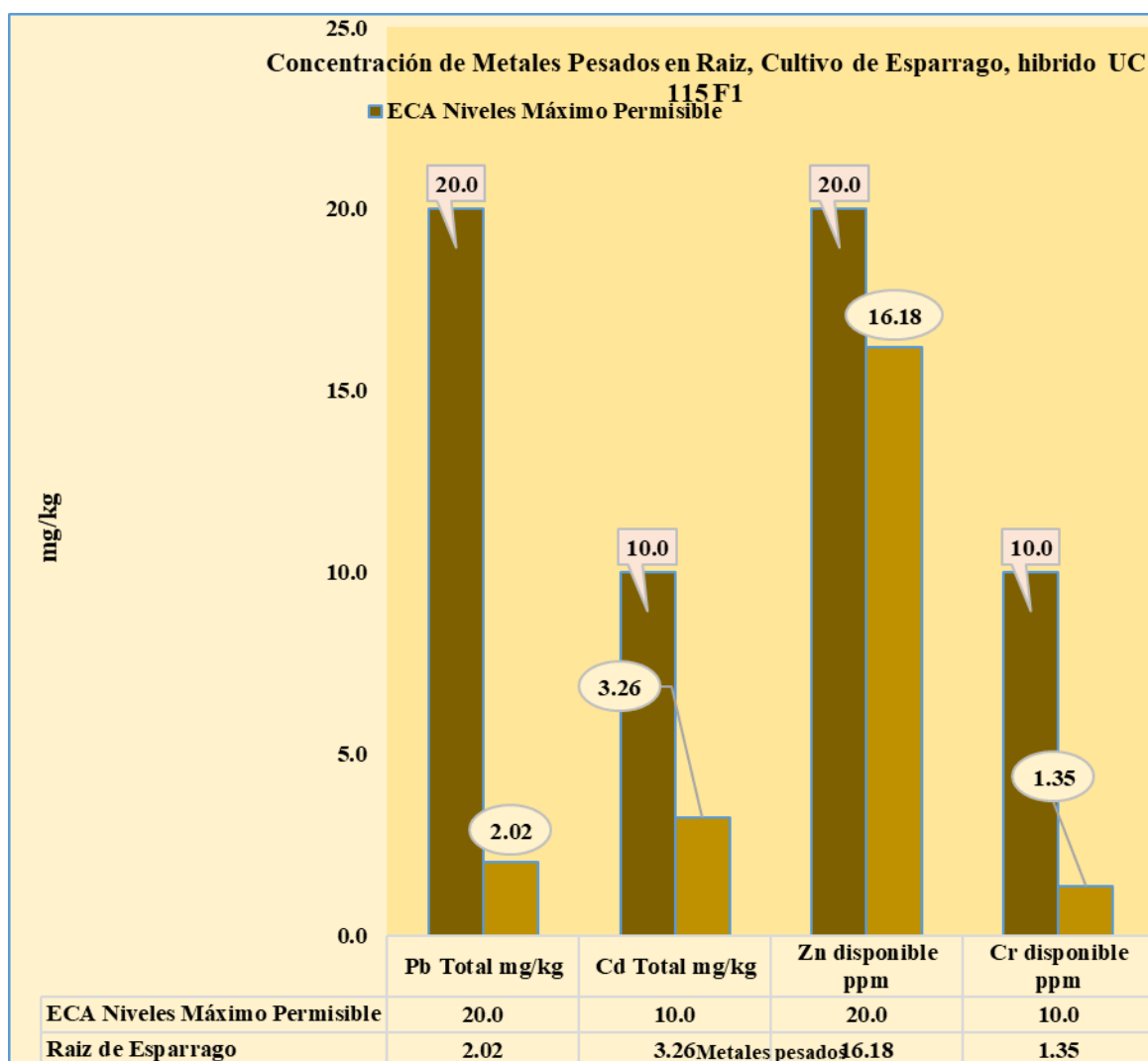


El suelo de la Parcela "Iván" muestra el nivel de cadmio que exceden los límites permitidos, con 1.66 mg/kg, lo que puede causar problemas de salud. Sin embargo, los niveles de plomo, zinc y cromo están dentro de los rangos recomendados.

### Análisis de Metales Pesados en el cultivo de esparrago, híbrido UC 115 F1

Parámetros	Metales Pesados mg/kg – ppm			
<b>Fundo "Iván"</b>	Pb Total mg/kg	Cd Total mg/kg	Zn disponible ppm	Cr disponible ppm
<b>ECA Niveles Máximo Permisible</b>	20.0	10.0	20.0	10.0
<b>Raíz de Esparrago</b>	2.02	3.26	16.18	1.35

Figura 2. Metales pesados en las raíces del híbrido UC 115 F1

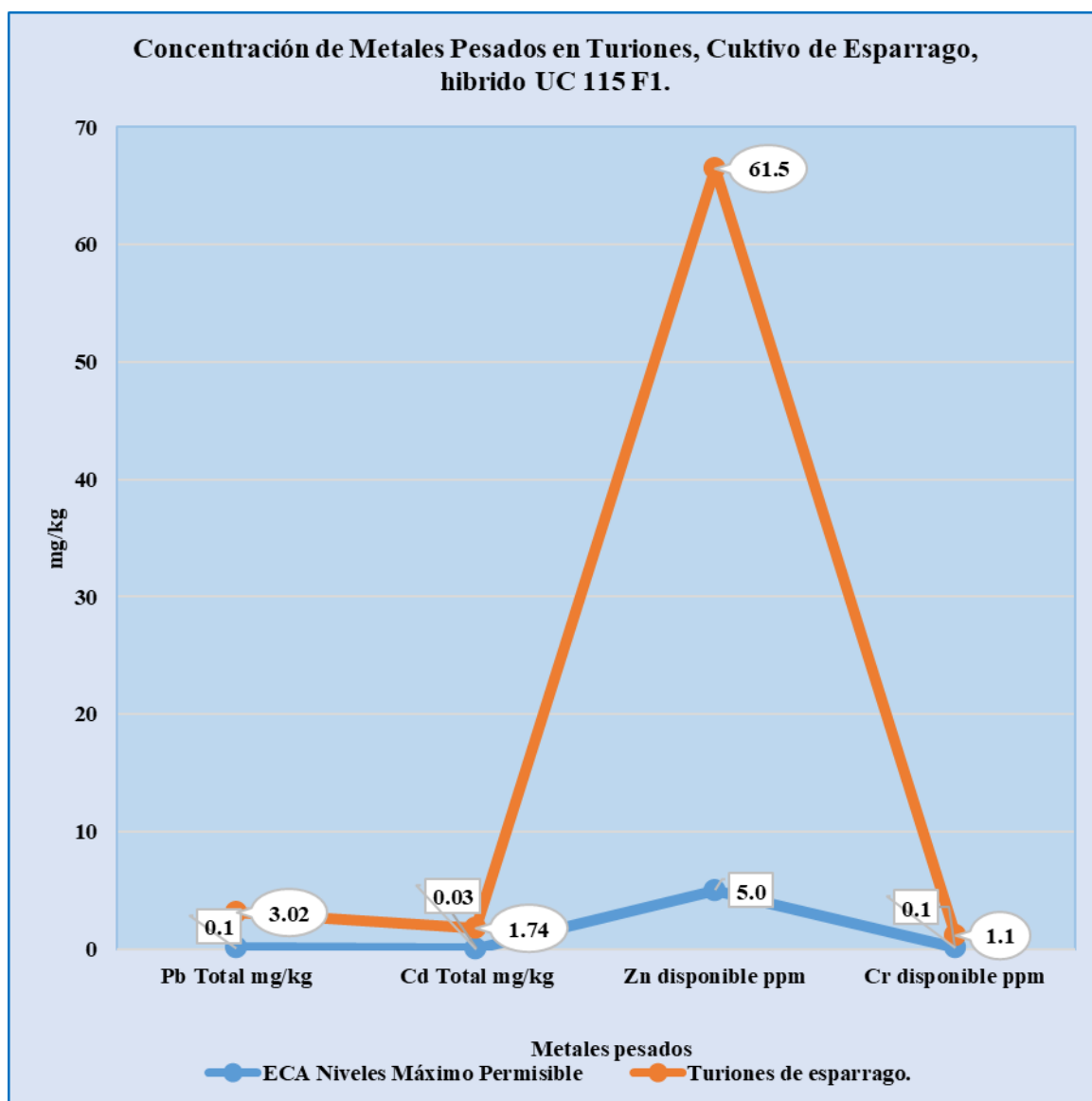


Nota: Se han tomado los límites máximos de residuos, debido a que no hay información con respecto a contenido de metales pesados en las raíces del cultivo de esparrago. Así mismo el NM no es aplicable al follaje (seca), por no ser parte comestible del cultivo. NC= No hay contaminación.

### Análisis de Metales Pesados en el cultivo de espárrago, híbrido UC 115 F1

Parámetros	Metales Pesados mg/kg – ppm			
<b>Fundo "Iván"</b>	Pb Total mg/kg	Cd Total mg/kg	Zn disponible ppm	Cr disponible ppm
<b>ECA Niveles Máximo Permisible</b>	0.1	0.03	5.0	0.10
<b>Turiones de espárrago.</b>	3.02	1.74	61.5	1.1

Figura 3. Metales pesados en los turiones de espárrago



Los turiones de espárrago de la Parcela "Iván" muestran niveles de plomo, cadmio que exceden los límites permitidos, con 3.02 mg/kg y 1.74 mg/kg respectivamente, lo que puede causar problemas de salud. Los niveles de zinc y cromo también exceden, sin embargo, hay países que los niveles máximos tolerables son mayores.

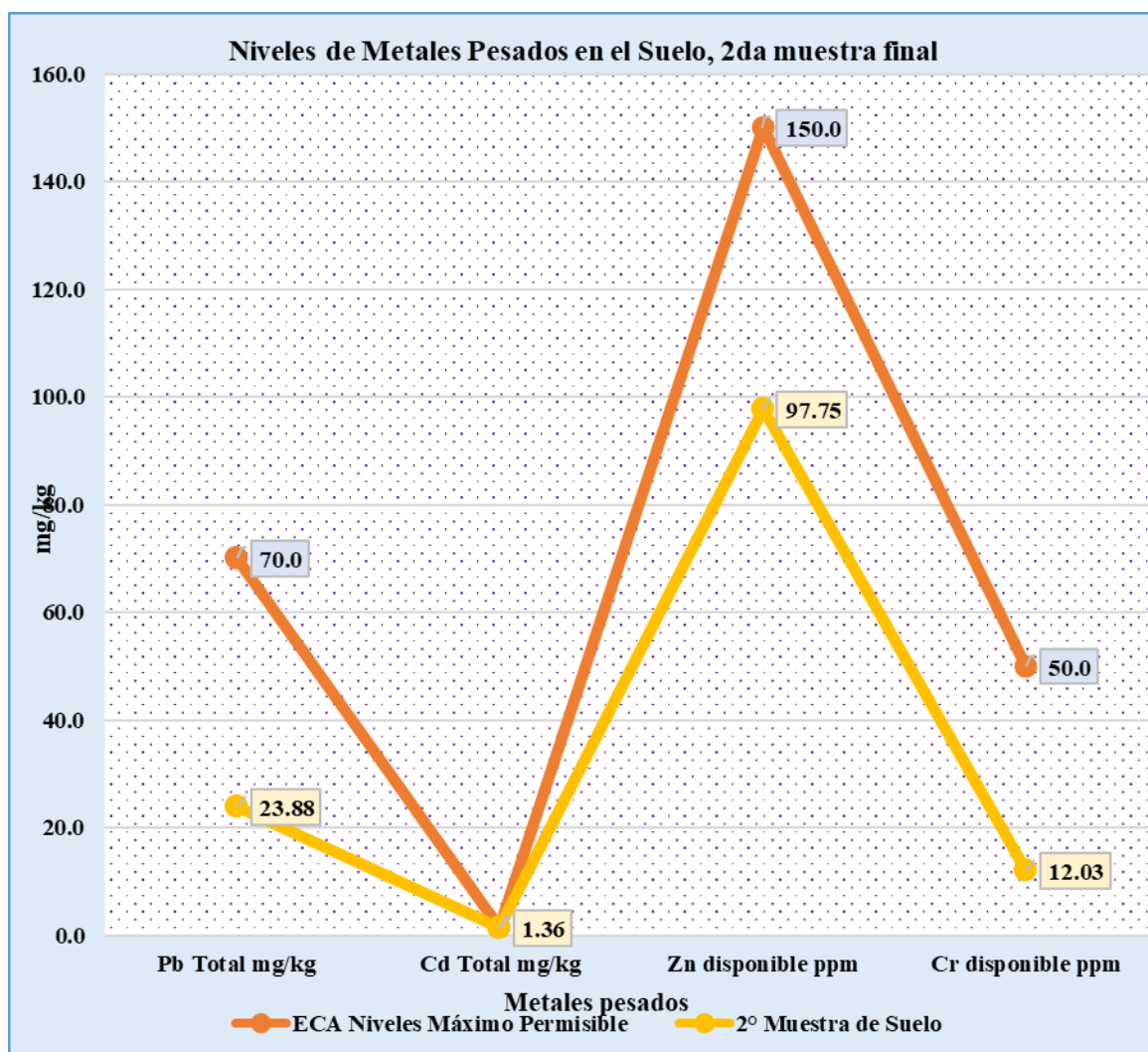
### 3.1.9 Análisis del segundo muestreo realizado y/o muestreo final

El objetivo de realizar el segundo muestreo o muestreo final, es para poder evaluar la eficacia de las practicas propuestas, lo que permitirá: Evaluar la eficacia de las medidas de control implementadas. Garantizar que los espárragos son seguros para el consumo humano y Proteger el medio ambiente.

#### Resultados del segundo muestreo de Metales Pesados en el suelo agrícola del cultivo de Espárrago, híbrido UC 115 F1.

Parámetros	Metales Pesados mg/kg – ppm			
Fundo "Iván"	Pb Total mg/kg	Cd Total mg/kg	Zn disponible ppm	Cr disponible ppm
ECA Niveles Máximo Permisible	70.0	1.4	150.0	50.0
2° Muestra de Suelo	23.88	1.36	97.75	12.03

Figura 4. Metales pesados en el suelo agrícola

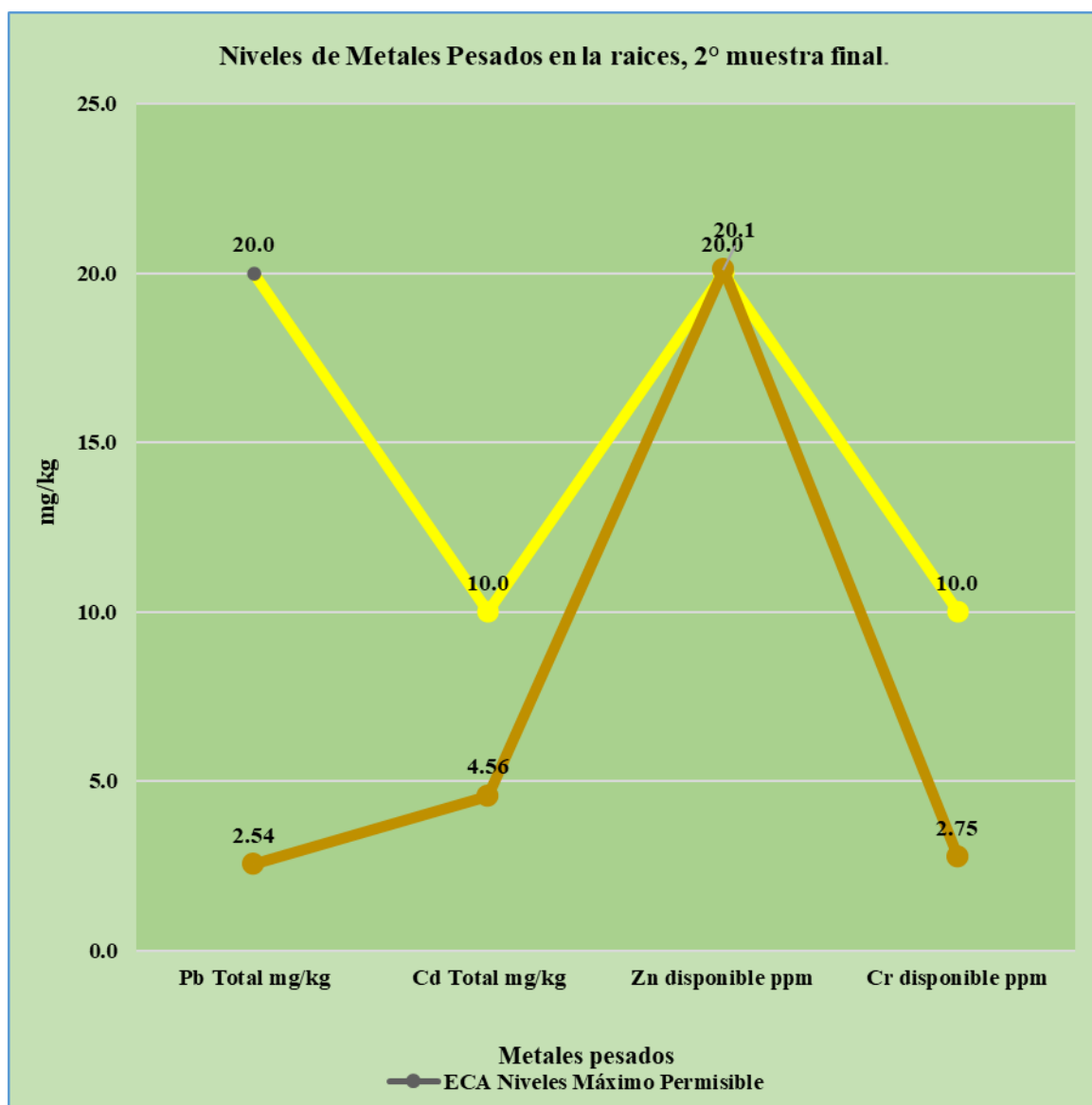


La segunda muestra de suelo de la Parcela "Iván" muestra el nivel de cadmio que está en el límite con 1.36 mg/kg, lo que puede causar problemas de salud. Sin embargo, los niveles de plomo, zinc y cromo están dentro de los rangos recomendados.

**Resultados del segundo muestreo de Metales Pesados en las raíces del cultivo de Espárrago, híbrido UC 115 F1.**

Parámetros	Metales Pesados mg/kg – ppm			
Fundo "Iván"	Pb Total mg/kg	Cd Total mg/kg	Zn disponible ppm	Cr disponible ppm
<b>ECA Niveles Máximo Permisible</b>	70.0	1.4	150.0	10.0
<b>Raíz de Espárrago</b>	2.54	4.56	20.1	2.75

**Figura 5. Análisis de metales pesados en las raíces**

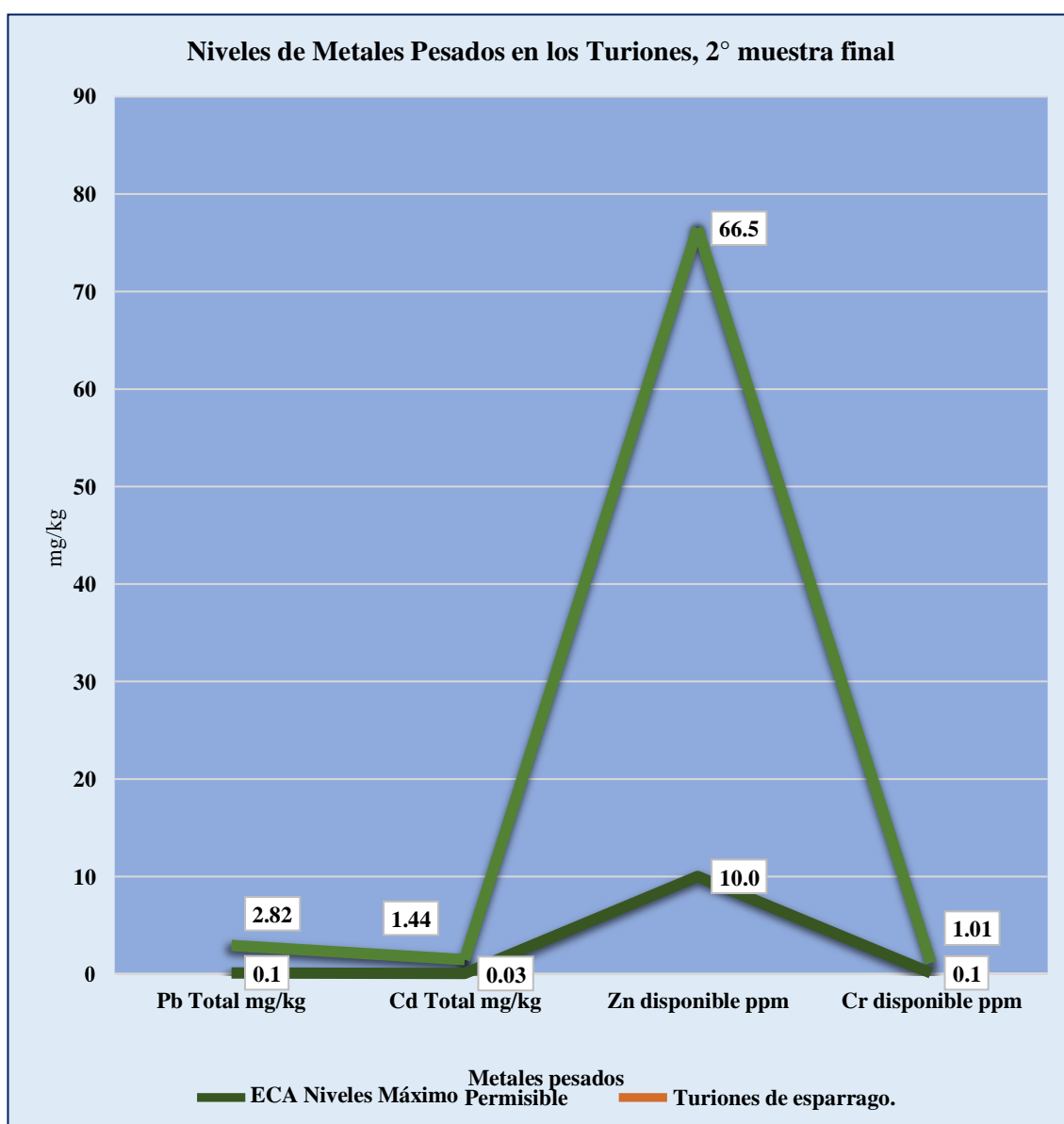


Nota: Se han tomado los límites máximos de residuos, debido a que no hay información con respecto a contenido de metales pesados en las raíces del cultivo de espárrago. Así mismo el NM no es aplicable al follaje (seca), por no ser parte comestible del cultivo. NC= No hay contaminación.

**Resultados del segundo muestreo de Metales Pesados en los turiones del cultivo de Espárrago, híbrido UC 115 F1.**

Parámetros	Metales Pesados mg/kg – ppm			
<b>Fundo "Iván"</b>	Pb Total mg/kg	Cd Total mg/kg	Zn disponible ppm	Cr disponible ppm
<b>ECA Niveles Máximo Permisible</b>	0.1	0.03	10.0	0.10
<b>Turiones de espárrago.</b>	2.82	1.44	66.5	1.01

**Figura 6. Metales pesados en los turiones de espárrago**



Los turiones de espárrago muestran niveles de plomo, cadmio, zinc y cromo que exceden los límites permitidos, con 2.82 mg/kg y 1.44 mg/kg respectivamente, lo que puede causar problemas de salud.

**TABLA 7****Consolidado de las muestras realizadas al suelo, raíz y turiones**

Parámetros	Metales Pesados mg/kg – ppm			
	Pb Total mg/kg	Cd Total mg/kg	Zn disponible mg/kg	Cr disponible mg/kg
Fundo "Iván"				
1° Muestra de Suelo Inicial	25.48	1.66	84.3	14.1
2° Muestra de Suelo Final	23.88	1.36	97.75	12.03
ECA Niveles Máximo Permisible	70	1.4	150	50.0
Raíz de espárrago Muestra Inicial	2.02	3.26	16.18	1.35
Raíz de espárrago Muestra Final	2.54	4.56	20.1	2.75
ECA Niveles Máximo Permisible	20.0	10.0	20.0	10.0
Turiones de espárrago M. Inicial	3.02	1.74	61.5	1.1
Turiones de espárrago M. Final	2.82	1.44	66.5	1.01
ECA Niveles Máximo Permisible	0.1	0.03	10.0	0.1

El consolidado en la Tabla 7, nos muestra los resultados del análisis de metales pesados en el suelo, raíces y turiones de espárragos del fundo "Iván". Los metales pesados analizados son plomo (Pb), cadmio (Cd), zinc (Zn) y cromo (Cr).

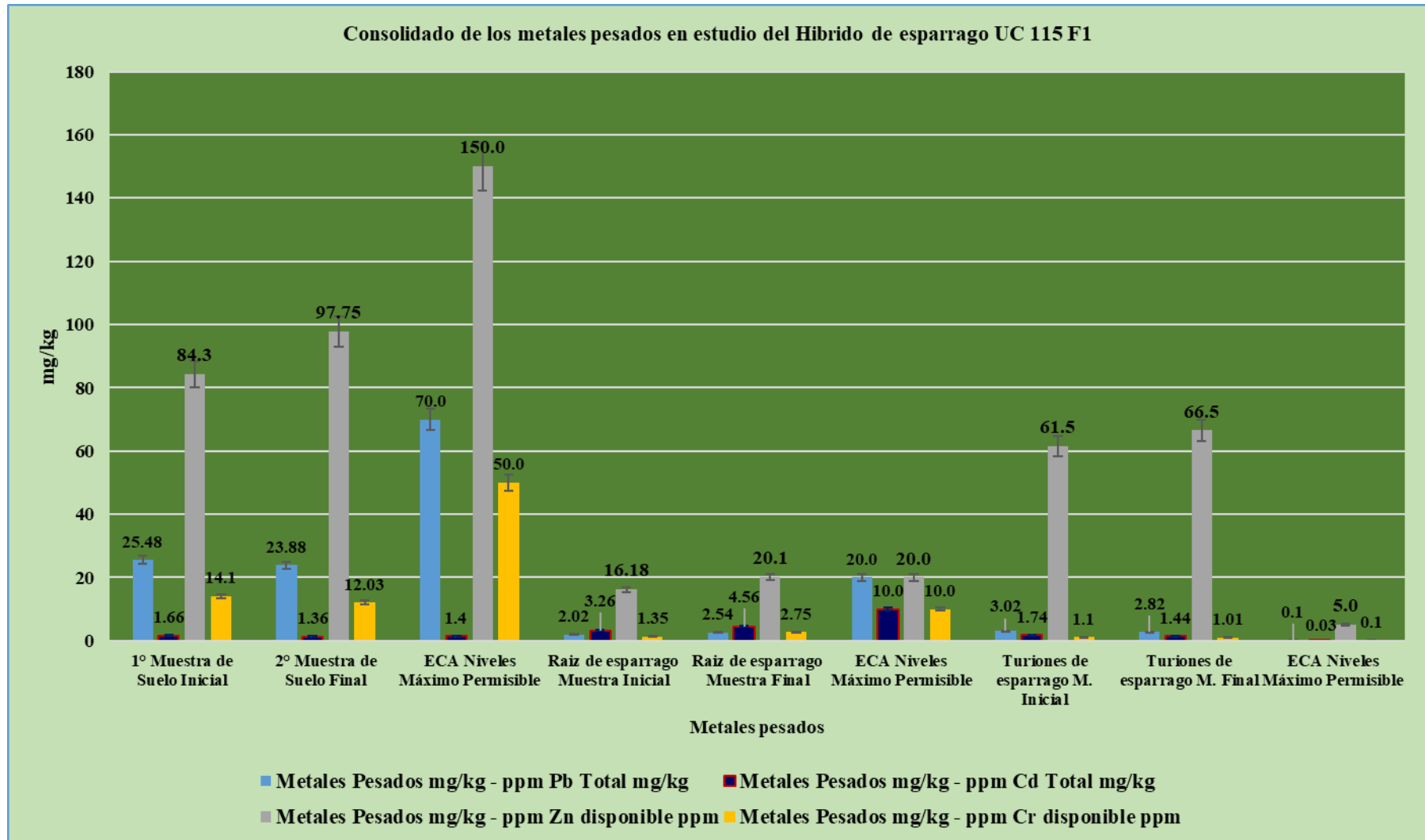
Los resultados muestran que los niveles de Pb y Zn en el suelo son inferiores a los niveles máximos permisibles establecidos por la ECA (Evaluación de Calidad Ambiental). Sin embargo, los niveles de Cd en el suelo supera y Cr, superan los niveles máximos permisibles.

En particular, los niveles de Cd en las raíces de espárragos son de 3.26 mg/kg en la muestra inicial y 4.56 mg/kg en la muestra final. Los niveles máximos permisibles establecidos por la ECA son de 10.0 mg/kg. Por lo tanto, los niveles de Cd en las raíces de espárragos del fundo "Iván" son inferiores a lo recomendado.

Los niveles de Cd en los turiones de espárragos son de 1.74 mg/kg en la muestra inicial y 1.44 mg/kg en la muestra final. Los niveles máximos permisibles establecidos por la ECA son de 0.03 mg/kg. Por lo tanto, los niveles de Cd en los turiones de espárragos del fundo "Iván" son superiores a lo establecido por las normas ECA e Internacionales. Así mismo los turiones muestran niveles de plomo, zinc y cromo que exceden los límites permitidos. Los resultados sugieren que el suelo del fundo "Iván" está contaminados al igual que los turiones

**TABLA 7**

**Consolidado de los metales pesados en estudio**



### 3.2. Diseño Experimental

El diseño experimental nos permite utilizar métodos estadísticos para analizar los datos de forma más precisa y eficiente. En este caso, los métodos estadísticos se utilizan para determinar la dosis óptima de Fertilev y microorganismos eficientes, para reducir la concentración de metales pesados en el cultivo de esparrago.

El diseño experimental planteado en la tesis consiste en un diseño factorial completo con 9 tratamientos, significa que se combinan 3 dosis de Fertilev con 3 dosis de microorganismos eficientes. Este diseño es adecuado para este estudio porque permite evaluar el efecto de cada dosis de Fertilev y microorganismos eficientes, así como la interacción entre ambas variables, permite el uso de técnicas estadísticas para analizar los datos recopilados, lo que puede proporcionar una mayor confianza en los resultados.

Un diseño experimental sólido es la base para obtener resultados confiables y significativos en cualquier investigación científica.

El diseño experimental realizado en esta tesis es un modelo de cómo el diseño experimental se puede utilizar para mejorar la validez y confiabilidad de los resultados de una investigación.

**TABLA 8**  
**Análisis de la Variancia de la Altura de Planta (m)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha$		Signif.
					0.05	0.01	
Total	35	0.1230	-	-	-	-	-
Blocks	3	0.0098	0.0033	0.78	3.04	4.72	N.S.
Tratamientos	8	0.0126	0.0016	0.38	2.36	3.35	N.S.
F	2	0.0052	0.0026	0.62	3.40	5.61	N.S.
m	2	0.0012	0.0006	0.14	3.40	5.61	N.S.
Fm	4	0.0062	0.0016	0.38	2.78	4.22	N.S.
Error Exp.	24	0.1006	0.0042	-	-	-	-

S = 0.06

$S_{\bar{x}} = 0.03$

C.V. = 3.45%

$\bar{x}_G = 1.74$  m.

(N.S.) = No significativo

**TABLA 9**

**Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” de la Altura de Planta (m)**

<b>Clave</b>	<b>Promedios Altura Planta (m)</b>	<b>Duncan (<math>\alpha</math> 0.05)</b>	<b>O.M.</b>	<b>Productos</b>
Niveles: Fertilev (F):				
F <sub>1</sub>	1.89	A	1	Fertilev/ 1.06 L
F <sub>0</sub>	1.75	A	1	Fertilev/0.06 L
F <sub>2</sub>	1.72	A	1	Fertilev/2.06 L
Niveles Microorganismos (m):				
m <sub>0</sub>	1.74	A	1	Microorganismos/0.06 L
m <sub>2</sub>	1.74	A	1	Microorganismos /10.0 L
m <sub>1</sub>	1.73	A	1	Microorganismos /8.0 L
Interacción:				
Fertilev x Microorganismos (F <sub>x</sub> m):				
F <sub>0</sub> m <sub>2</sub>	1.76	A	1	0.0 L x 10.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>2</sub>	1.75	A	1	1.0 L x 10.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>1</sub>	1.75	A	1	1.0 L x 8.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>0</sub>	1.75	A	1	2.0 L x 0.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>0</sub>	1.74	A	1	0.0 L x 0.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>1</sub>	1.74	A	1	0.0 L x 8.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>0</sub>	1.73	A	1	1.0 L x 0.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>2</sub>	1.71	A	1	2.0 L x 10.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>1</sub>	1.70	A	1	2.0 L x 8.0 L

*Nota:* No hay diferencias significativas entre letras iguales.

**TABLA 10**  
**Análisis de la variancia del número de tallo por planta (Unid)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha$		Signif.
					0.05	0.01	
Total	35	370.75	-	-	-	-	-
Blocks	3	17.19	5.730	0.52	3.01	4.72	N.S.
Tratamientos	8	89.00	11.125	1.01	<b>2.36</b>	3.35	N.S.
F	2	28.50	14.250	2.59	7.40	5.61	N.S.
m	2	26.17	13.085	1.19	3.40	5.61	N.S.
Fm	4	34.33	8.582	0.78	2.78	4.22	N.S.
Error Exp.	24	264.56	11.023	-	-	-	-

S = 3.32       $S_{\bar{x}} = 1.66$       C.V. = 12.48%       $\bar{x}_G = 26.75$  m.

(N.S.) = No significación.

**TABLA 11**

**Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” del número de tallos por planta (Unid)**

<b>Clave</b>	<b>Promedios Número de tallos por planta</b>	<b>Duncan (<math>\alpha</math> 0.05)</b>	<b>O.M.</b>	<b>Productos</b>	
Niveles: Fertilev (F):					
F <sub>3</sub>	27.5	A	1	Fertilev/ 0.0 l	
F <sub>1</sub>	27.2	A	1	Fertilev/1.0 l	
F <sub>2</sub>	25.5	B	2	Fertilev/2.0 l	
Niveles Microorganismos (m):					
m <sub>0</sub>	27.9	A	1	Microorganismos/0.0 L	
m <sub>2</sub>	27.8	A	1	Microorganismos /10.0 L	
m <sub>1</sub>	26.6	A	1	Microorganismos /8.0 L	
Interacción: Fertilev x Microorganismos (F <sub>x</sub> m):					
F <sub>0</sub>	m <sub>2</sub>	30.5	A	1	0.0 L x 10.0 L
F <sub>1</sub>	m <sub>1</sub>	27.5	B	2	1.0 L x 8.0 L
F <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	27.5	B	2	1.0 L x 10.0 L
F <sub>0</sub>	m <sub>1</sub>	26.7	b	2	0.0 L x 8.0 L
F <sub>1</sub>	m <sub>0</sub>	26.7	b	2	1.0 L x 0.0 L
F <sub>2</sub>	m <sub>1</sub>	25.7	C	3	2.0 L x 8.0 L
F <sub>2</sub>	m <sub>2</sub>	25.5	C	3	2.0 L x 10.0 L
F <sub>0</sub>	m <sub>2</sub>	25.2	C	3	0.0 L x 0.0 L
F <sub>2</sub>	m <sub>0</sub>	25.2	C	3	2.0 L x 0.0 L

Nota: No hay diferencias significativas entre letras iguales.

**TABLA 12**  
**Análisis de la variancia de la aparición de brotes (días)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha$		Signif.
					0.05	0.01	
Total	35	12.56	-	-	-	-	-
Blocks	3	1.22	0.4066	0.78	3.01	4.72	N.S.
Tratamientos	8	3.06	0.3825	0.73	2.36	3.35	N.S.
F	2	0.89	0.4450	0.85	3.40	5.61	N.S.
m	2	1.06	0.5300	1.01	3.40	5.61	N.S.
Fm	4	1.11	0.2775	0.53	2.78	4.22	N.S.
Error Exp.	24	12.56	0.5283	-	-	-	-

S = 0.72

$S_{\bar{x}} = 0.36$

C.V. = 12.83%

$\bar{x}_G = 5.61$  días.

(N.S.) = No significación.

**TABLA 13**  
**Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” de la aparición de brotes (días)**

Clave	Promedios Altura Planta (m)	Duncan ( $\alpha$ 0.05)	O.M.	Productos
Niveles: Fertilev (F):				
F <sub>2</sub>	5.8	A	1	Fertilev/ 2.0 l
F <sub>0</sub>	5.5	A	1	Fertilev/0.0 l
F <sub>1</sub>	5.5	A	1	Fertilev/1.0 l
Niveles Microorganismos (m):				
m <sub>1</sub>	5.8	A	1	Microorganismos/8.0 L
m <sub>0</sub>	5.6	A	1	Microorganismos /0.0 L
m <sub>2</sub>	5.4	A	1	Microorganismos /10.0 L
Interacción: Fertilev x Microorganismos (F <sub>x</sub> m):				
F <sub>2</sub> m <sub>1</sub>	6.2	A	1	2.0 L x 8.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>0</sub>	5.7	A	1	0.0 L x 0.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>1</sub>	5.7	A	1	1.0 L x 8.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>0</sub>	5.7	A	1	2.0 L x 0.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>1</sub>	5.5	A	1	0.0 L x 8.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>2</sub>	5.5	A	1	1.0 L x 10.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>2</sub>	5.5	A	1	2.0 L x 10.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>2</sub>	5.2	A	1	0.0 L x 10.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>0</sub>	5.2	A	1	1.0 L x 0.0 L

Nota: No hay diferencias significativas entre letras iguales.

**TABLA 14**  
**Análisis de la variancia del inicio de floración (días)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha$		Signif.
					0.05	0.01	
Total	35	58.00	-	-	-	-	-
Blocks	3	1.55	0.5166	0.31	3.01	4.72	N.S.
Tratamientos	8	16.00	2.0000	1.19	2.36	3.35	N.S.
F	2	8.17	4.0850	2.42	3.40	5.61	N.S.
m	2	4.50	2.2500	1.33	3.40	5.61	N.S.
Fm	4	3.33	0.8325	0.49	2.78	4.22	N.S.
Error Exp.	24	40.45	1.6854	-	-	-	-

S = 1.29

$S_{\bar{x}} = 0.64$

C.V. = 2.56%

$\bar{x}_G = 50.3$  días.

(N.S.) = No significación.

**TABLA 15**

**Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” del inicio de floración (días)**

<b>Clave</b>	<b>Promedios inicio floración (días)</b>	<b>Duncan (<math>\alpha</math> 0,05)</b>	<b>O.M.</b>	<b>Productos</b>
Niveles: Fertilev (F):				
F <sub>2</sub>	51.0	A	1	Fertilev/ 2.0 l
F <sub>0</sub>	50.1	A	1	Fertilev/0.0 l
F <sub>1</sub>	49.9	A	1	Fertilev/1.0 l
Niveles Microorganismos (m):				
m <sub>0</sub>	50.6	A	1	Microorganismos/0.0 L
m <sub>2</sub>	50.6	A	1	Microorganismos/10.0 L
m <sub>1</sub>	49.8	A	1	Microorganismos/8.0 L
Interacción: Fertilev x Microorganismos (F <sub>x</sub> m):				
F <sub>2</sub> m <sub>0</sub>	51.7	A	1	2.0 L x 0.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>2</sub>	51.0	A	1	2.0 L x 10.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>2</sub>	50.7	A	1	0.0 L x 10.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>1</sub>	50.2	A	1	2.0 L x 8.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>0</sub>	50.0	A	1	0.0 L x 0.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>0</sub>	50.0	A	1	1.0 L x 0.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>1</sub>	50.0	A	1	1.0 L x 8.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>2</sub>	50.0	A	1	1.0 L x 10.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>1</sub>	49.5	A	1	0.0 L x 8.0 L

Nota: No hay diferencias significativas entre letras iguales.

**TABLA 16**  
**Análisis de la variancia del fin de la floración (días)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha$		Signif.
					0.05	0.01	
Total	35	170.75	-	-	-	-	-
Blocks	3	99.63	33.210	23.35	3.01	4.72	
Tratamientos	8	37.00	4.625	3.25	2.36	3.35	*
F	2	12.06	6.080	4.24	3.40	5.61	*
m	2	10.50	5.250	3.69	3.40	5.61	*
Fm	4	14.47	3.610	2.54	2.78	4.22	N.S.
Error Exp.	24	34.12	1.402	-	-	-	-

S = 1.19       $S_{\bar{x}} = 0.59$       C.V. = 1.91%       $\bar{x}_G = 62.4$  días.

(\*): Se encontraron diferencias significativas

(N.S.): No significativo.

**TABLA 17**

**Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” de la final de la floración (días)**

<b>Clave</b>	<b>Promedios final floración (días)</b>	<b>Duncan (<math>\alpha</math> 0,05)</b>	<b>O.M.</b>	<b>Productos</b>
Niveles: Fertilev (F):				
F <sub>1</sub>	62.9	A	1	Fertilev/ 2.0 l
F <sub>2</sub>	62.8	A	1	Fertilev/0.0 l
F <sub>0</sub>	61.6	A	1	Fertilev/1.0 l
Niveles Microorganismos (m):				
m <sub>1</sub>	62.9	A	1	Microorganismos/0.0 L
m <sub>2</sub>	62.7	A	1	Microorganismos/10.0 L
m <sub>0</sub>	61.7	A	1	Microorganismos/8.0 L
Interacción: Fertilev x Microorganismos (F <sub>x</sub> m):				
F <sub>1</sub> m <sub>0</sub>	63.8	A	1	1.6 L x 10.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>2</sub>	63.3	B	2	0.0 L x 8.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>2</sub>	63.0	B	2	2.0 L x 8.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>1</sub>	63.0	B	2	2.0 L x 10.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>0</sub>	62.5	C	3	1.0 L x 0.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>0</sub>	62.5	C	3	1.0 L x 8.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>1</sub>	62.3	C	3	2.0 L x 0.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>2</sub>	61.3	D	4	0.0 L x 10.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>1</sub>	60.3	D	4	0.0 L x 0.0 L

Nota: No hay diferencias significativas entre letras iguales.

**TABLA 18**  
**Análisis de la variancia del rendimiento de turiones (kg)**

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft $\alpha$		Signif.
					0.05	0.01	
Total	35	7.01	-	-	-	-	-
Blocks	3	0.92	0.306	2.14	3.01	4.72	
Tratamientos	8	2.66	0.333	2.33	2.36	3.35	N.S.
F	2	0.07	0.035	0.25	3.40	5.61	N.S.
m	2	1.99	0.995	6.96	3.40	5.61	**
Fm	4	0.60	0.150	1.05	2.78	4.22	N.S.
Error Exp.	24	3.43	0.143	-	-	-	-

S = 0.38       $S_{\bar{x}} = 0.19$       C.V. = 4.91%       $\bar{x}_G = 7.74$  días.

(\*\*): Se encontró diferencias significativas

(N.S.): No significativo.

**TABLA 19**

**Prueba de amplitudes significativas de “DUNCAN” del rendimiento de turiones (kg)**

<b>Clave</b>	<b>Promedios Rendimiento de turiones (kg)</b>	<b>Duncan (<math>\alpha</math> 0,05)</b>	<b>O.M.</b>	<b>Rendimiento turiones (kg/ha)</b>
Niveles: Fertilev (F):				
F <sub>2</sub>	7.81	A	1	Fertilev/ 2.0 l
F <sub>1</sub>	7.72	A	1	Fertilev/0.0 l
F <sub>0</sub>	7.71	A	1	Fertilev/1.0 l
Niveles Microorganismos (m):				
m <sub>2</sub>	8.07	A	1	Microorganismos/0.0 L
m <sub>1</sub>	7.62	B	1	Microorganismos/10.0 L
m <sub>0</sub>	7.54	B	1	Microorganismos/8.0 L
Interacción: Fertilev x Microorganismos (F <sub>x</sub> m):				
F <sub>0</sub> m <sub>2</sub>	8.26	A	1	1.6 L x 10.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>2</sub>	8.13	B	2	0.0 L x 8.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>2</sub>	7.83	B	2	2.0 L x 8.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>1</sub>	7.73	B	2	2.0 L x 10.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>1</sub>	7.72	C	3	1.0 L x 0.0 L
F <sub>1</sub> m <sub>0</sub>	7.60	C	3	1.0 L x 8.0 L
F <sub>2</sub> m <sub>0</sub>	7.57	C	3	2.0 L x 0.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>0</sub>	7.44	D	4	0.0 L x 10.0 L
F <sub>0</sub> m <sub>1</sub>	7.43	D	4	0.0 L x 0.0 L

Nota: No hay diferencias significativas entre letras iguales.

**TABLA 20**  
**Análisis económicos de los tratamientos en estudio**

<b>Clave</b>	<b>Tratamientos (Productos)</b>		<b>Valor Total (S/.)</b>	<b>Costo Variable (S/.)</b>	<b>Costo Fijo (S/.)</b>	<b>Costo Total CV + CF</b>	<b>Ingreso Neto VT - CT</b>	<b>Retorno CT / ING B/C)</b>
F <sub>0</sub> m <sub>2</sub>	Fertilev x 0.0 L	Microorganismos 10.0 L	45,890	800	14,000	14,800	31,090	0.48
F <sub>2</sub> m <sub>2</sub>	Fertilev x 2.0 L	Microorganismos 10.0 L	45,165	956	14,000	14,956	30,209	0.50
F <sub>1</sub> m <sub>2</sub>	Fertilev x 1.0 L	Microorganismos 10.0 L	43,500	878	14,000	14,878	28,622	0.52
F <sub>2</sub> m <sub>1</sub>	Fertilev x 2.0 L	Microorganismos 8.0 L	42,945	816	14,000	14,816	28,129	0.52
F <sub>1</sub> m <sub>1</sub>	Fertilev x 1.0 L	Microorganismos 8.0 L	42,890	718	14,000	14,718	28,172	0.52
F <sub>1</sub> m <sub>0</sub>	Fertilev x 1.0 L	Microorganismos 0.0 L	42,220	256	14,000	14,256	27,964	0.51
F <sub>2</sub> m <sub>0</sub>	Fertilev x 2.0 L	Microorganismos 0.0 L	42,055	312	14,000	14,312	27,743	0.51
F <sub>0</sub> m <sub>0</sub>		TESTIGO	0,000	0.00	14,000	14,000	0.000	0.000
F <sub>0</sub> m <sub>1</sub>	Fertilev x 0.0 L	Microorganismos 8.0 L	41,275	660	14,000	14,660	26,615	0.55

## IV. DISCUSIÓN

### 4.1. Discusión de Resultados

#### 4.1.1 Análisis físico mecánico y químico del suelo.

El terreno donde está instalado el cultivo de espárrago presenta una textura franca. Los suelos mixtos son una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Esta combinación de partículas les confiere una serie de propiedades beneficiosas para la agricultura, como una textura suelta, fertilidad, retención de humedad y color oscuro.

Los suelos mixtos son importantes para la agricultura porque son fértiles y productivos. Proporcionan un buen ambiente para el crecimiento de las plantas, y son capaces de soportar una amplia variedad de cultivos. [14].

#### 4.1.2 Análisis estadístico.

Efectuada las labores de campo y realizada los análisis estadísticos, se dan los resultados

siguientes:

En las Tablas 8, 10, 12, 14, 16, 18, se presenta los resultados de los análisis de variancia (ANOVA) de las características: Altura de planta, número de tallos, aparición de brotes, inicio de floración, final de la floración y rendimiento de turiones, así como también el análisis económico en la Tabla 20, todos ellos debidamente evaluado del presente estudio de investigación.

En las fuentes de variación (F.V.) de los mismos cuadros y citados, se observan significación estadística para el final de la floración (Tratamiento, Fertilizante y Microorganismos). En cambio, no se encontraron diferencias significativas para altura de planta, número de tallos por planta, aparición de brotes, inicio de floración, presentando además coeficientes de variación, que van de 1.91% a 12.83% y que son valores muy buenos para este experimento en estudio.

También podemos ver al final de los cuadros de los ANOVAS alguna medida de las muestras evaluadas como son: Variancia simple (S), Desviación Standard de los Promedios ( $S_{\bar{x}}$ ) y el Coeficiente de Variación (C.V.), que son medidas de dispersión de la estadística más usadas en las diferentes pruebas de significación y que nos van a dar el orden de mérito correspondiente.

En las siguientes Tablas 9, 11, 13, 15, 17, 19, se indican el orden de mérito de cada característica en estudio y que ya se realizaron sus ANOVAS. Solamente en las Tablas 9, 13, 15, de las pruebas de "DUNCAN" para altura de planta, aparición de brotes y del inicio de floración, no se registraron diferencias significativas, obteniéndose

resultados de 1.89 a 1.72 m. para altura de planta con Fertilv, de 1.74 a 1.73 m. con microorganismos y de 1.76 a 1.70 m, con la interacción Fertilv x microorganismos. De igual forma para la aparición de brotes de 5.8 a 5.5 días con Fertilv, de 5.8 a 5.4 días con microorganismos y de 6.2 a 5.2 con la interacción Fertilv x microorganismos. En cuanto al inicio de floración se registraron de 51.0 a 49.9 días con Fertilv, de 50.6 a 49.8 días con microorganismos y de 51.7 a 49.5 con la interacción Fertilv x microorganismos. En cambio, en las Tablas 11, 17, 19, para número de tallos por planta, final de la floración y rendimiento de turiones, sí se registraron diferencias significativas, destacando para número de tallos por planta los productos de las claves: F<sub>0</sub> (Fertilv/0.0L) y F<sub>1</sub> (Fertilv/1.0 L), con resultados de 27.5 y 27.2 tallos por planta. También para la (Interacción Fertilv x microorganismos) en resultados de 30.5 tallos por planta (Fertilv/0.0 L x microorganismos/10.0 L). En cuanto a la final de floración, sobresalen las claves: F<sub>0</sub> (Fertilv/1.0L) y F<sub>2</sub> (Fertilv/2.0 L), con resultados de 62.9 y 62.8 días. Además, sobresalen las claves: m<sub>1</sub> (microorganismos 8.0 L) y m<sub>2</sub> (microorganismos / 10 L) con resultados de 62.9 y 62.7 días y por último en la interacción Fertilv / 1.0 L por microorganismos 10.0 L, con resultados de 63.8 días de la floración final. Por último, en el Rendimiento de Turiones, se registra la clave: m<sub>2</sub> (microorganismos /10.0 L) con resultados de 8,967 kg/ha, seguido de las claves: F<sub>0</sub>m<sub>2</sub> (Fertilv / 0.0L x 10.0 L) y F<sub>1</sub>m<sub>2</sub> (Fertilv /1.0 L x microorganismo/10.0 l), con resultados de 9,178 y 9,030 kg/ha de turiones.

En lo referente al análisis económico de los productos aplicados, se puede apreciar que en el cuadro 13, los tratamientos de las claves: F<sub>0</sub>m<sub>2</sub> (Fertilv/ 0.0 L x microorganismos / 10.0 L) y F<sub>2</sub>m<sub>2</sub> (Fertilv / 2.0 L / 0.0 L x microorganismos / 10.0 L) y F<sub>2</sub>m<sub>2</sub> (Fertilv / 2.0 L x microorganismos / 10.0 L), destacan como los mejores beneficios económicos, con resultados de 31,090 y 30,209 soles de ingresos netos por hectárea. En cuanto al testigo su valor costo es cero, porque los turiones no cumplían con los requisitos para su exportación o, no siendo aptos para su comercialización.

A continuación, se indica el diseño experimental adoptado y que responde al diseño de experimentos factoriales= 3F x 3m = 9 combinaciones o tratamientos por cuatro (4) repeticiones, haciendo un total de 36 unidades experimentales. Informamos también que el kilo de turiones es de S/. 5.00 nuevos soles, también la inversión por hectárea es de S/. 14,000 soles. El jornal diario es de S/. 50.00 soles.

El precio de los productos Fertilv es S/. 78.00/litro y microorganismos es de S/. 70.00 / litro. Las aplicaciones fueron dos (2) durante el cultivo.

#### **4.1.3 Concentración del metal pesado Cadmio en el suelo y turiones del Híbrido UC**

##### **115 F1.**

Los métodos recomendados para el tratamiento de cadmio en suelos agrícolas ométodos agronómicos para el cultivo de espárragos se basan en métodos recomendados por la FAO para el cultivo de cacao, recomendados por los consultores de campo. Las medidas correctivas implementadas sobre el espárrago (*Asparagus officinalis* L.) híbrido UC 115 F1 en la parte baja del Valle de Ica para reducir la contaminación por cadmio son las siguientes:

1. Antes de la enmienda, se realizaron análisis de suelo y brotes para determinar el contenido inicial de cadmio de metales pesados y su concentración al final de la temporada de crecimiento después de aplicar la técnica.
2. El análisis de suelos se realiza mediante métodos reconocidos internacionalmente en el laboratorio del Instituto Rural Valle Grande de Cañete e incluye:
  - FAAS: Espectrometría de Absorción Atómica por Llama.
  - HGAAS: Espectrometría de Absorción Atómica por Generación de Hidruros.
  - CVAAS: Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frio.

Se considero lo indicado en el Programa conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos. CX/CF 20/14/7 febrero de 2020.

3. Las técnicas de remediación que se planteadas para la remediación del cadmio en el suelo agrícola o las practicas agronómicas en el cultivo de esparrago, se basó en las que se propusieron en el cultivo del cacao por la FAO, aplicadas y coordinadas con el asesor del campo.

#### **4.1.3 Técnicas para inmovilizar el cadmio en el suelo.**

- a) Utilizo abonos orgánicos como el compost. Hao et. al. [16]. Los desechos orgánicos como estiércol de granja, estiércol de aves, estiércol de cerdo, compost, biosólidos, lodos de depuradora, desechos sólidos municipales, paja de arroz y muchos fertilizantes orgánicos combinados se pueden utilizar como enmienda del suelo para reducir el cadmio disponible.
- b) El compost se obtiene como resultado de la descomposición bacteriana aeróbica de materias primas orgánicas, por lo tanto, el compost es un producto estable y antiséptico con un alto contenido de sustancias húmicas, cuando se agrega al suelo para mejorar sus propiedades no causará ningún daño. para el medio ambiente y es muy importante para el contenido de materia orgánica y nutrientes necesarios para las plantas. Según la FAO, la actividad microbiana mejora aumentando el contenido de

materia orgánica del suelo. La materia orgánica debido al contenido húmico reacciona con el cadmio para formar complejos o quelatos de Cd; y puede estar en un lugar inaccesible a las plantas. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos. (2019). b) Utilizar eficazmente los microorganismos EM1. Según la FAO. A medida que aumenta el contenido de materia orgánica del suelo, mejora la actividad microbiana, por lo que es menos probable que los suelos bien nutridos bioacumulen cadmio.

c) Las prácticas agronómicas utilizadas se basan en las recomendadas y desarrolladas en el marco del Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias para recomendar prácticas para prevenir y reducir la contaminación por cadmio en los granos de cacao.

d) Cuando se utilizan fertilizantes fosfatados, con base en la tabla de datos técnicos para saber si el fertilizante neutro utilizado tiene alto contenido de cadmio o no, debido a que muchos fertilizantes fosfatados tienen alto contenido de cadmio, usarlo es una forma de reducir la acumulación de cadmio en el suelo.

e) El ácido fosfórico se reemplaza por fosfato monoamónico granular (MAP).

f) El silicio orgánico ayuda a acelerar y mejorar la absorción de fósforo.

g) Utilice calcio líquido y magnesio líquido.

#### **4.1.4 Productos utilizados para reducir el nivel del metal pesado Cadmio en el suelo**

##### **Calcio (Ca).**

Charrupi y Martínez. [17]. El uso de cal reduce la acidez del suelo y reduce el contenido de cadmio en el suelo. El estudio concluyó que el calcio y el cadmio están estrechamente relacionados y que esta asociación puede deberse a su naturaleza iónica similar. El cadmio puede afectar el metabolismo del calcio celular. Esto significa que estos metales son competitivos (antagonistas).

##### **Wuxal calcio**

Nutriente foliar con una alta concentración de Calcio, el cual es utilizado para prevenir las deficiencias de Calcio en frutales y hortalizas.

##### **Microorganismos eficaces/beneficiosos EM 1**

Higa y Jame. [18]. Estos microorganismos eficientes fueron desarrollados por el Dr. Teruo Higa de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Es una combinación de microorganismos naturales beneficiosos pertenecientes a los géneros *Lactobacillus spp*, *Saccharomyces spp* y *Rhodopseudomonas spp*, gracias a los cuales apoyan eficazmente el microbioma del suelo, optimizan el crecimiento de las plantas y minimizan la aparición de epidemias.

### **Fertilizante orgánico EM Compost**

Es una sustancia biológicamente modificada producida a partir de microorganismos con efecto simbiótico. Producto que mejora la salinidad del suelo, reduce las poblaciones de nematodos y patógenos y mejora el valor nutricional y biológico del compost. Aumenta las propiedades nutricionales y biológicas del compost.

### **Organichem Silicio**

Fertilizante orgánico que contiene silicio, ácidos húmicos y fúlvicos. Es un complejo ionizado silícico, ácidos húmicos y fúlvicos. Genera en los suelos una mayor capacidad de intercambio catiónico, facilitando la incorporación de minerales insolubles presente en el suelo al medio líquido, permite que sean absorbidos por las plantas. Organichem Silicio reduce la toxicidad de elementos como el aluminio y metales pesados, mejorando la nutrición del fósforo en las plantas, a la mejora la estructura de los suelos.

### **Fitofol plus calcio –magnesio**

Fertilizante foliar compuesto por Óxido de Calcio (CaO) y Óxido de Magnesio (MgO), que están quelatados con Ácidos carboxílicos de bajo peso molecular y puede ser aplicado a través de aspersiones foliares o en programas de fertirrigación.

Mejora la fotosíntesis, ya que el Magnesio es un componente esencial de la clorofila.

El Calcio contribuye a mejorar la calidad del fruto y prolonga la vida útil postcosecha de las partes comerciales de los cultivos. El quelato presente en el fertilizante no se ve afectado por condiciones adversas de salinidad de los suelos y el medio ambiente.

#### **4.1.5 Prácticas agronómicas, labores culturales para desplazar el metal pesado cadmio en el suelo**

**a. Subsolar:** Labor importante porque afloja la tierra y permite que el agua penetre, evitando que el agua se estanque, y a medida que las capas superiores se secan, la humedad se filtrará a través de los poros capilares.

Subsolar a una profundidad de 0,80 cm mediante un tractor de 120 HP. con dos barras subsoladoras, colocados en el medio del surco para romper las capas duras del suelo, el propósito de esta labor es aprovechar el agua de avenida y regar por inundación o gravedad, obligando y transfiriendo el cadmio a través del agua de riego por gravedad a capas más profundas. Cuando el agua llega a la superficie del suelo, se filtra en el suelo bajo la influencia de la gravedad; De esta forma, el agua va rellenando poco a poco todos los poros, grietas y fisuras del suelo.

**b. Uso de agua de avenida, para el Riego por inundación por gravedad.**

Se sabe que el movimiento del agua a través del suelo se produce más rápido en los poros grandes como grietas, hendiduras y macroporos del suelo y por tanto, del sustrato. En estas condiciones, las moléculas de agua no se unen con las moléculas de la matriz del suelo, lo que hace que éstas fluyan rápidamente a través de la columna del suelo, llevando consigo sustancias químicas y coloides en solución (como sustancias disueltas y minerales, materia orgánica y metales pesados). para el medio ambiente. acuífero. Se realizaron tres riegos por gravedad.

#### **c. Utilización de materia orgánica**

Castelblanco. [19]. Los abonos orgánicos, como el compost, el vermicompost, los desechos de cultivos y los fertilizantes, son fundamentales para mejorar la retención de cadmio en suelos agrícolas contaminados. Estos pueden derivarse de materiales carbonados de origen vegetal o animal. Sus funciones incluyen mantener o incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo, optimizar las propiedades físicas del suelo y mejorar su actividad química o biológica.

Sapaico. [20]. La adición de materia orgánica al suelo puede influir en la movilidad de los metales pesados, que pueden (como el Zn) o no (como el Cd) actuar como nutrientes para las plantas. La incorporación de materia orgánica al suelo puede disminuir o incrementar la disponibilidad, solubilidad y absorción de metales por las plantas. La descomposición de la materia orgánica puede generar condiciones reductoras al estimular a los microorganismos a agotar el oxígeno del suelo y reducir otros aceptores de electrones, lo que puede afectar la movilidad de ciertos metales.

#### **4.1.6 Resultados del análisis de suelos agrícolas en la Parcela “Iván”.**

Sector de metales pesados en Santa Dominguita con código de modelo: 426-025-2022, registrado en el Instituto Rural Valle Grande en Cañete. Se encontró que la muestra inicial contenía cadmio (Cd), con un nivel de detección de 1,84 mg/kg. Luego de aplicar medidas de tratamiento durante el desarrollo del cultivo y tomar la segunda muestra de suelo con código de muestra: 1142-01S -2022, al finalizar la temporada de siembra y cosecha, el nivel de contaminación fue de 1,120 mg. /kg y de acuerdo con el Límite Máximo Permisible de la norma ECA del Ministerio del Ambiente MINAN 2017 [13], normas de la FAO y la Organización Mundial de la Salud, el límite máximo de contenido de cadmio es de 1,4 mg/kg. Se encontró que la concentración inicial de 1,84 mg/kg en el suelo excedía el límite permitido y después del tratamiento correctivo, se redujo a 1.120 mg/kg, cifra inferior al MPC, pero se puede decir que todavía hay trazas de contaminación.

#### **4.1.7 Análisis realizados a los turiones de espárrago del híbrido UC 115 F1**

Con base en los resultados de muestreos de espárrago al final de la cosecha y al inicio del crecimiento vegetativo o como parte de una nueva campaña en la Parcela “Iván” en el sector Santa Matilda de la Venta Baja, distrito de Santiago Ica, sobre el cadmio metal pesado, el análisis con código: 216-03F-2023, los resultados nos muestran que los turiones tienen un nivel de contaminación por cadmio (Cd) de 1.74 mg/kg sobrepasando en exceso el límite máximo permisible de la norma, ya que el estándar de la Comunidad Europea es de 0,03 mg/kg y en los EE. UU., de 0,1 mg/kg en los alimentos.

Al finalizar la temporada de crecimiento de la nueva campaña utilizando los métodos de tratamiento propuestos, la concentración de muestra tomada en brotes con código de muestra: 614-02F-2023 arrojó un valor de concentración de cadmio de 1.44 mg/kg., lo que indica al compararlo con el análisis inicial que se reduce el contenido de cadmio en 0.3 mg/kg, pero sigue contaminado. Esto demuestra que la planta transporta el contenido de cadmio, posiblemente almacenado en las reservas de las raíces, y lo transfiere a los brotes. Este valor supera con creces los estándares internacionales y hay que tener en cuenta que los turiones son el alimento de consumo en estado fresco, lo que repercutirá en su comercialización con bajas restricciones internacionales y sobre todo en la salud de los consumidores.

#### **4.2. Contratación de Hipótesis**

La contratación de hipótesis, buscan comprobar si una estimación se ajusta a la realidad de manera confiable.

##### **4.2.1. Contratación de la Hipótesis General**

Investigación para evaluar el método de tratamiento del suelo agrícola contaminados con metales pesados, en especial el cadmio en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) híbrido UC 115 F1, permitiendo conocer el nivel de contaminación en el suelo y los turiones.

Galán y Romero. [21]. La contaminación del suelo es uno de los problemas medioambientales más importantes a los que se enfrenta la sociedad actual. Los metales pesados provienen de actividades industriales, mineras y agrícolas, así como de los residuos sólidos urbanos (RSU) y son residuos peligrosos.

El riesgo de contaminación del suelo no se debe sólo a su concentración general sino también principalmente a su disponibilidad. Las diferencias en la absorción de metales pueden explicarse por la capacidad del suelo para retener metales, el rendimiento de los cultivos, las interacciones planta-raíz-metal y el propio metabolismo de la planta.

Por tanto, el cadmio es uno de los oligoelementos más dañinos, porque existe en el suelo y puede ser absorbido por las plantas y acumularse en los frutos. La adición de Zinc mostró un efecto sinérgico entre ambos metales; las altas concentraciones de Zinc promueven la movilidad e inhiben la retención de Cd y viceversa.

Debido a la importancia ambiental de la acumulación de cadmio en los suelos, se han estudiado varios métodos para gestionar los suelos que contienen cadmio. Estas técnicas se basan en la lixiviación en suelos ácidos o en el aumento del pH (por ejemplo, mediante encalado) y la capacidad de intercambio catiónico.

Sánchez. [22]. Señala que los mejores resultados para reducir la disponibilidad de cadmio se logran colocando capas de suelo no contaminado sobre la superficie contaminada hasta una profundidad de 30 cm. También señala que el cadmio es un metal pesado tóxico, comúnmente encontrado en depósitos de zinc. Su presencia en el medio ambiente se debe principalmente a actividades industriales y la aplicación de fertilizantes de fosfato. La exposición al cadmio puede causar daño renal, osteoporosis y cáncer, y ocurre principalmente a través de la dieta y la inhalación de aerosoles de compuestos de cadmio. Se espera que los niveles de cadmio en los suelos de cultivo europeos disminuyan en un 15% en los próximos 100 años. Es crucial cumplir con las regulaciones sobre las emisiones de cadmio y realizar controles de sus niveles para proteger la salud pública.

Alcaino. [23]. Su ensayo se centra en el análisis y comparación de tecnologías de remediación para suelos contaminados con metales en la comuna de Puchuncaví, Chile. Las tecnologías examinadas incluyen el lavado de suelos, la bioestabilización y la electrorremediación, con el objetivo de analizar la remoción o estabilización del cobre y del arsénico en el suelo. Los resultados más exitosos se obtuvieron con el lavado de suelos, logrando una remoción del 15-20% para el cobre y 25-28% para el arsénico. La bioestabilización no mostró resultados significativos, mientras que la electrorremediación requiere más tiempo y un análisis más detallado. Se propone el lavado de suelos como la estrategia de remediación recomendada.

Por tanto, lo citado y examinado en los trabajos de investigación realizados sobre este tema, confirma lo planteado en la hipótesis.

#### **4.2.2. Contrastación de la Hipótesis Específica**

En cuanto a los factores que se investigan; Se puede observar que la contaminación por cadmio puede deberse a la larga historia de uso de fertilizantes fosfatados, pesticidas y actividades antropogénicas llevadas a cabo en el área de estudio.

Las prácticas de gestión agrícola pueden desempeñar un papel importante en la gestión

del cadmio en los sistemas de producción, incluida la gestión del agua de riego, el riego por inundación, la adaptación del campo al riego por gravedad, el diseño y el sistema de producción (orgánicos, convencionales, etc.). En suelos con un contenido medio de arcilla del 30%, propio de suelos de textura media, uno de los fenómenos superficiales afectados por el contenido de arcilla es la adsorción de sustancias químicas disueltas que se arrastran en la superficie de las partículas minerales. Cuanto mayor sea la superficie, mayor será la capacidad del suelo para absorber sustancias químicas y nutrientes.

El contenido promedio de limo del suelo fue del 32%, mostrando menos variabilidad que la arcilla y la arena. Esta fracción de tamaño de partículas del suelo, de tamaño intermedio entre la arena y la arcilla, se caracteriza por una capacidad de retención de agua de moderada a alta, una aireación moderada, una tasa de drenaje de lenta a moderada, un contenido de materia orgánica de moderado a alto y una descomposición moderada del suelo. material.

El contenido de arena del suelo, que promedió 35%, mostró una alta heterogeneidad en los datos. Se observó que el contenido promedio de arena fue mayor que el contenido de arcilla, lo que indica una menor capacidad del suelo para retener agua y nutrientes; Además, la arena se asocia con altas tasas de drenaje y un bajo contenido de materia orgánica, lo que provoca que el suelo sea arrastrado. [14].

Los ensayos realizados en el cacao, propuestos por la FAO en Reducir el flujo de cadmio mediante el tratamiento del agua de riego puede ser importante en algunas áreas, pero aún no está claro qué otros factores importantes en el sistema de producción influyen en la disponibilidad de cadmio. [23]

Beltrán y Gómez. [24]. Los metales pesados son contaminantes peligrosos que pueden tener efectos perjudiciales en la salud humana y el medio ambiente especialmente el Cd, Cr y Hg, que son notables por su persistencia y toxicidad. Las técnicas fisicoquímicas tradicionales para tratarlos tienen algunas limitaciones, por lo que se están explorando tecnologías alternativas basadas en organismos vivos. Algunas plantas y microorganismos poseen mecanismos bioquímicos específicos para neutralizar la toxicidad de los metales pesados. La ingeniería genética se utiliza para mejorar las capacidades de biorremediación de estas especies. En resumen, los metales pesados son un problema ambiental grave que requiere soluciones innovadoras. La biorremediación con organismos vivos es una tecnología prometedora que podría ayudar a mitigar los efectos de estos contaminantes.

Comisión del Codex Alimentarius. [25]. El sulfato de zinc tiene un efecto beneficioso

para reducir el contenido de cadmio en los granos de cacao. La aplicación incluye una fertilización equilibrada según los requerimientos de la planta y del suelo, teniendo en cuenta el análisis de las características del suelo). El cadmio tiene una tendencia a acumularse en los granos de cacao, especialmente cuando los niveles de zinc son bajos, ya que compite con este último. Para mejorar la aplicabilidad de la estrategia, se sugiere ampliar la recomendación especificando los niveles críticos de zinc extraíble para el cacao. Esto puede hacerse utilizando varios métodos de análisis de muestras, como DTPA y Olsen Modificado.

Las investigaciones han demostrado que el uso de M.O. En las plantaciones de cacao, el contenido de cadmio en los granos disminuye y alcanza valores muy bajos, hasta 0,08 ppm. El cadmio en el suelo puede ser fuertemente adsorbido y filtrado, pero no puede escapar. Además, las sustancias orgánicas pueden aumentar la capacidad de intercambio catiónico. Un suelo con más materia orgánica tiende a absorber menos cadmio. El uso de fertilizantes orgánicos como el estiércol tratado de ganado de establo y compost aumenta la materia orgánica del suelo y mejora su actividad microbiológica. Al aplicar entre el 3 y 4% de materia orgánica en las plantaciones de cacao, se reduce la cantidad de cadmio en los granos de cacao. [25]

La FAO [25] en su documento de debate sobre el desarrollo de un código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación por cadmio en los estados cacaoteros afirma que el uso prolongado de fertilizantes fosfatados causa altos niveles de cadmio en los suelos cultivables. tierra (IPCS 2010). Es mejor fomentar el uso de fertilizantes fosfatados con porcentajes de cadmio bajo y de empresas confiables, para limitar el cadmio en los productos. También pueden ser necesarios para los fertilizantes de zinc porque algunos subproductos de los fertilizantes de zinc contienen significativamente más cadmio que cualquier fertilizante de fósforo.

Melgarejo [26]. Realizó sus ensayos sobre la fitoextracción de metales pesados de suelos contaminados en Samne utilizando microorganismos eficientes y *Helianthus annuus* L. Utilizó un diseño cuasi experimental con pre prueba-post prueba y grupo control, y analizando 5 puntos de suelo contaminados. Procesó los datos con el software Minitab versión 18 realizando pruebas estadísticas, incluyendo ANOVA y la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Los resultados mostraron que los tratamientos tuvieron un efecto positivo, logrando fitoextraer metales como Pb (44.95%), Fe (30.94%), Cu (29.91%), Cr (28%), Hg (26%), Mn (23%), Cd (15.95%) y Zn (12.40%) con la aplicación de la dosis de microorganismos eficientes al 10%. De estos, Cd, Hg y Pb son considerados por el ECA-Suelo (D.S. N°002-2013-MINAM) y

lograron disminuir sus concentraciones.

En consonancia con las prácticas agronómicas actuales, se puede observar una reducción de la contaminación por cadmio mediante el uso de productos y prácticas agrícolas, prácticas respaldadas por el Codex Alimentarius, la FAO y la OMS. [5]

Los análisis permitieron comprobar que el nivel de cadmio reduce su concentración tanto en el suelo como en los brotes, mejorando su calidad. Esto indica que las prácticas agronómicas reducen los niveles de cadmio en el suelo y los brotes, lo que concuerda con los hallazgos de investigadores sobre el tema en estudio, demostrando la remediación de suelos contaminados con metales pesados se realiza utilizando microorganismos simbióticos de la rizosfera y esta es ciertamente una nueva área de investigación, pero su uso ve un gran potencial, pero necesita más investigación.

González-Chávez. [27]. En México, la prevención y recuperación de la contaminación ambiental es una prioridad. El uso de la Biotecnología del Suelo se centra en los microorganismos del suelo para mejorar su calidad y degradar contaminantes. El uso de plantas y microorganismos rizosféricos para recuperar suelos contaminados por metales pesados y otros contaminantes es una alternativa de bajo costo con grandes beneficios ambientales. Estas técnicas se conocen como fitorecuperación y biorrecuperación. Se destacan las alternativas biológicas para la descontaminación y recuperación de suelos contaminados por metales pesados, y se enfatiza la importancia de considerar los microorganismos simbióticos mutualistas de la rizosfera al usar plantas.

Esto también muestra la necesidad de proponer nuevos métodos adecuados para tratar los suelos contaminados, teniendo en cuenta la aplicación de medidas agronómicas como: utilizar abonos verdes, labranza, compost y vermicompost, utilizar fertilizantes adecuados para apoyar y mejorar la calidad del suelo. Acelerar el proceso de remediación de suelos contaminados. área.

Garcilazo [5]. Recomienda investigaciones sobre otros metales pesados que pueden estar presentes en cultivos alimentarios destinados al consumo en fresco, como hortalizas y frutas como aguacates, uvas de mesa, mandarinas, etc., así como estudios microbiológicos de nacimiento, etc. teniendo en cuenta las nuevas normas que reduce los niveles máximos de metales pesados, especialmente cadmio y plomo, en alimentos y agua. Promover pruebas químicas que ayudan a los productores a identificar metales pesados en el suelo, las plantas y el agua, y realizar análisis de la composición del suelo mediante la recolección de muestras de 0,30 cm a 0,60 cm de diámetro, protegiendo al mismo tiempo la salud del consumidor y el medio ambiente.

Munive. [28]. Este estudio experimental, examinó la eficacia de las enmiendas orgánicas, específicamente compost y vermicompost de Stevia, para reducir la toxicidad de los metales pesados en los suelos del centro del país. Utilizaron maíz y girasol como plantas fitorremediadoras en suelos de Mantaro y Muqui, que tienen altos niveles de plomo y cadmio. Los suelos con más Pb y Cd mostraron menor rendimiento de las plantas y un desarrollo más lento. Las enmiendas ayudaron a solubilizar estos metales para una mejor absorción por las plantas. El maíz acumuló principalmente plomo y cadmio en las raíces, mientras que el girasol los acumuló en varias partes de la planta. El vermicompost de Stevia fue el más efectivo para la absorción de nutrientes y no afectó a las plantas a pesar de las altas concentraciones de Pb y Cd en el suelo. Se concluyó que tanto el maíz como el girasol son plantas exclusoras o estabilizadoras.

Montenegro et. al. [29]. Indica que, la biorremediación es una alternativa prometedora para tratar la contaminación ambiental, transformando biológicamente los contaminantes a través de microorganismos, plantas o sus enzimas. Los microorganismos nativos y las plantas contribuyen a la degradación de contaminantes en suelos y aguas. Se destacan varios métodos de biorremediación microbiana y fitorremediación. Sin embargo, la biorremediación requiere estudios previos y, a menudo, pretratamientos para crear entornos adecuados para microorganismos y plantas. La investigación proporciona una visión general de los procesos de biorremediación y fitorremediación en suelos y aguas contaminadas.

Lo demostrado y mencionado en la investigación realizada permite aceptar y confirmar la hipótesis específica planteada en este estudio, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en muestras realizadas mediante espectrometría de absorción atómica de llama y espectrometría de absorción atómica de formación de hidruros. y espectrometría de absorción atómica de vapor frío realizada por un laboratorio calificado y confiable.

## V. CONCLUSIONES

La investigación: Plantear prácticas y técnicas agronómicas para reducir los metales pesados en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) híbrido UC 115 F1 en la zona baja del valle de Ica en el contexto de su implementación, se llega a las siguientes conclusiones:

- 5.1 El coeficiente de variación para las diferentes características en estudio, presentan porcentajes muy buenos para este tipo de experimento, oscilando de 1.91% a 12.83%.
- 5.2 En tres pruebas de “DUNCAN”, si se registraron diferencias significativas, sobresaliendo las características. Número de tallos por planta, con productos de las claves: F<sub>0</sub>(Fertilev/0.0 L) y F<sub>1</sub>(Fertilev/1.0 L) con resultados de 27.5 y 27.2 tallos por planta. También para la interacción F<sub>0</sub>m<sub>2</sub> (Fertilev/0.0 L x microorganismos / 10.0 L), con resultado de 30.5 tallos por planta. Final de la floración, con productos de las claves: F<sub>1</sub> (Fertilev/ 1.0 L) y F<sub>2</sub> (Fertilev/2.0 L), con resultados de 62.9 y 62.8 días. Además, con productos de las claves: m<sub>1</sub> (microorganismos/ 8.0 L) y m<sub>2</sub> (Microorganismos / 10 L) con resultados de 62.9 y 62.7 días. De igual forma con los productos de la interacción F<sub>1</sub> x m<sub>2</sub> (Fertilev / 1.0 L x microorganismos/ 10 L) con resultados de 63.8 días de floración final. Rendimiento de turiones, con productos de la clave: m<sub>2</sub> (Microorganismo / 10.0 L) con resultados de 8,967 kg/ha. Seguido de las interacciones F<sub>0</sub>m<sub>2</sub>(Fertilev / 0.01 x microorganismos / 10.0 L) y F<sub>1</sub>m<sub>2</sub> (Fertilev/ 1.0 L x microorganismos / 10.0 L), con resultados de 9,178 y 9,033 kg/ha de turiones.
- 5.3 Solamente en las pruebas de “DUNCAN” para altura de planta, aparición de brotes y del inicio de floración, no se registraron diferencias significativas.
- 5.4 Los productos de las interacciones F<sub>0</sub>m<sub>2</sub> (Fertilev / 0.0 L x microorganismos / 10.0 L) y F<sub>2</sub>m<sub>2</sub> (Fertilev/2.0 L x microorganismos / 10.0L) fueron los que rindieron los mejores beneficios económicos, con resultados de 31,090 y 30,209 soles de ingresos netos por hectárea.
- 5.5 Los niveles de Cd superan los niveles máximos permisibles y los niveles de Pb, Zn y Cr son inferiores a los niveles máximos permisibles establecidos por la ECA. Los niveles de Cd en los turiones de espárrago supera la norma nacional e internacional que es de 0.03 mg/kg. mostrando niveles de plomo, zinc y cromo que exceden los límites permitidos, estando contaminados los turiones
- 5.6 Mediante el uso de métodos de tratamiento se pueden reducir las concentraciones de cadmio en el suelo y en los brotes de espárrago (*Asparagus officinalis* L.), y los resultados obtenidos de estudios sobre contaminación por cadmio indican que este efecto es beneficioso porque se reducen sus niveles en el suelo y en los brotes.

## VI. RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones que se ha logrado, podemos proporcionar las siguientes propuestas:

- 6.1. Repetir el presente experimento, con la finalidad de ratificar o rectificar los resultados obtenidos.
- 6.2 En próximos trabajos incluir evaluaciones de niveles de daños de insectos y enfermedades y su incidencia en los rendimientos del híbrido en estudio.
- 6.3 Recomendar por el momento los productos Fertilev y microorganismos sobresalientes del presente ensayo.
- 6.4 Continuar con el cultivo de espárrago por ser todavía una alternativa económica para todos los pequeños agricultores de la Región Agraria Ica. La calidad del turión se mejora por los métodos de remediación o práctica agronómica; reduce los niveles de cadmio en el suelo, pero sigue siendo altamente contaminado, por lo que se propone realizar más pruebas o ensayos con la finalidad de lograr mantener los niveles de concentración de este metal pesado dentro de los niveles permisibles, sabiendo que la reducción es a largo plazo.
- 6.5 Monitorear y realizar análisis adicionales de metales pesados para comprender el estado de contaminación del suelo y los cultivos, y desarrollar gradualmente métodos para eliminar las concentraciones de cadmio y otros metales pesados en el suelo y en otros cultivos, ya que no se ha probado que esta reducción de concentraciones, especialmente en el suelo, sea duradera.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Midagri. Espárragos. [On Line] Disponible en: <https://www.midagri.gob.pe/portal/28-sector-agrario/esparragos>. 2006
- [2] J. Arocha. 2022.25.04. ¿Qué hay detrás del rechazo de Europa al ingreso de alimentos peruanos?  
[On Line] Disponible en: <https://es-us.finanzas.yahoo.com/noticias/rechazo-europa-ingreso-alimentos-peruanos-164537691.html>
- [3] Ojo Público. 2022.03.04. Unión Europea rechaza ingreso de alimentos peruanos con metales pesados y plaguicidas. [On Line] Disponible en: <https://ojo-publico.com/ambiente/ue-detecta-alimentos-peruanos-metales-pesados-y-plaguicidas>
- [4] V. Almeyda. “Efecto de la Aplicación de Fertilizantes, Fosfatados en la Contaminación por el Cadmio de Suelos Agrícolas de la Zona Baja del Valle de Ica”. Tesis para optar el Grado de Doctor en Gestión Ambiental. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”. Escuela de Posgrado. doctorado en Gestión Ambiental. 2019. Ica – Perú.
- [5] J. Garcilazo. “Evaluación de la contaminación por cadmio en el cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis*) CV. UC 157-F1- en campo de pequeños agricultores en la zona de Santiago- La Venta con énfasis en el cadmio en turiones”. Tesis: para optar el grado de Doctor en Gestión Ambiental. Universidad Nacional San Luis Gonzaga. Escuela de Posgrado, Doctorado en Gestión Ambiental. Ica – Perú. 2021.
- [6] S. Pabón, R. Benítez, R. Sarria-Villa y J. Gallo. “Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción”. Una revisión, Entre Ciencia e Ingeniería, vol. 14, no. 27, pp. 9-18, enero-junio 2020. DOI: <https://doi.org/10.31908/19098367.1734>.
- [7] Gobierno de la Rioja. Salud y metales pesados. 2016. [On Line]. Disponible en: <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire/calidad-aire/red-biomonitorización-Metales-pesados-rioja/salud-metales-pesados>
- [8] L. Martí, M. Filippini, A. Bermejillo, S. Troilo, C. Salcedo y A. Valdés. “Monitoreo de cadmio y plomo en los principales fungicidas cúpricos comercializados en Mendoza, Argentina”. Rev. FCA UNCuyo. Tomo XLI. N°2. Año 2009. 109-116 Disponible en: [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/3185/t41-2-08-marti.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/3185/t41-2-08-marti.pdf)

- [9] C. Perdomo, "Calidad de las aguas y su relación con los sistemas agrícolas". Ingeniería Agrícola. 15:87-95.2005. [On Line]. Disponible en:  
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
- [10] M. Baur. Pollution, Encyclopedia of Physical Science and Technology, 3.<sup>a</sup> edición, Elsevier, Environmental Science Chapter. Medioambientales, Universidad de California, Los Ángeles. 2004.
- [11] Portal Frutícola. 2020.10.01. "Fisiología del efecto de la sequía en las plantas". Disponible en <https://www.portalfruticola.com/noticias/2020/01/10/fisiologia-del-efecto-de-la-sequia-en-las-plantas/>
- [12] N. Rodríguez, M. McLaughlin y D. Pennock. La contaminación del suelo: una realidad oculta Roma, FAO.
- [13] Diario oficial El Peruano. 2021-25-07. Decreto Supremo que aprueba la Política Nacional del Ambiente al 2030. DECRETO SUPREMO N°023-2021-MINAM. Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/dispositivo/NL/1976351-2>
- [14] J. Pineda. s/f. Qué son los Suelos Francos o Suelos Mixtos. En Colombia. [On Line]. Disponible en: <https://encolombia.com/economia/agroindustria/agronomia/suelos-francos/>
- [15] A. Cruzado. s/f. Cultivo de Hortalizas. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Innovación. Agraria. [On Line]. Disponible en:  
[https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/oficina\\_apoyo\\_enlace/presenta-hortalizas-minag.pdf](https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/direccionesyoficinas/oficina_apoyo_enlace/presenta-hortalizas-minag.pdf)
- [16] X. Hao, C. Chang, G.R. Travis, & F. Zhang. 2003. Soil carbon and nitrogen response to 25 annual cattle manure applications. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 166(2): 239-245. <https://doi.org/10.1002/jpln.200390035>
- [17] N. Charrupi y D. Martínez. "Estudio ambiental del cadmio y su relación con suelos destinados al cultivo de cacao en los departamentos de Arauca y Nariño". Universidad de La Salle. Ingeniería Ambiental y Sanitaria Facultad de Ingeniería. 2017. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/718](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/718)
- [18] T. Higa y F. Jame. "Manual de aplicación del EM para los países del Apnan (Red de agricultura natural del Asia/Pacífico)". Segunda edición - Tucson, Arizona. 18 pág. 1996.
- [19] J. Casteblanco. "Técnicas de Remediación de Metales Pesados con Potencial Aplicación en el Cultivo de Cacao". Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia UPTC. Tunja, Tunja, Boyacá, Colombia. LA GRANJA: Revista de Ciencias de la Vida. Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador. 2018.

- [20] Y. Sapaico. “Efecto de la cal, materia orgánica y EM en el contenido de cadmio de un suelo contaminado en el centro poblado de Huancaní, distrito de Leonor Ordoñez provincia de Jauja - 2019”. Para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Continental. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. Huancayo, 2020.
- [21] E. Galán y A. Romero. Conferencia Contaminación de Suelos por Metales Pesados. Revista de la sociedad española de mineralogía. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Apartado 553. Universidad de Sevilla. Sevilla 41071macla. nº 10. noviembre 2008.
- [22] G. Sánchez. “Ecotoxicología del cadmio. Riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio”. Trabajo Fin de Grado. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense. Junio 2016.
- [23] G. Alcaino. “Análisis y Comparación de Tecnologías de Remediación para Suelos Contaminados con Metales”. Tesis para optar al Título de Ingeniero Civil Químico e Ingeniero Civil en Biotecnología. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Química y Biotecnología. Santiago de Chile. 2012.
- [24] M. Beltrán y A. Gómez. Biorremediación de Metales Pesados Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Mercurio (Hg). Mecanismos Bioquímicos e Ingeniería Genética: Una Revisión. Universidad de Boyacá. Departamento de Biología y Microbiología. Grupo de investigación Gestión Ambiental. Colombia. 2016.
- [25] Comisión del Codex Alimentarius. Anteproyecto de código de prácticas para la prevención y la reducción de la contaminación por cadmio en los granos de cacao. Programa Conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del Codex sobre contaminantes de los alimentos Décima cuarta reunión Utrecht (Países Bajos), 20-24 de abril de 2020
- [26] M. Melgarejo. “Efecto de los microorganismos Eficientes en la Actividad Fitoextractora de *Helianthus annuus* L. en Suelos Contaminados con Metales Pesados por Minería en Samne.”. Tesis para optar el Título de Ingeniera Ambiental. Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería. Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental. Trujillo Perú 2018.
- [27] Ma. del Carmen González-Chávez. “Recuperación de suelos contaminados con metales pesados utilizando plantas y microorganismos rizosféricos”. *Terra Latinoamericana*,

vol. 23, núm. 1, 2005, págs.29-37.Redalyc,  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57323104>

- [28] R. Munive. “Recuperación de Suelos Degradados por Contaminación con Metales Pesados en el Valle del Mantaro mediante Compost de Stevia y Fitorremediación”. Tesis para optar el grado de Doctoris Philosophiae en Ingeniería y Ciencias Ambientales. Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado. Doctorado en Ingeniería y Ciencias Ambientales. Lima – Perú. 2018.
- [29] S. Montenegro, S. Pulido y L. Calderón. “Prácticas de biorremediación en suelos y aguas”. UNAD. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas Pecuarias y del Medio Ambiente. DOI: <https://doi.org/10.22490/notas.3451> Bogotá D.C. 2019.

## **VIII. ANEXOS**

**8.1 Matriz de consistencia**

**8.2 Instrumentos de recolección de información**

**8.3 Otros**

**8.4 Fotos del Proceso**

## 8.1 Matriz de Consistencia

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>	<b>Independiente</b>		
¿Cómo influye el uso de contaminantes, como los fertilizantes fosfatados, agroquímicos, etc. en la concentración de metales pesados y evaluar la remediación de la contaminación del suelo por el Cadmio, plomo, arsénico y mercurio?	Evaluar el efecto de los microorganismos eficientes en la actividad remediadora en suelos contaminados con metales pesados para reducir la concentración y/o niveles en el suelo y en los turiones en el cultivo de espárrago.	El suelo y los turiones de espárrago pueden tener altas concentraciones de metales pesados y si el empleo de microorganismos eficientes como remediadores del suelo pueden disminuir la contaminación del suelo y los turiones de espárrago.	Concentración de metales pesados (Cd, Hg, Pb y As). (x1)	-Análisis de suelo -Análisis de turiones	Espectrofotómetro de Absorción Atómica.
<b>Específico</b>	<b>Específico</b>	<b>Específico</b>	<b>Dependiente</b>		
¿Cuál es la concentración de los metales pesados en el suelo y los turiones de espárrago como vía de riesgo en la salud humana, contaminados por los fertilizantes fosfatados y los agroquímicos en la zona baja del valle de Ica? ¿Los fertilizantes y los agroquímicos utilizados por el Fundo Don Víctor en la producción de espárragos que afectan al suelo, los turiones y si el uso de productos remediadores del suelo favorece su calidad?	Realizar un análisis del suelo y turiones para determinar la presencia de metales pesados (Pb, Cd, Hg y As) pre y post del tratamiento. Mejora de la aptitud del suelo. Mejora de la calidad de los turiones. Disminuir la concentración y/o niveles de los metales pesados en el suelo y turiones., en la zona baja del valle de Ica.	Los microorganismos eficientes tienen efecto en la remediación del suelo contaminado con metales pesados por la aplicación de químicos y/o minerales como los fosfatos que contaminan el suelo y pueden alcanzar niveles de concentración que exceden los Límites Máximos Permisibles según el Codex Alimentarius, la OMS/FAO y la Norma Peruana.	Análisis del suelo y los turiones (y1)	Concentración de metales pesados en el suelo y los turiones de espárrago.	Resultados de los análisis del laboratorio  Interpretaciones en base a Normas de residuos permisibles  Tablas ya elaboradas

## **8.2 Instrumentos de recolección de información**

Como instrumentos de recolección de información, se tomó en cuenta lo siguiente:

- La observación directa descriptiva, es decir, indicamos cómo son los sucesos durante el desarrollo del ensayo y nos sirve para comprender antes de intervenir de ninguna manera. También se comprende como la selección y clasificación mental, como ordenamos lo que percibimos.
- Asimismo, el trabajo documental, estará centrado en la revisión de libros, revistas y otros documentos que tengan relación con nuestra investigación. También, utilizamos las informaciones obtenidas a través del Internet.
- La observación permitió la recolección de Datos

Debido a la poca información a nivel local, se recopiló información de los docentes investigadores, de las tesis de pregrado, maestría y doctorado, del asesor y de las empresas comercializadoras de productos agrícolas.

### **Instrumentos**

El usado fue la observación, se recolecto datos específicos sobre el tema investigado, que nos permitió utilizarla en la interpretación y desarrollo del informe final.

Con respecto a los análisis del suelo y turiones, estos fueron de fuentes de información secundaria, análisis reportados por el laboratorio del Instituto Rural Valle Grande, donde se realizaron los análisis del metal pesado cadmio estudiado en los órganos de la planta.

Los resultados del laboratorio, son de garantía y confiables, válidos y objetivos, por ser uno de los laboratorios acreditados y eso nos permite afirmar que hay confiabilidad en los datos obtenidos.

Los resultados se interpretaron de acuerdo a los valores establecidos en los Estándares de Calidad Ambiental, dispuesto por el D.S N ° 011 - 2017 – MINAM y el Reglamento N° 488/2014 establecida por la Unión Europea.



SOLICITANTE : ORLANDO BALBIN CARDENAS  
PREDIO : TESISTA CARLOS HUALLANCA  
MATRIZ : SUELO AGRICOLA

ANÁLISIS N° : 216-015 -2023  
LUGAR : ICA  
FECHA DE RECEP. : 07/02/2023

INFORME DE ANÁLISIS DE SUELO - SALINIDAD  
MUESTRA : M1 - FUNDO IVAN - PROP. IVAN ZEVALLOS - 0-30cm

PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
<b>Textura</b>				
Arena	48.01	%		
Limo	31.66	%		
Arcilla	20.33	%	MES - 001	Bouyoucos
Clase Textural	FRANCO			
Porcentaje de Saturación de Agua	43.74	%	MES - 002	Gravimétrico
Carbonato de Calcio Total	1.05	%	MES - 003	Gravimétrico
Conductividad Eléctrica (E.S) a 25 °C.	11.98	dS / m	MES - 004	Electrométrico
pH (1/1) a Temp 26 °C	7.40		MES - 005	Electrométrico
Fósforo Disponible	14.82	ppm	MES - 006	Olsen
Materia Orgánica	1.10	%	MES - 007	Walkley y Black
Nitrógeno Total	0.06	%	MES - 008	Kjeldahl
Potasio Disponible	294.40	ppm	MES - 009	Acetato de Amonio
<b>Cationes Cambiables</b>				<b>Extractante:Ac. Amonio</b>
Calcio	10.66	mEq / 100 g	MES - 010	FAAS
Magnesio	1.53	mEq / 100 g	MES - 011	FAAS
Sodio	0.08	mEq / 100 g	MES - 012	FAAS
Potasio	0.65	mEq / 100 g	MES - 013	FAAS
P.S.I	0.60	%	MES - 015	Cálculo Matemático
C.I.C.E	12.92	mEq / 100 g	MES - 017	Cálculo Matemático
<b>Sales Disueltas</b>				
Cloruro	101.35	mEq / L	SM 4500 CL - B	Argentométrico
Sulfato	30.66	mEq / L	EPA 375.4	Turbidimétrico
Nitrato	5.31	mEq / L	MEA - 001	Colorimétrico
Carbonato	< 0.02	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Bicarbonato	2.13	mEq / L	SM 2320 B	Volumétrico
Calcio	78.10	mEq / L	EPA 215.1	FAAS
Magnesio	16.80	mEq / L	EPA 242.1	FAAS
Sodio	37.84	mEq / L	EPA 273.1	FAAS
Potasio	2.31	mEq / L	EPA 258.1	FAAS
Boro	1.12	ppm (*)	ISO 9390 1990	Colorimétrico

**DOMIC:**

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 : Standard 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 : ORLANDO BALBIN CARDENAS  
 PREDIO : TESISISTA CARLOS HUALLANCA  
 FECHA DE INICIO : 09/02/2023  
 FECHA FINAL : 27/02/2023  
 MATRIZ : SUELO AGRICOLA

CÓDIGO DE MUESTRA : 216-015 -2023  
 MUESTREADO POR : CLIENTE  
 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA  
 FECHA DE INGRESO : 07/02/2023  
 FECHA DE EMISIÓN : 03/03/2023

**INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS**  
**MUESTRA : M1 - FUNDO IVAN - PROP. IVAN ZEVALLOS - 0-30cm**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total ( Pb )	25.480	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total ( Cd )	1.660	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total ( Cr )	14.100	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc Total ( Zn )	84.300	mg / Kg	MFES - 076	CVAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo ( Pb )	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio ( Cd )	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo ( Cr )	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc ( Zn )	0.007	mg / Kg	MFES - 076	FAAS

**Donde:**

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
 HGAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Generador de Hidruros  
 CVAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Vapor Frio  
 MFES : Metodo 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



SOLICITANTE : ORLANDO BALBIN CARDENAS  
 PREDIO : TESISTA CARLOS HUALLANCA  
 FECHA DE INICIO : 09/02/2023  
 FECHA FINAL : 27/02/2023  
 MATRIZ : RAICES DE ESPARRAGO

CÓDIGO DE MUESTRA : 216-01F-2023  
 MUESTREADO POR : CLIENTE  
 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA  
 FECHA DE INGRESO : 07/02/2023  
 FECHA DE EMISIÓN : 03/03/2023

**INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS**

**MUESTRA : MUESTRA N. 01 - CULT. RAICES DE ESPARRAGO EN COSECHA - UC 115 F1 - FDO. DON IVAN**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	2.02	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	3.26	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	1.35	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc Total (Zn)	16.18	mg / Kg	MFES - 076	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc (Zn)	0.001	mg / Kg	MFES - 076	HGAAS

**Donde:**

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
 MFES : Metodo 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



SOLICITANTE : ORLANDO BALBIN CARDENAS  
 PREDIO : TESISTA CARLOS HUALLANCA  
 FECHA DE INICIO : 09/02/2023  
 FECHA FINAL : 27/02/2023  
 MATRIZ : TURIONES DE ESPARRAGOS

CÓDIGO DE MUESTRA : 216-03F -2023  
 MUESTREADO POR : CLIENTE  
 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA  
 FECHA DE INGRESO : 07/02/2023  
 FECHA DE EMISIÓN : 03/03/2023

**INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS**

**MUESTRA : MUESTRA N. 01 - CULT. TURIONES DE ESPARRAGOS EN COSECHA - UC 115 F1 - FDO. DON IVAN**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	3.02	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	1.74	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	1.10	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc Total (Zn)	61.50	mg / Kg	MFES - 076	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc (Zn)	0.001	mg / Kg	MFES - 076	HGAAS

**Donde:**

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
 MFES : Metodo 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



SOLICITANTE : ORLANDO BALBIN CARDENAS  
PREDIO : TESISTA CARLOS HUALLANCA  
FECHA DE INICIO : 8/06/2023  
FECHA FINAL : 21/06/2023  
MATRIZ : SUELO

CÓDIGO DE MUESTRA : 614-015 -2023  
MUESTREADO POR : CLIENTE  
TIPO DE MUESTRA : SOLIDA  
FECHA DE INGRESO : 6/06/2023  
FECHA DE EMISIÓN : 21/06/2023

**INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS**

MUESTRA : MUESTRA N. 01 - CULT. ESPARRAGO EN COSECHA - UC 115 F1 - FDO. DON IVAN

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	23.88	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	1.36	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	12.03	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc Total (Zn)	97.75	mg / Kg	MFES - 076	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc (Zn)	0.001	mg / Kg	MFES - 076	HGAAS

**Donde:**

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
MFES : Metodo 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



SOLICITANTE : ORLANDO BALBIN CARDENAS  
 PREDIO : TESISTA CARLOS HUALLANCA  
 FECHA DE INICIO : 8/06/2023  
 FECHA FINAL : 21/06/2023  
 MATRIZ : RAICES DE ESPARRAGO

CÓDIGO DE MUESTRA : 614-01F-2023  
 MUESTREADO POR : CLIENTE  
 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA  
 FECHA DE INGRESO : 6/06/2023  
 FECHA DE EMISIÓN : 21/06/2023

**INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS**

**MUESTRA : MUESTRA N. 02 - CULT. RAICES DE ESPARRAGO EN COSECHA - UC 115 F1 - FDO. DON IVAN**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total ( Pb )	2.54	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total ( Cd )	4.56	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total ( Cr )	2.75	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc Total ( Zn )	20.10	mg / Kg	MFES - 076	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo ( Pb )	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio ( Cd )	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo ( Cr )	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc ( Zn )	0.001	mg / Kg	MFES - 076	HGAAS

**Donde:**

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
 MFES : Metodo 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



SOLICITANTE : ORLANDO BALBIN CARDENAS  
 PREDIO : TESISTA CARLOS HUALLANCA  
 FECHA DE INICIO : 08/06/2023  
 FECHA FINAL : 21/06/2023  
 MATRIZ : TURIONES DE ESPARRAGOS

CÓDIGO DE MUESTRA : 614-02F-2023  
 MUESTREADO POR : CLIENTE  
 TIPO DE MUESTRA : SOLIDA  
 FECHA DE INGRESO : 6/06/2023  
 FECHA DE EMISIÓN : 21/06/2023

**INFORME DE ANÁLISIS - METALES PESADOS**

MUESTRA : MUESTRA N. 02 - CULT. TURIONES DE ESPARRAGOS EN COSECHA - UC 115 F1 - FDO. DON IVAN

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo Total (Pb)	2.82	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio Total (Cd)	1.44	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo Total (Cr)	1.01	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc Total (Zn)	66.50	mg / Kg	MFES - 076	HGAAS

Los resultados están expresados en muestra seca.

**LIMITES DE CUANTIFICACIÓN :**

PARÁMETROS	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	TÉCNICA
Plomo (Pb)	0.067	mg / Kg	MFES - 070	FAAS
Cadmio (Cd)	0.005	mg / Kg	MFES - 071	FAAS
Cromo (Cr)	0.067	mg / Kg	MFES - 072	FAAS
Zinc (Zn)	0.001	mg / Kg	MFES - 076	HGAAS

**Donde:**

FAAS : Espectrometría de Absorción Atómica por Llama  
 MFES : Metodo 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

### 8.3 Otros

#### **Fertilev**

Definido como un bioestimulante agrícola, con concentración de levaduras, que tienen la capacidad de inmovilizar cadmio en el suelo.

Es un reductor de cadmio en cacao a base de levaduras ambientales, las cuales han demostrado que pueden disminuir la absorción de cadmio en 30% y que hace posible mantener la oferta exportadora a la Unión Europea debido a la regulación exigida en relación a los elementos tóxicos.

El cadmio es un elemento tóxico que puede acumularse en los cultivos, especialmente en los suelos con altos niveles de este elemento. En el caso del cacao, el cadmio puede llegar a niveles que superan los límites establecidos por la Unión Europea para la exportación de este producto. Fertilev ha demostrado ser eficaz en la reducción de la absorción de cadmio por parte del cacao. En un estudio realizado en la Universidad Nacional Agraria La Molina, se encontró que la aplicación de Fertilev a los cultivos de cacao redujo la absorción de cadmio en un 30%. Este resultado es importante, ya que permite a los productores de cacao de Ica, Perú, mantener la oferta exportadora a la Unión Europea.

El uso de Fertilev es simple. Se debe aplicar al suelo al momento de la siembra o del trasplante, a una dosis de 50 gramos por planta. Se puede aplicar de forma manual o mecánica.

Fertilev es un producto seguro y respetuoso con el medio ambiente. No contiene ningún elemento químico y no tiene efectos adversos sobre los cultivos.

Los beneficios de Fertilev son los siguientes:

Reduce la absorción de cadmio por parte del cacao, lo que permite mantener la oferta exportadora a la Unión Europea.

Mejora la salud y el rendimiento de los cultivos de cacao.

Es un producto seguro y respetuoso con el medio ambiente.

#### **Microorganismos eficientes EM 1**

Microorganismos efectivos o eficientes conocidos por su sigla en inglés –EM 1–, es una mezcla de tres grupos de microorganismos totalmente natural, los cuales se encuentran generalmente en los suelos y en los alimentos.

El EM 1 contiene:

- Lactobacillus, similares a los usados para fabricar yogur y quesos.
- Levaduras, similares a las empleadas para elaborar pan, vinos y cerveza.

- Bacterias Fototróficas o Fotosintéticas, poblaciones habituales de los suelos y de las raíces de las plantas.

Microorganismos, que no son tóxicos, ni nocivos, ni genéticamente modificados por el hombre; al contrario, son naturales, benéficos y altamente eficaces.

El hallazgo del Dr. Higa consistió en que, estos tres grupos lograran coexistir, efectuando una combinación, cuyo efecto es sinérgico, es decir que la –tarea en equipo– es superior a la suma de sus miembros individuales.

Los Microorganismos Eficientes EM 1 son un inoculante biológico para las plantas elaborado a base de microorganismos con acción simbiótica, para promover el crecimiento de las plantas y prevenir la presencia de plagas y enfermedades.

Están presentes en la naturaleza, son levaduras, bacterias ácido-lácticas y fotosintéticas, que juntas aceleran la descomposición natural de materia orgánica, mejorando las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo.

Los beneficios de los Microorganismos Eficientes EM 1 para las plantas son los siguientes: Mejoran la fertilidad del suelo: aceleran la descomposición de la materia orgánica, liberando nutrientes que las plantas pueden absorber.

Mejoran la salud de las plantas: estimulan el crecimiento de las raíces, mejorando la absorción de agua y nutrientes.

Reducen el riesgo de plagas y enfermedades: crean un ambiente desfavorable para el desarrollo de patógenos.

Los Microorganismos Eficientes EM 1 se pueden aplicar a cualquier tipo de cultivo, tanto en el campo como en la agricultura urbana. Se pueden aplicar al suelo, a las hojas o al agua de riego.

La dosis de aplicación depende del tipo de cultivo y de las condiciones del suelo. En general, se recomienda aplicar 1 litro de EM 1 por cada 1000 litros de agua de riego.

Los Microorganismos Eficientes EM 1 son un producto seguro y respetuoso con el medio ambiente. No contienen ningún elemento químico y no tienen efectos adversos sobre las plantas o los seres humanos.

En el caso específico de Ica, los Microorganismos Eficientes EM 1 se han utilizado con éxito en el cultivo de cacao. En un estudio realizado por la Universidad Nacional Agraria La Molina, se encontró que la aplicación de EM 1 a los cultivos de cacao aumentó el rendimiento en un 15% y redujo la incidencia de enfermedades en un 20%.

Los Microorganismos Eficientes EM 1 son una herramienta valiosa para los agricultores de Ica, Perú, ya que les permiten mejorar la productividad de sus cultivos de forma sostenible.

Anexos del análisis estadístico.

Anexo 1

Factorial 3F x 3 m/ Tabulación de Datos / Cultivo espárrago / Variable: Altura de planta (m).

F m Rep	F <sub>0</sub>				F <sub>1</sub>				F <sub>2</sub>				Total Rep
	m <sub>0</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	SubTotal	m <sub>0</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	SubTotal	m <sub>0</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	Subtotal	
I	1.72	1.74	1.82	5.28	1.80	1.72	1.83	5.35	1.76	1.70	1.72	5.18	15.81
II	1.80	1.70	1.80	5.30	1.82	1.80	1.74	5.36	1.72	1.64	1.73	5.09	15.75
III	1.65	1.72	1.70	5.07	1.62	1.82	1.65	5.09	1.80	1.78	1.69	5.27	15.43
IV	1.82	1.79	1.74	5.35	1.68	1.65	1.78	5.11	1.72	1.70	1.70	5.12	15.58
Total comb. F.m.	6.99	6.95	7.06	21.00	6.92	6.99	7.00	20.91	7.00	6.82	6.84	20.66	62.57
$\bar{x}$	1.745 5	1.74 6	1.76 1	-	1.730 7	1.750 8	1.750 2	-	1.750 4	1.705 9	1.710 8	-	1.738 $\bar{x}_G$
F	$F_0 = 21.00 / 12 =$			1.750 2	$F_1 = 20.91 / 12 =$			1.888 1	$F_2 = 20.66 / 12 =$			1.722 8	
M	$M_0 = 20.91 / 12 =$			1.743 1	$M_1 = 20.76 / 12 =$			1.730 3	$M_2 = 20.90 / 12 =$			1.742 2	

**Anexo 2**  
**Factorial 3F x 3 m/ Tabulación de Datos / Cultivo espárrago**  
**Variable: Número de tallos por planta (Unid).**

F m Rep	m <sub>0</sub>	F <sub>0</sub> m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	SubTotal	m <sub>0</sub>	F <sub>1</sub> m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	SubTotal	m <sub>0</sub>	F <sub>2</sub> m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	Subtotal	Total Rep
I	23	22	32	77	21	24	27	72	24	29	30	83	232
II	26	27	30	83	26	28	29	83	31	27	24	82	248
III	24	27	23	79	30	31	28	89	20	23	27	70	238
IV	28	31	32	91	30	27	26	83	26	24	21	71	245
Total comb. F.m.	101	107	122	330	107	110	110	327	101	103	102	306	963
$\bar{x}$	25.2 8	26.7 4	30.5 1	-	26.7 5	27.5 2	27.5 3	-	25.2 9	25.7 6	25.5 7	-	26.75 $\bar{x}$
F		F <sub>0</sub> = 330 / 12 =		27.5 1		F <sub>1</sub> = 20.91 / 12 =		27.2 2		F <sub>2</sub> = 20.66 / 12 =		25.5 3	
M		M <sub>0</sub> = 309 / 12 =		27.9 1		M <sub>1</sub> = 20.76 / 12 =		26.6 3		M <sub>2</sub> = 20.90 / 12 =		27.8 2	

Anexo 3

Factorial 3F x 3 m/ Tabulación de Datos / Cultivo espárrago

Variable: 'Aparición de brotes (días).

Rep	F	F <sub>0</sub>			F <sub>1</sub>			F <sub>2</sub>			Total Rep			
	m	m <sub>0</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	SubTotal	m <sub>0</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	SubTotal	m <sub>0</sub>		m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	Subtotal
I		5	6	5	16	6	6	6	18	7	6	6	19	53
II		6	5	5	16	5	5	6	16	5	6	6	17	49
III		6	6	5	17	5	6	5	16	5	6	5	16	49
IV		6	5	6	17	5	6	5	16	6	7	5	18	51
Total comb. F.m.		23	22	21	66	21	23	22	66	23	25	22	70	202
$\bar{x}$		5.7 <sub>2</sub>	5.5 <sub>5</sub>	5.2 <sub>8</sub>	-	5.2 <sub>9</sub>	5.7 <sub>3</sub>	5.5 <sub>6</sub>	-	5.7 <sub>4</sub>	6.2 <sub>1</sub>	5.5 <sub>7</sub>	-	5.61 <sub>3</sub>
F			F <sub>0</sub> = 66 / 12 =		5.5 <sub>2</sub>		F <sub>1</sub> = 66 / 12 =		5.5 <sub>3</sub>		F <sub>2</sub> = 70 / 12 =		5.8 <sub>1</sub>	
M			M <sub>0</sub> = 67 / 12 =		5.6 <sub>2</sub>		M <sub>1</sub> = 70 / 12 =		5.8 <sub>1</sub>		M <sub>2</sub> = 65 / 12 =		5.4 <sub>3</sub>	

**Anexo 4**

**Factorial 3F x 3 m/ Tabulación de Datos / Cultivo espárrago**

**Variable: Inicio de Floración (días).**

<b>Rep</b> \ <b>F m</b>	<b>m<sub>0</sub></b>	<b>F<sub>0</sub></b> <b>m<sub>1</sub></b>	<b>m<sub>2</sub></b>	<b>SubTotal</b>	<b>m<sub>0</sub></b>	<b>F<sub>1</sub></b> <b>m<sub>1</sub></b>	<b>m<sub>2</sub></b>	<b>SubTotal</b>	<b>m<sub>0</sub></b>	<b>F<sub>2</sub></b> <b>m<sub>1</sub></b>	<b>m<sub>2</sub></b>	<b>Subtotal</b>	<b>Total Rep</b>
I	49	50	52	151	48	49	50	147	52	50	51	153	451
II	50	51	52	153	52	50	48	150	51	50	52	153	456
III	50	48	49	147	52	50	50	152	52	51	51	154	453
IV	51	49	50	150	48	50	52	150	52	50	50	52	452
Total comb. F.m.	200	198	203	601	200	199	200	599	207	201	204	612	1812
$\bar{x}$	50 <sub>5</sub>	49.5 <sub>9</sub>	50.7 <sub>3</sub>	-	50 <sub>6</sub>	50 <sub>7</sub>	50 <sub>8</sub>	-	56.7 <sub>1</sub>	50.2 <sub>4</sub>	51.0 <sub>2</sub>	-	5.61 <sub>3</sub>
F		F <sub>0</sub> = 601 / 12 =		50.1 <sub>2</sub>		F <sub>1</sub> = 599 / 12 =		49.9 <sub>3</sub>		F <sub>2</sub> = 612 / 12 =		51.0 <sub>1</sub>	
M		M <sub>0</sub> = 607 / 12 =		50.6 <sub>1</sub>		M <sub>1</sub> = 598 / 12 =		49.8 <sub>3</sub>		M <sub>2</sub> = 607 / 12 =		50.6 <sub>2</sub>	

Anexo 5

Factorial 3F x 3 m/ Tabulación de Datos / Cultivo espárrago

Variable: Final de Floración (días).

Rep	F	F <sub>0</sub>				F <sub>1</sub>				F <sub>2</sub>				Total Rep
	m	m <sub>0</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	SubTotal	m <sub>0</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	SubTotal	m <sub>0</sub>	m <sub>1</sub>	m <sub>2</sub>	Subtotal	
I		62	64	63	189	64	65	64	193	63	65	63	191	573
II		64	65	62	191	63	62	64	189	64	63	63	190	570
III		60	64	62	186	63	64	65	192	62	64	64	190	568
IV		55	60	58	173	60	59	62	181	60	60	62	182	536
Total comb. F.m.		241	253	245	739	250	250	255	755	249	252	252	753	2247
$\bar{x}$		60.3 <sub>9</sub>	63.3 <sub>2</sub>	61.3 <sub>8</sub>	-	62.5 <sub>5</sub>	62.5 <sub>6</sub>	63.8 <sub>1</sub>	-	62.3 <sub>7</sub>	63.0 <sub>3</sub>	63.0 <sub>4</sub>	-	62.4 <sub>3</sub>
F			F <sub>0</sub> = 739 / 12 =		61.6 <sub>3</sub>		F <sub>1</sub> = 755 / 12 =		62.9 <sub>1</sub>		F <sub>2</sub> = 612 / 12 =		62.8 <sub>2</sub>	
M			M <sub>0</sub> = 740 / 12 =		61.7 <sub>3</sub>		M <sub>1</sub> = 755 / 12 =		62.9 <sub>1</sub>		M <sub>2</sub> = 607 / 12 =		62.7 <sub>2</sub>	

**Anexo 6**  
**Factorial 3F x 3 m/ Tabulación de Datos / Cultivo espárrago**  
**Variable: Rendimiento de turiones (días).**

<b>F</b>	<b>F<sub>0</sub></b>				<b>F<sub>1</sub></b>				<b>F<sub>2</sub></b>				<b>Total Rep</b>
<b>m</b>	<b>m<sub>0</sub></b>	<b>m<sub>1</sub></b>	<b>m<sub>2</sub></b>	<b>SubTotal</b>	<b>m<sub>0</sub></b>	<b>m<sub>1</sub></b>	<b>m<sub>2</sub></b>	<b>SubTotal</b>	<b>m<sub>0</sub></b>	<b>m<sub>1</sub></b>	<b>m<sub>2</sub></b>	<b>Subtotal</b>	
<b>Rep</b>													
I	8.16	7.10	8.25	23.51	8.20	7.20	6.90	22.30	8.10	8.10	8.00	24.20	70.01
II	8.30	8.20	8.10	24.60	8.10	8.2	82.3	24.54	6.69	7.40	8.30	22.39	71.53
III	6.70	7.20	8.30	22.20	7.40	8.25	8.20	23.85	7.40	8.20	8.10	23.70	69.75
IV	6.60	7.20	8.40	22.20	6.70	7.20	8.00	21.90	8.10	7.20	8.10	23.40	67.50
Total comb. F.m.	29.76	29.70	33.05	92.51	30.40	30.86	31.33	92.59	30.29	30.70	32.50	93.69	278.79
$\bar{x}$	7.4 <sub>8</sub>	7.43 <sub>9</sub>	8.26 <sub>1</sub>	-	7.60 <sub>6</sub>	7.72 <sub>5</sub>	7.83 <sub>3</sub>	-	7.57 <sub>7</sub>	7.73 <sub>4</sub>	8.13 <sub>2</sub>	-	7.744 <sub>5</sub>
F		F <sub>0</sub> = 92.51 / 12=			7.71 <sub>3</sub>	F <sub>1</sub> = 92.59/ 12=			7.72 <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> = 93.69 / 12=			7.81 <sub>1</sub>
M		M <sub>0</sub> = 90.45 / 12=			7.54 <sub>3</sub>	M <sub>1</sub> = 91.46/ 12=			7.62 <sub>2</sub>	M <sub>2</sub> = 96.88 / 12=			8.07 <sub>1</sub>

#### 8.4 Fotos del proceso del ensayo

*Realizando la extracción de la muestra para el análisis de suelo*



*El Sr. Iván Zevallos Almanza apoyando en la toma de muestra de suelo y raíces*



*Riego por gravedad con agua de avenida para desplazar el cadmio a capas más profundas*

