



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Efecto de fertilizantes químicos en la biodisponibilidad de metales pesados, para cultivo del Ajo, en suelos agrícolas de Chilina y Valle de Tambo

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA:

Quispe Quispe, Arleth Yajaira (ORCID: 0000-0003-1749-7466)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (ORCID: 0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

Mi tesis se la dedico a Dios, por permitirme dedicar este trabajo a los seres que más amo. A mis padres, Raúl y Marlene por su amor incondicional, confianza, y apoyo durante estos años. A mis hermanos Víctor, Rodrigo, Felipe y Romina, por su compañía y por los gratos momentos que perduraran siempre en mi memoria. A mi compañero de vida, Luis por su respaldo y apoyo incondicional en la realización de mis metas. Y al gran amor de mi vida, Emiliano por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme día a día.

Agradecimiento

A Dios, quien ha forjado mi camino y me ha dirigido por el sendero correcto. Por cada una de sus enseñanzas y confirmarme que su amor y bondad no tienen fin. Gracias a mis padres por su amor infinito, por los valores inculcados y por formarme como la persona que soy en la actualidad. Agradezco al Dr. Yimi Lozano Sulca y la Dra. Ysabel Díaz Valencia, por haberme brindado sus conocimientos y apoyo para la realización de mi tesis.

Quispe Quispe Arleth Yajaira

Índice de contenidos

| | |
|--|------|
| Carátula | i |
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Índice de contenidos..... | iv |
| Índice de Tablas | v |
| Índice de figuras | vi |
| Índice de anexos | vii |
| RESUMEN..... | viii |
| ABSTRACT..... | ix |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO | 5 |
| III. METODOLOGÍA | 17 |
| 3.1. Tipo y diseño de investigación..... | 17 |
| 3.2. Variables y Operacionalización de Variables..... | 17 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 18 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 20 |
| 3.5. Procedimientos | 21 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 27 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 29 |
| 4.1. Resultados..... | 29 |
| 4.2. Discusión | 53 |
| V. CONCLUSIONES..... | 63 |
| VI. RECOMENDACIONES..... | 65 |
| REFERENCIAS | 66 |
| ANEXOS | 73 |

Índice de Tablas

| | |
|--|-------------------------------|
| Tabla 1. Horizontes del suelo..... | 08 |
| Tabla 2. Clasificación y aracterísticas de suelos agrícolas | 09 |
| Tabla 3. Clasificación botánica..... | 13 |
| Tabla 4. Composición química del ajo..... | 14 |
| Tabla 5. Fertilizantes utilizados en el Valle de Tambo | 15 |
| Tabla 6. Relación de Tratamientos y su codificación | 27 |
| Tabla 7. Concentración Basal de metales en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo | 29 |
| Tabla 8. Concentración basal de metales en la semilla de ajo..... | 30 |
| Tabla 9. Concentración de metales en las plantas cultivadas en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 80 días..... | 31 |
| Tabla 10. Concentración de metales en plantas de Ajo cultivadas con y sin fertilización por 80 días con respecto al valor basal en suelo del Valle de Chilina | 32 |
| Tabla 11. Concentración de metales en plantas de Ajo cultivadas con y sin fertilización por 80 días con respecto al valor Basal en suelo de Valle de Tambo | 33 |
| Tabla 12. Concentración de metales en las plantas cultivadas en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 150 días..... | 34 |
| Tabla 13. Concentración de metales en plantas de Ajo cultivadas con y sin fertilización por 150 días con respecto al basal en suelo del Valle de Chilina | 35 |
| Tabla 14. Concentración de metales en plantas de Ajo cultivadas con y sin fertilización por 150 días con respecto al basal en suelo del Valle de Tambo..... | 36 |
| Tabla 15. Concentración de metales en los suelos agrícolas del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 80 días | 37 |
| Tabla 16. Concentración de metales en el suelo a los 80 días de tratamiento con y sin fertilización con respecto al basal en suelo del Valle de Chilina. | 38 |
| Tabla 17. Concentración de metales en el suelo a los 80 días de tratamiento con y sin fertilización con respecto al basal en suelo del Valle de Tambo | 39 |
| Tabla 18. Concentración de metales en los suelos agrícolas del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 150 días de tratamiento con y sin fertilización. | 40 |
| Tabla 19. Concentración de metales en el suelo a los 150 días de tratamiento con y sin fertilización con respecto al basal en suelo del Valle de Chilina | 41 |
| Tabla 20. Concentración de metales en el suelo a los 150 días de tratamiento con y sin fertilización con respecto al basal en suelo del Valle de Tambo | 42 |
| Tabla 21. Crecimiento de plantas de ajo a los 80 y 150 días de tratamiento con y sin fertilización en suelo del Valle de Chilina y del Valle de Tambo | ¡Error! Marcador no definido. |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Zona de muestreo del Valle de Tambo. | 19 |
| Figura 2. Zona de muestreo de Chilina | 19 |
| Figura 3. Esquema de patrón de muestreo sistémico en retícula. | 20 |
| Figura 4. Esquema de la técnica del cuarteo para la extracción de la muestra del suelo. | 20 |
| Figura 5. Preparación de sustratos para cultivo de ajo..... | 21 |
| Figura 6. Selección y desinfestación de semillas de ajo <i>Allium sativum</i> cv. “chino” | 19 |
| Figura 7. Mantenimiento de plantas de ajo <i>Allium sativum</i> cv. “chino”. | 23 |
| Figura 8. Aplicación del tratamiento de fertilización a plantas de ajo <i>Allium sativum</i> cv. “chino” .. | 24 |
| Figura 9. Cosecha de plantas de ajo <i>Allium sativum</i> cv. “chino” | 20 |
| Figura 10. Mezcla y toma de muestras de sustratos del cultivo ajo. | 20 |
| Figura 11. Medicion de crecimiento de las plantas de ajo..... | 26 |

RESUMEN

La presente investigación busca determinar el efecto de la aplicación de fertilizantes químicos en la biodisponibilidad de metales, para cultivo de Ajo, en suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo. La investigación es de tipo básica de diseño experimental. Se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con arreglo factorial de $2 \times 2 \times 2$, con un total de 08 tratamientos considerando 03 repeticiones por tratamiento y 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental está representada por un pote de plástico conteniendo el sustrato en la cantidad correspondiente, y dos plantas del cultivo. Los datos fueron sometidos a un análisis estadístico en el software SPSS versión 26.0, con una significancia del 0.05. Las determinaciones de metales por ICP – MS en muestras de suelo y material vegetal fueron realizadas por el laboratorio acreditado ALAB.

Los resultados demostraron que hay una mayor concentración de metales en las plantas y suelo de Chilina y Valle de Tambo, en el tratamiento con fertilización con respecto al sin fertilización. Se cuantifica la presencia de arsénico y cadmio en concentraciones de 0.05 y 0.01 mg/kg, respectivamente en el suelo del Valle de Tambo, pero los mismos metales no se detectaron en el suelo del Valle de Chilina, y no superan los Estándares de Calidad Ambiental para el suelo.

Palabras Clave: Biodisponibilidad, fertilizantes, metales pesados, suelo agrícola y Ajo (*Allium sativum* L.)

ABSTRACT

The present research seeks to determine the effect of the application of chemical fertilizers on the bioavailability of metals, in garlic cultivation, in agricultural soil of the Chilina Valley and Tambo Valley. The research is of a basic type and experimental design. A Random Complete Block Design was applied, with a factorial arrangement of 2 x 2 x 2, with a total of 08 treatments considering 03 repetitions per treatment and 24 experimental units. Each experimental unit is represented by a plastic pot containing the substrate in the corresponding amount, and two plants of garlic. The data were subjected to a statistical analysis in the SPSS software version 26.0, with a significance of 0.05. The determinations of metals by ICP – MS in soil and plant material samples were carried out by the accredited laboratory ALAB.

The results showed a higher concentration of metals in the plants and soil of Chilina and Valle de Tambo, in the treatment with fertilization with respect to the one without fertilization. The presence of arsenic and cadmium is quantified in concentrations of 0.05 and 0.01 mg/kg, respectively in the soil of the Tambo Valley, but these metals were not detected in the soil of the Chilina Valley, and do not exceed the Environmental Quality Standards for the soil.

Keywords: Bioavailability, fertilizers, heavy metals, agricultural soil and garlic (*Allium sativum* L.)

I. INTRODUCCIÓN

La acumulación de metales pesados en los suelos puede dar lugar a la degradación y pérdida de productividad, contaminar las aguas superficiales y subterráneas o incrementar la posibilidad de ser absorbidos por las plantas y animales afectando desfavorablemente a los seres vivos al bioacumularse en la cadena trófica (Lago, 2018, p.29).

En el Perú, Arequipa es la primera región productora de ajo del país y de la mejor calidad, hasta con un 75.1 % de la producción nacional (MINAGRI, 2019). Arequipa tiene 5391 hectáreas de cultivo de ajo, de ese total 2853 se encuentran en el Valle de Tambo, llegando a producir un promedio 32 mil 809 toneladas en la campaña agrícola y un promedio de 10 toneladas por hectárea, según declaraciones de Jonathan Bravo de Rueda, especialista en comercialización del ajo y en comercio agrario de la Gerencia de Agricultura (Diario el Pueblo, 2020, párr.4 - 5).

La única fuente que provee agua para los cultivos del valle de Tambo es el Rio Tambo, por lo que sus aguas han sido objeto de estudio en los últimos años, encontrándose reportes que señalan la presencia de metales pesados y no pesados, en niveles que superan los Estándares de Calidad Ambiental (El Comercio,2018, párr.4).

Los altos niveles de metales pesados en el agua utilizada para riego agrícola pueden ser un riesgo para los agro ecosistemas del Valle de Tambo, debido a que por su carácter no biodegradable se estarían acumulando en los suelos agrícolas afectando la inocuidad de los cultivos y de otros organismos del Valle (Prieto et al., 2009, p.2). En los suelos agrícolas, la biodisponibilidad depende de la solubilidad de los metales y de su capacidad de adsorción en la fracción coloidal del suelo (Rieuwerts et al.,1998, p. 61-75; Azevero et al., 2003, p. 793-806 y Basta et al.,2005, p.4-8).

Se ha demostrado que el uso de fertilizantes (especialmente los nitrogenados) favorece significativamente a la transferencia de metales pesados y otros contaminantes tóxicos, en el sistema suelo – planta, principalmente por cambio en la acidez del suelo, la cantidad de microorganismos y su actividad enzimática (Kinza et al., 2020, p.2).

No solo el uso de fertilizantes químicos, sino también, los agentes quelantes, pueden ser una de las principales fuentes de acumulación de metales en el suelo. Al respecto, Bai et al. (2010, 1650) mostró un excesivo incremento en los niveles de Cd, Cr, Cu, Ni, Zn y As en suelos de cultivo fertilizados intensivamente. En consecuencia, las plantas de cultivo se convierten en buenos indicadores de la contaminación y la disponibilidad de metales en el suelo agrícola (Kinza et al., 2020; Sumbal et al., 2021; Wajid et al., 2021).

El cultivo de *Allium sativum* (ajo) está reportado como modelo de plantas acumuladoras de metales pesados, y para estudios de biodisponibilidad (Villanueva et al., 2020, p.39). Al ser cultivado en suelos con elementos traza de metales, metaloides y sales del valle de Tambo, y destinado al consumo directo e indirecto de la población humana, es preciso determinar el efecto que tiene la aplicación de fertilizantes químicos en la biodisponibilidad y acumulación de metales en las plantas.

Por lo mencionado anteriormente, se considera como problema general de investigación el siguiente: *¿De qué manera la aplicación de fertilizantes químicos influye en la biodisponibilidad de metales pesados, para el cultivo de Ajo, en suelo de Chilina y Valle de Tambo?* Asimismo, se desprenden los problemas específicos siguientes:

PE1: ¿Cuál es la concentración de metales pesados en el suelo agrícola de Chilina y el suelo agrícola del Valle de Tambo?

PE2: ¿Cuál es la concentración de metales en las semillas de ajo destinadas al cultivo objeto de evaluación?

PE3: ¿Cuál es la concentración de metales en las plantas de ajo a los 80 y 150 días de cultivo con y sin fertilización en el suelo de Chilina y Valle de Tambo?

PE4: ¿Cuál es la concentración de metales en los suelos agrícolas de Chilina y del Valle de Tambo después de 80 y 150 días de cultivo de ajo con y sin fertilización?

PE5: ¿De qué manera el crecimiento de la raíz (longitud, biomasa), bulbo (diámetro y masa) y vástago (longitud, número de hojas, biomasa) de plantas de ajo son afectados por el tratamiento de con y sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo?

Para alcanzar las respuestas a las preguntas de investigación, se planteó como objetivo general: *Determinar el efecto de la aplicación de fertilizantes químicos en la biodisponibilidad de metales pesados, para cultivo de Ajo, en suelo agrícola de Chilina y Valle de Tambo.* Del Objetivo General se desprenden los objetivos específicos siguientes:

OE1: Cuantificar la concentración de metales en los suelos agrícolas de Chilina y del Valle de Tambo.

OE2: Cuantificar la concentración de metales en las semillas de ajo destinadas al cultivo objeto de evaluación.

OE3: Cuantificar la concentración de metales en plantas de ajo a los 80 y 150 días de cultivo con y sin fertilización en suelo de Chilina y Valle de Tambo.

OE4: Cuantificar la concentración de metales en los suelos agrícolas de Chilina y del Valle de Tambo después de 80 y 150 días de cultivo de ajo con fertilización y sin fertilización.

OE5: Determinar el efecto del tratamiento con y sin fertilización, sobre el crecimiento de la raíz (longitud, biomasa), bulbo (diámetro y masa) y vástago (longitud, número de hojas, biomasa) de plantas de ajo a los 80 y 150 días de cultivo.

La realización de la presente investigación se justifica teóricamente, ya que aporta datos empíricos que contribuyen a la comprensión de la biodisponibilidad de metales pesados en suelos agrícolas bajo la influencia de los fertilizantes, incrementando el estado del arte sobre la temática bajo investigación.

Se justifica prácticamente porque los resultados, producto de la investigación, proporcionará mayores indicios sobre la problemática real que se desarrolla en el Valle agrícola de Tambo, permitiendo generar propuestas de solución en base a la

comprensión del evento contaminante de los cultivos como consecuencia de la biodisponibilidad de metales influenciada por la aplicación de los fertilizantes.

En base a la revisión de la información reportada hasta el momento sobre la temática en investigación, se formula la hipótesis general de que *“La aplicación de fertilizantes químicos influye en la biodisponibilidad de metales para plantas de Allium sativum (ajo), cultivadas en suelo agrícola de Chilina y del Valle de Tambo, lo que se evidencia en la mayor concentración de metales en las plantas cultivadas bajo fertilización, respecto a las plantas cultivadas sin fertilización.*

Asimismo, se postula las siguientes hipótesis específicas en relación a los problemas específicos formulados:

HE1: La concentración de metales en el suelo agrícola del Valle de Tambo es mayor a la concentración registrada en el suelo agrícola de Chilina.

HE2: La concentración de metales en las semillas de ajo no es significativa, encontrándose por debajo de los valores registrados en los suelos de cultivo.

HE3: La concentración de metales en las plantas de ajo cultivadas en el suelo agrícola de Chilina y del Valle de Tambo, se incrementa a los 80 y 150 días, siendo el incremento mayor a los 150 días y en el tratamiento con fertilización.

HE4: La concentración de metales en los suelos de cultivo de Chilina y el Valle de Tambo disminuye a los 80 y 150 días, siendo la disminución mayor con el mayor a los 150 días en el tratamiento con fertilización.

HE5: El crecimiento de la raíz (longitud, biomasa), bulbo (diámetro y masa) y vástago (longitud, número de hojas, biomasa) de plantas de ajo, difiere entre los tratamientos con y sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo.

II. MARCO TEÓRICO

Con el fin de lograr un entendimiento más amplio del trabajo de investigación, se tomó en cuenta antecedentes del ámbito internacional, nacional y local.

En el ámbito internacional tenemos el informe de la FAO, “Estado mundial del recurso suelo (EMRS)” que menciona la preocupación en diversos países, por la exposición a elementos traza y a elementos contaminantes del suelo, que estarían causando daños a la salud (FAO,2015, p.27).

Hernández et al. (2019) en el trabajo “Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate”. Señala que la toxicidad del cadmio reduce el crecimiento, la actividad fotosintética, el contenido de clorofilas y provoca clorosis generalmente en hojas jóvenes, y que también interfiere en la entrada y transporte de nutrientes. Además, mencionan que la deficiencia de K tiene efectos positivos para mitigar el estrés por Cd; y que la deficiencia de Mg, Ca y N permite la activación previa de la defensa antioxidante, pero no evita la absorción de Cd por las raíces. El S, se plantea que está involucrado en la biosíntesis de agentes detoxificantes de metales pesados.

Snigdha et al. (2021) en el trabajo “Iron homeostasis in plants and its crosstalk with copper, zinc, and manganese”, reportan al cobre (Cu), el manganeso (Mn), el hierro (Fe) y el zinc (Zn) esenciales para las plantas y sus funciones, y cuando no están en proporciones equivalentes, muestran el potencial riesgo de interacciones que afecten la absorción y la biodisponibilidad, la translocación dentro de las plantas, el almacenamiento y los efectos fisiológicos relacionados.

Huda (2021) en el estudio “EDTA-enhanced Cr detoxification and its potential toxicity in rice (*Oryza sativa* L.)” indica que el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) es un agente quelante utilizado para la fitoextracción de metales que utilizan plantas hiperacumuladoras, y persiste en tierras cultivadas durante mucho tiempo sin ningún impacto conocido en las plantas. La aplicación de EDTA mejora la síntesis de fitoquelatina (PC) y metalotioneína (MT), lo que fue confirmado por la regulación positiva de la fitoquelatina y genes de metalotioneína en raíces de arroz. Sin embargo, una menor cantidad de EDTA (25 μ M) junto con cromo mejoró la absorción de cromo en la raíz, pero inhibió su translocación al brote, lo que indica

secuestro vacuolar. Por el contrario, en ausencia de cromo, se encontró que la concentración de H₂O₂ (peróxido de hidrogeno) aumentaba significativamente la fuga de electrolitos (98,5 %) y la peroxidación lipídica. (33,3%) en comparación con las plantas de control.

Lago (2018) en el estudio “Biodisponibilidad de metales pesados en suelos contaminados”, evaluó la disponibilidad real de elementos potencialmente tóxicos, en suelos contaminados. El tratamiento se realizó con nanopartículas de hidroxiapatita (HANPs), capaces de reducir el contenido potencialmente tóxico de Pb en el suelo y sin afectar a la germinación y crecimiento de diferentes especies (*S. alba*, *L. sativa* y *F. ovina*). Los resultados sugieren que las HANPs favorecen el crecimiento y desarrollo de las especies en estudio, al disminuir la movilidad, disponibilidad y toxicidad de Pb en el suelo.

En el ámbito nacional, Villanueva (2020), determinó el factor de Bioconcentración y Transferencia de plomo en el suelo para el cultivo de “ajo” (*Allium sativum* L.) en zonas agrícolas. El estudio reveló que el pH, conductividad y materia orgánica juegan un papel importante en la disponibilidad del metal. Se encontró que hay poco movimiento del metal plomo desde el suelo hacia la planta, reteniéndolo en la raíz con una restringida transferencia a órganos aéreos. El autor concluyó que el “ajo” es una especie indicadora para el metal plomo y también se puede considerar como una especie de alto potencial fitoestabilizador. El plomo se acumula en las raíces de ajo, depositándolo en la rizósfera.

Soto et al. (2020) en el estudio “Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonia peruana”, analizaron las concentraciones de As, Cd, Pb y Hg en suelos y en especies como la yuca y plátano. Reportaron que hay acumulaciones elevadas de plomo y arsénico en las raíces y tallos de la yuca, mientras que en el plátano las concentraciones de los metales analizados se encuentran en cantidades bajas. Mencionan también, que las especies vegetales en estudio presentan biomasa abundante, lo que influenciaría a una mayor bioacumulación en la raíz de la yuca.

Tineo y Pericche (2019) en el estudio “Evaluación del contenido de metales pesados en la margen izquierda del valle del río Tumbes y su absorción por el cultivo

de arroz durante el periodo Marzo - Julio 2018”, evaluaron el contenido de metales pesados en el valle del río Tumbes y su absorción por el cultivo de arroz. Los resultados señalan una transmisión de elementos pesados desde suelo hacia el grano de arroz y que, los agroquímicos que utilizan tienen concentraciones altas de metales pesados, concluyendo que los metales residuales de los agroquímicos son arrastrados por el aire y durante las avenidas e inundaciones del río Tumbes, quedando almacenados en el suelo.

Hormaza (2020), en el trabajo “Influencia del compost de estiércol animal en la biorremediación de metales pesados en suelo contaminados con relaves mineros, Huari – La Oroya, 2019” comprobó que una enmienda orgánica adecuada para la biorremediación de metales, está asociada con un ambiente de humedad, temperatura y pH óptimo. Para una correcta biorremediación con enmienda orgánica, la adición de un sustrato basado en malta, jora y levadura fue un factor determinante, ya que estimuló la producción de microorganismos en un ambiente aeróbico.

En el ámbito local, Corrales (2019) en el “Estudio de la contaminación de las aguas del río Tambo por (Cd^{2+} y Pb^{2+}) y su remediación con sillar modificado, por el método de intercambio iónico”, indica que el río Tambo presenta cantidades alarmantes de Cd^{2+} y Pb^{2+} , que superan los estándares de calidad ambiental (ECA) en razón de 4:1 para Cd^{2+} y 42:1 para Pb^{2+} . La remediación de aguas con sillar modificado, dio valores de 90.91% de eficiencia para Cd^{2+} y 75.47% para Pb^{2+} en un lapso de 30 horas.

López (2018) en el estudio Evaluación de la calidad de agua respecto a metales pesados presentes en el río Tambo provincia de Islay 2016 – 2018, señala que la calidad del agua del río Tambo está siendo influenciada por la presencia de boro y arsénico, superando los Estándares de Calidad Ambiental para Categoría 3 (Riego de vegetales y bebida de animales), y viene afectando las actividades agrícolas y ganaderas, puesto que, estarían bioacumulándose silenciosamente.

OEFA (2017) en el informe N° 078-2017-OEFA/DE-SDCA-CMVA Evaluación ambiental temprana en el área de influencia del proyecto Tía María y zonas aledañas, en los distritos de Cocachacra, Deán Valdivia, Punta de Bombón y Mejía,

provincia de Islay, departamento de Arequipa, durante el año 2017; reveló que el arsénico y B están en mayor proporción en forma disuelta, similar a otros metales como calcio, magnesio, potasio, y sodio, mientras que el manganeso es variable en su proporción suspendida y disuelta en el río Tambo, las lagunas del SNLM (Santuario Nacional Lagunas de Mejía) y los canales de riego.

En el mismo informe señalan que en los suelos agrícolas, la concentración de As superó el valor del ECA en tres puntos de muestreo, y puede ser producto de su alto contenido en las aguas usadas para el riego agrícola, ya que una vez en el suelo, éste queda atrapado en la estructura, favoreciendo su acumulación. (OEFA, 2017).

Después de realizar el análisis de los trabajos previos encontrados respecto a la investigación, y con la finalidad de lograr una adecuada comprensión de los resultados, se presenta algunas bases teóricas relacionadas al tema de investigación.

Es conveniente referir que el suelo es un medio poroso biológicamente activo que se desarrolla en la capa superior de la corteza terrestre, formando uno de los principales sustratos de la vida, ya que sirve como un reservorio de agua y nutrientes (Burbano, 2016, p. 118-120; FAO, 2018, p.5).

En el perfil de un suelo formado, se distinguen horizontes que tienen distintas propiedades físicas y químicas. (INIA, 2015, p.6). Estos horizontes se caracterizan brevemente en la Tabla 1.

Tabla 1. Horizontes del suelo

| Horizontes del suelo | Descripción |
|----------------------|--|
| Horizonte A | Capa superior, fértil y más oscura. Posee abundante materia orgánica. Es rica en humus. |
| Horizonte B | Capa más arcillosa. Presenta un color claro y tiene escasa cantidad de materia orgánica. Es rica en sales minerales. |
| Horizonte C | Capa más profunda, conformada por fragmentos de la roca madre. |
| Horizonte D | Roca madre. |

Fuente: Elaboración propia de información escrita en INIA, 2015

De acuerdo al contenido de partículas y sales como arena, arcilla y limo; el suelo puede clasificarse como arenoso, limoso, arcilloso y salino, cuyas características se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Clasificación y características de suelos

| Clasificación de suelos | Características de los suelos |
|-------------------------|---|
| Suelo arenoso | Es seco y arenoso. Tienen grandes espacios entre las partículas. El agua drena rápidamente. Las plantas no pueden utilizar los nutrientes debido a que son llevados velozmente por la escorrentía. |
| Suelo Limoso | Tiene la capacidad de retener agua y nutrientes por más tiempo. A comparación de los demás, este suelo es más fácil para cultivar y presenta un color marrón oscuro. |
| Suelo Arcilloso | Sus partículas son más pequeñas. Es un suelo que sirve para el almacenamiento del agua, es más lento al drenar, ya que retiene de manera más estricta los nutrientes. |
| Suelo Salino | Presenta alto contenido de sales. Causan dificultades en el crecimiento de la planta, por eso no se recomienda para la agricultura. Son indicativos de un drenaje inadecuado para lixiviar la sal de la tierra o la que emana del agua. |

Fuente: Elaboración propia en base a la información de INIA, 2015.

Entre los factores degradativos de suelo se encuentra la salinización, que es la acumulación de sales como sodio, potasio, magnesio, calcio, cloruro, sulfato, carbonato y bicarbonato. (INIA, 2015, p.3; Zhang et al., 2019, p.4). Como consecuencia se genera pérdida de la fertilidad, biodiversidad y la desertificación de suelos (Corrales, 2019, p.93).

El origen de la salinidad de suelos puede ser natural y antropogénica. Uno de los factores naturales es la cercanía y altura sobre el nivel del mar, la intemperización y la existencia de sales que afectan las condiciones heterogéneas de microtopografía y las propiedades físico – químicas del perfil del suelo. El origen antropogénico se da a causa de las incorrectas prácticas agrícolas del suelo y el

mal manejo de agua para el riego (Lamz et al., 2013, p.31-32). Cuando la concentración de sales es mayor en el suelo que en la raíz, impide que las raíces puedan absorber agua por ósmosis, proceso que se conoce como Sequía Fisiológica (Ramírez 2016, p.7).

Al ser el suelo el soporte para diferentes organismos vivos, la biodisponibilidad de metales y sales para los organismos es un proceso de suma importancia. Según el Comité sobre la Biodisponibilidad de Contaminantes en Suelos y Sedimentos (2002, p.6) la biodisponibilidad es la interacción física, química y biológica que determinan la exposición de los organismos a los químicos presentes en el suelo. Según la capacidad del medio ambiente y del organismo, los elementos pueden ser absorbidos, almacenados, asimilados o degradados dentro del mismo organismo (Galán y Romero, 2008, p.49; Segovia, 2014, p.7).

La biodisponibilidad de metales y metaloides depende de la capacidad de adsorción del suelo y de la forma iónica de los elementos (Morgan, 2013, p.59). Según la FAO, la incorporación de enmiendas orgánicas e inorgánicas puede reducir la biodisponibilidad de metales pesados (FAO, 2019, p.41).

Según McBride (1994) (citado por la FAO 2019, p.20) los metales pesados son resistentes y complicados para enmendar, y no solo degradan a la naturaleza, sino que también amenazan la salud y el bienestar de los seres vivos, ya que, al no ser biodegradables, tienden a acumularse en los tejidos de los organismos.

El suelo puede contener metales pesados como componentes naturales, ya que provienen de la geología local formada por la roca madre, actividad volcánica y lixiviado de elementos químicos. De forma antropogénica por causa de actividades productivas como la agricultura, industria y minería (Galán y Romero, 2008, p.48).

Estos también pueden tener una procedencia por el agua que traslada los contaminantes en suspensión o dilución, puesto que al llegar al suelo estos pueden ser lixiviados y permanecer en los diferentes niveles del suelo ((Tintin et al.,2013, p.15; Díaz, 2020, p.20). Una vez que los metales se sitúan en el suelo, los procesos químicos controlan la movilidad de metales dentro de éste y su adsorción por las plantas (Díaz, 2020, p.20).

Los metales pesados pueden quedarse retenidos en el suelo, ocupar sitios de intercambio o ser adsorbidos sobre constituyentes inorgánicos. Cuando son disueltos en la fase acuosa, al asociarse con la materia orgánica pueden ser precipitados como sólidos puros o mixtos. También pueden ser absorbidos por las plantas y así ser incorporados a la cadena trófica o pasar a la atmósfera por volatilización y/o movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas (García y Dorronsoro, 2005 y Prieto, 2009, p.30).

La movilidad de los metales pesados en el suelo, está influenciada por las características del suelo (pH, potencial redox, composición iónica de la solución del suelo, capacidad de cambio, presencia de carbonatos, materia orgánica, textura); naturaleza de la contaminación (origen de los metales y forma de deposición) y condiciones ambientales (acidificación, cambios en las condiciones redox, variación de temperatura y humedad) (Sauquillo et al, 2003, p.152-159 y Prieto, 2009, p.31).

La presencia de metales pesados y las prácticas de fertilización de los suelos agrícolas, forman parte de la dinámica nutricional que define la fertilidad del suelo, disponibilidad de nutrientes minerales y la inocuidad de los cultivos como consecuencia de la biodisponibilidad de metales y metales pesados. Esta realidad se replica en todos los ecosistemas agrícolas, como lo es el Valle de Tambo.

El Valle de Tambo, ubicado en la provincia de Islay, departamento de Arequipa, tiene como actividades económicas la agricultura, ganadería y pesca. Más de 5 mil 300 personas se dedican a la agricultura, siendo el 90% residentes de Cocachacra, Deán Valdivia y Punta de Bombón. Entre los principales cultivos se encuentran la caña de azúcar y alfalfa (28%); el arroz, maíz, papa, ajo, cebolla y otros (72%). La principal fuente de agua para la agricultura y consumo humano proviene del Río Tambo, con un flujo permanente de aguas superficiales y subterráneas (López, 2018, p. 9-10).

En Tambo, el suelo es un recurso valioso que garantiza la seguridad alimentaria y la generación de ingresos sostenidos para la población Tambeña. Pese a ello, este recurso presenta problemas de degradación física, química y biológica como consecuencia de las prácticas físico-mecánicas y la aplicación de diversos fertilizantes sintéticos, que junto a la práctica monocultivista, ha apresurado

los niveles de esterilización del suelo, lo que se evidencia en la disminuida riqueza de nutrientes para los cultivos y desequilibrio en la actividad biológica de microorganismos en la capa arable por la intensiva fertilización química (Ministerio de Agricultura - INRENA, 2005)

Otro aspecto importante a considerar sobre la fertilidad del suelo agrícola es la salinidad y sodicidad. Al respecto, el río Tambo presentan un rango de salinidad alto, y altos valores de RAS (Relación de Adsorción del Sodio) lo que permite catalogar a las aguas del Tambo como clase predominante C4S3, es decir sólo para plantas tolerantes a la salinidad y en suelos donde se facilite el lavado para remover las sales. Presenta también un alto índice de sodicidad sobre todo con peligro en suelos sin carbonato de calcio, los cuales requieren un buen drenaje, adición de materia orgánica y eventuales tratamientos con químicos tales como yeso o azufre. (Ministerio de Agricultura - INRENA, 2005)

Sobre el tema, el OEFA (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental) reporta que el río Tambo contribuye a la problemática de contaminación del suelo agrícola, ya que, al ser la fuente principal de abastecimiento del Valle de Tambo, favorece a la acumulación de sales y metales tóxicos como el arsénico y boro. En el año 2017 reportó que estos elementos, superaban los estándares de calidad ambiental.

Por su parte, el valle de Chilina, no se considera una zona con altos grados de contaminación, debido a que su fuente principal de agua proviene del río Chili. El valle de Chilina ubicado en la provincia y departamento de Arequipa, comprende un sector de la cordillera volcánica donde el río Chili forma un cañón y valle entre el complejo volcánico del Chachani y Misti. (Montesinos, 2019, p.101). Se caracteriza porque sus prácticas agrícolas son intensas donde cultivos como brócoli, alfalfa, papa, maíz forrajero, cebolla, ajo, col, son los más comunes y se destinan para el mercado local (Montesinos-Tubée et al., 2019, p.101).

Dentro de los diferentes cultivos el *Allium sativum* "Ajo", es un producto muy cultivado en el Valle de Tambo, con una producción de más de 56 000 toneladas de ajo anuales que convierten a Arequipa, en la mayor región productora de ajo de

Perú, concentrando el 68% de la producción nacional y el 30% de lo que se produce (17 000 toneladas) se destina a la exportación (Torres, 2018, p.5-7).

El ajo es una planta herbácea conformada por bulbillos blancos, rosados o morados conocidos como “dientes”, los cuales están cubiertos de una membrana bulbosa blanquecina o rosada. La hoja exterior forma una capa protectora, su superficie es fibrosa, la que se adelgaza y muere en su madurez. Las raíces son fibrosas y su volumen más activo se ubica entre los 20 y 30 cm de profundidad. Las hojas son planas, y de sección longitudinal en forma de “V”. (Torres, 2018, p.5-7).

En la madurez, el tallo principal, las raíces y el follaje terminan secándose y muriendo. El talo floral si existe, empieza a mostrarse por el centro de las hojas. Es hueco, muy rollizo y crece entre los 40 a 55 cm, terminando en las flores. (Torres, 2018, p.4). La clasificación botánica se presenta en la Tabla 3, y su composición química en la Tabla 4.

Tabla 3. Clasificación botánica

| | |
|---------------------|--------------------------|
| Reino | <i>Plantae</i> |
| División | <i>Magnolophyta</i> |
| Clase | <i>Liliopsida</i> |
| Superorden | <i>Liliflorae</i> |
| Orden | <i>Asparagales</i> |
| Familia | <i>Alliaceae</i> |
| Tribu | <i>Alliae</i> |
| Género | <i>Allium</i> |
| Especie | <i>Allium sativum</i> L. |
| Nombre común | Ajo |

Fuente: Elaboración propia (2022).

Tabla 4. Composición química del ajo

| Elementos | Cantidad | Elementos | Cantidad |
|---------------------|----------------|-------------|-------------------------|
| Agua | 70% | Fósforo | 140/100 g |
| Hidratos de Carbono | 23% (fibra 1%) | Calcio | 14 g/100 g |
| Proteínas | 5% | Azufre | 1, 5 mg/100 g |
| Lípidos | 0.3% | Vitamina C | 11 g/100 g |
| Potasio | 400/100 g | Vitamina A | 1. 60 microgramos/100 g |
| Germanio | 30 mg/100g | Vitamina B1 | 0.2 mg |
| Calcio | 181 mg/kg | Potasio | 401 mg/kg |
| Hierro | 1.7 mg/kg | Sodio | 17 mg/kg |
| Magnesio | 25 mg/kg | Zinc | 1.16 mg/kg |
| Fosforo | 153 mg/kg | | |

Fuente: Elaboración propia en base a la información de INIA (2008). INIAHOY.BoletínNº3. <http://www.inia.gov.ve/index>; USDA, 2013.

El requerimiento del clima para el desarrollo del ajo es muy importante, ya que es un cultivo muy sensible al fotoperiodo, a la temperatura y humedad. Se desarrolla en climas templados y fríos, con temperaturas entre 15 °C a 25 °C y precipitación pluvial moderada (70 a 100mm). Soporta humedad relativa a 45%. Requiere suelos franco – arenosos o areno – arcillosos, profundos, con buen drenaje, ricos en materia orgánica, con pH de 6 – 8, puesto que no tolera acidez alta (Barrera, 2012, p.7).

El suministro de agua del cultivo de ajo, suele realizarse por aspersion o por gravedad, puesto que la necesidad de agua desde la brotación al inicio de la bulbificación, suele ser menor. Esta necesidad se incrementa durante la formación del bulbo (Barrera, 2012, p.11).

Entre los principales factores que pueden influir en el cultivo se encuentran: las condiciones ambientales, condiciones del suelo y el manejo general del cultivo como la selección de la semilla, desinfección de semilla, plantación, fertilización, control de malezas, enfermedades y plagas, etc. (INIA, Martínez et al.,2017, p.1).

Los fertilizantes, sustancias que contienen elementos químicos que generalmente se agregan al suelo para proporcionar nutrientes a las plantas, existen

en gran variedad con diferentes nutrientes; sin embargo, los que aportan de forma exclusiva y en mayores cantidades son los denominados macro elementos primarios. (N, P, K). (Ricse et al., 2020, p.5)

Los fertilizantes en su composición pueden llevar uno o varios componentes, y clasificarse en nutrientes principales (N, P y K), nutrientes secundarios (Ca, Mg, Na y S), micronutrientes (B, Co, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn), sustancias quelantes (EDTA, DTPA, EDDHA, etc.) y otras sustancias (metales pesados, materia orgánica, etc.) (Ribeiro, 2017, p. 11).

PROSAAMER, en su boletín de rentabilidad en mayo del 2008, hace referencia al porcentaje de fertilizantes empleados en el valle de Tambo, como se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Fertilizantes utilizados en el Valle de Tambo

| Fertilizantes sintéticos | % |
|---------------------------------|------|
| Urea | 100 |
| Fosfato diamónico | 84.6 |
| Sulfato de potasio | 53.8 |
| Cloruro de potasio | 15.4 |
| Sulfato de amonio | 7.7 |
| Compomaster papa tambo | 7.7 |
| Fertilizante compuesto 20-20-20 | 3.8 |
| Superfosfato triple | 3.8 |
| Nitrato de amonio | 3.8 |

Fuente: Programa de Servicios de Apoyo para Acceder a los Mercados Rurales (PROSAAMER).

La aplicación de fertilizantes para los cultivos de ajo, sobre todo en la primera etapa, tiene un rol muy importante, ya que va asegurar un buen desarrollo vegetativo y a la vez contribuir a que los bulbos alcancen un tamaño y peso adecuado (Rebolledo, 2004, p.7). Los fertilizantes más utilizados, en base a prácticas agrícolas del Valle de Tambo, son el fosfato diamónico, sulfato de potasio, fosfato de potasio y sulfato de amonio.

Fosfato diamónico, es fuente de fósforo y nitrógeno. Sirve para la nutrición de las plantas. Es altamente soluble y se disuelve rápidamente en el suelo para liberar fosfato y amonio disponible para las plantas. Una peculiaridad notable es el pH alcalino que se tiende alrededor de los gránulos en disolución. (IPNI. N°17)

El Sulfato de Potasio, aporta azufre para las plantas que a veces es deficiente para el crecimiento vegetal. Se le considera una excelente fuente para la nutrición de las plantas. El azufre es requerido para la síntesis de proteínas y el funcionamiento enzimático. El K_2SO_4 es una fuente de potasio muy aconsejable. (IPNI. N°5)

Fosfato de potasio recomendado para aplicación al suelo o foliar, es una gran fuente de fósforo y potasio de bajo índice de salinización. Generalmente se indica su uso en cultivos intensivos bajo invernadero o cultivos hidropónicos, de rápido aprovechamiento por las plantas. Se traslada rápidamente por la planta, induciendo el llenado de estructuras y transporte de carbohidratos (síntesis de proteínas). (Portal Tecno agrícola)

El sulfato de amonio proporciona nitrógeno (N) y azufre (S) para poder compensar los requerimientos nutricionales de plantas en su crecimiento. Administra una excelente fuente de S, el cual favorece la función de síntesis de proteínas. Como la fracción nitrogenada está presente en forma de amonio, el sulfato de amonio es utilizado en suelos anegados para la producción de arroz, donde los fertilizantes a base de nitrato son una mala alternativa debido a las pérdidas por desnitrificación. (IPNI, N°12)

Cuando se usa más fertilizantes del que pueda absorber los cultivos, se genera una contaminación por el uso excesivo de fertilizantes, puesto que van a ser eliminados por acción del agua o viento de la superficie del suelo antes de ser absorbidos. Esta demasía de nutrientes puede causar problemas como infiltración a agua subterránea, eutrofización de lagos, embalses y estanques, pérdidas de tierra de cultivo y salinización. (Ribeiro, 2017, p. 127)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El presente trabajo es una investigación de tipo básica porque busca aportar nuevos conocimientos, que contribuyan al planteamiento de futuras investigaciones aplicadas (Ñaupas et al, 2018, p.132); orientadas a proponer soluciones a la problemática descrita del Valle de Tambo.

El método hipotético deductivo consiste en comprobar la hipótesis planteada y mediante la deducción determinar la verdad o falsedad de los hechos, procesos o conocimientos mediante el principio de falsación (Ñaupas, 2014, p. 136); orientado a develar la influencia de la aplicación de fertilizantes sobre la disponibilidad de metales para las plantas cultivadas.

El enfoque cuantitativo utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación. (Ñaupas, 2018, p.140). En el presente trabajo se registra las mediciones del crecimiento vegetal en masa y longitud como también la concentración de metales determinada por el método de ICP – MS.

Las investigaciones experimentales se caracterizan porque el investigador puede manipular las variables independientes a su criterio para demostrar su influencia en la variable dependiente, para lo cual debe controlar las variables intervinientes. (Ñaupas, 2018, p.145). En el presente experimento la variable manipulada es la aplicación y no aplicación de fertilizantes a cultivo de ajo, registrando su efecto sobre el crecimiento vegetal y la concentración de metales. La utilización de repeticiones y su distribución en bloques al azar con lleva a reducir el efecto de las variables intervinientes del ambiente.

3.2. Variables y Operacionalización de Variables

3.2.1. **Variable Independiente:** se consideró la aplicación de los tratamientos en el cultivo de ajo que comprende:

- **Aplicación de fertilizantes:** se separarán las unidades en dos grupos con fertilización y sin fertilización. Los fertilizantes considerados son:

Fosfato diamónico, sulfato de potasio, sulfato de amonio en las cantidades y frecuencias que se aplican en campo.

- **Sustrato:** Se considera dos tipos de suelo de las zonas del Valle de Chilina y Valle del Tambo. Ambos suelos mezclados con arena lavada en proporción 3:1. Los suelos difieren en su contenido de metales y metaloides.
- **Periodo de Cultivo:** Se realiza la cosecha de las plántulas a los 80 y 150 días de cultivo.

3.2.2. Variables dependientes:

- **Concentración en metales y metaloides del suelo:** Cuantifica la concentración de metales y metaloides en el suelo de Chilina y en el suelo de Tambo al inicio del experimento, a los 80 y 150 días de cultivo. Los valores son determinados por el método del ICP – MS.
- **Crecimiento Vegetal:** Considera el crecimiento de las plantas cultivadas de ajo en cuanto a longitud radicular (en centímetros desde el ápice radicular hasta el disco de inserción); longitud de vástago (en cm desde el disco de inserción hasta el ápice de la hoja más larga); biomasa (en mg de peso fresco de la raíz y el vástago) y número de hojas (número de hojas de cada planta cultivada en su respectivo tratamiento).

La Operacionalización de variables se muestra en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población:

Plantas de ajo de la especie *Allium sativum* L. cultivar “chino”, obtenidas desde bulbo semilla.

Terreno de cultivo del Valle de Tambo de la zona irrigada por la cuenca baja del Río Tambo, como se muestra en la figura N°1, ubicada entre los distritos de Cocachacra con coordenadas de 17.0941771 S-71.7803423 O, y El Arenal con coordenadas 17.1249393 S -71.8127777 O; con una extensión de 02 hectáreas.



Figura 1. Zona de muestreo del Valle de Tambo.
Fuente: Google Maps

Terreno de cultivo del Valle de Chilina ubicado en el distrito de Cayma, en Carmen Alto con coordenadas de 16.22163 S – 71.32143 O. Con una extensión de 02 hectáreas.



Figura 2. Zona de muestreo de Chilina
Fuente: Google Maps

3.3.2. Muestra:

De las semillas de ajo (2 kg), se seleccionaron 72 para ser cultivadas a razón de 3 por unidad experimental, conservándose como unidades de observación 2 plantas por unidad experimental.

Del terreno de cultivo del Valle de Tambo se colectó 50 kg aproximadamente, según la metodología descrita por la Guía para el muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014)

Del terreno de cultivo de Chilina se colectó 50 kg aproximadamente, según la metodología descrita por la Guía para el muestreo de suelos del Ministerio del Ambiente (MINAM, 2014)

3.3.3. Muestreo:

Las semillas de ajo para cultivo de experimentación fueron seleccionadas considerando que no presentaran manchas, que no tengan hongos y que tuvieran un tamaño uniforme. En el caso de las muestras de suelo tanto en el terreno de Chilina como del Valle de Tambo se aplicó el patrón de muestreo sistemático con un patrón de retículo (Fig. N° 3), a una profundidad no mayor de 30 cm. Se removió la parte superficial del suelo (5 cm), luego se extrajo el suelo de cada punto de muestreo, se mezcló el suelo extraído por cada zona, envasándolo en sacos de 50 kg para transportarlo al área de investigación.

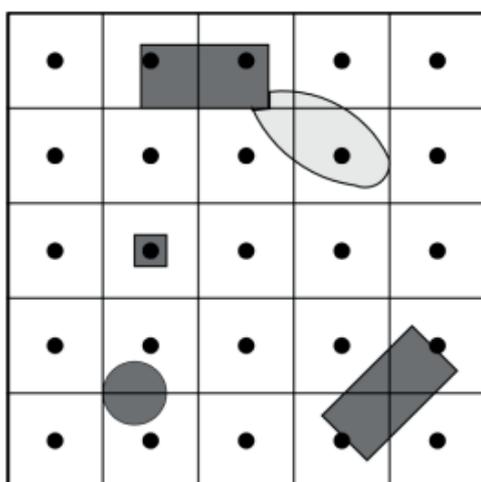


Figura 3. Esquema de patrón de muestreo sistemático en retícula. Fuente: MINAM (2014).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica del estudio que se empleó para la investigación fue la observación directa, que es mayormente aplicada para investigaciones cuantitativas de tipo experimental. Esta técnica nos permite facilitar al investigador la obtención de los datos, para la realización de la investigación y generar así información fundamental (Rojas, 2011). Se realizó un análisis de las muestras de suelo antes de la aplicación

de los tratamientos (Fig. 4), y en dos periodos de tratamiento (80 y 150 días); como también se observó la concentración de metales pesados en los cultivos de *Allium sativum* después de la aplicación de los tratamientos.

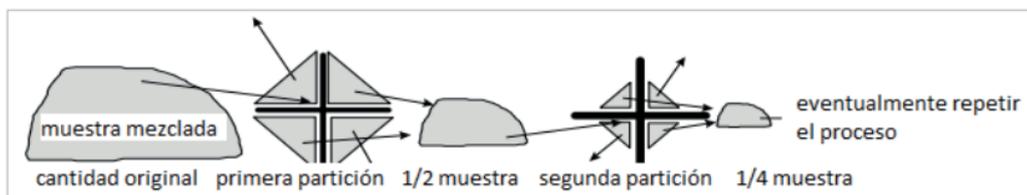


Figura 6. Esquema de la técnica del cuarteo para la extracción de la muestra del suelo.

Fuente: MINAM (2014).

3.5. Procedimientos

3.5.1. Preparación de suelo de cultivo

Se trabajó con 02 diferentes sustratos. El primero correspondió al suelo agrícola del Valle de Tambo mezclado con arena fina y lavada en proporción 3:1, el segundo a suelo agrícola del Valle de Chilina – Arequipa mezclado con arena lavada en proporción 3:1 (Mago et al., 2021) (Fig. 5). Los suelos fueron colocados en potes de plástico de 2 kg de capacidad. De todos los sustratos, se tomó muestras al inicio del periodo de cultivo, las mismas que fueron conservadas en bolsas de polietileno densas, correctamente etiquetadas e inmovilizadas para su transporte al Laboratorio de ALAB, para las determinaciones del contenido metales y metaloides por el método de ICP –MS (Fig. 5).



Figura 5. Preparación de sustratos para cultivo de ajo. **Izq. Arriba:** suelo del Valle de Chilina. **Izq. Abajo:** suelo del Valle de Tambo. **Fuente:** Propia (2021).

3.5.2. Material biológico

Obtención de plántulas:

Los dientes de ajo fueron separados seleccionando los más grandes y libres de deformidades, manchas u hongo. Los dientes de ajo seleccionados fueron desinfectados en la mezcla del fungicida Aliete (750 g para 200 L de agua) más clorox (2 L para 200 L de agua) por 12 horas, dejándolo secar al ambiente por 24 horas. Posteriormente fueron sembrados en los pots de plástico conteniendo los diferentes sustratos y regados después de 24 horas. Para la determinación basal, se tomó un Kg de semilla como muestra, se conservó en bolsas de polietileno densas, correctamente etiquetadas e inmovilizadas para su transporte al Laboratorio ALAB para las determinaciones de concentración de metales y metaloides por el método de ICP – MS (Fig. 6).



Figura 6. Selección y desinfección de semillas de ajo *Allium sativum* cv. “chino”.

Fuente: Propia (2021).

Mantenimiento de los cultivos

Lo pots conteniendo el sustrato y las semillas, fueron colocados bajo condiciones de sombreadero con malla Rachell de 50% de luz, temperatura

ambiente de máx. $21 \pm 1^\circ\text{C}$ y min. $12 \pm 1^\circ\text{C}$, Humedad Relativa de 43%, Índice UV 11 (extremo) y fotoperiodo de 12/12 (día/noche). Los cultivos fueron regados a capacidad de campo cada 4 días durante un periodo de 150 días, realizando la aplicación de fertilizantes de acuerdo a las prácticas del valle de Tambo. Las plantas fueron cosechadas en diferentes tiempos (80 y 150 días) para realizar las determinaciones pertinentes (Fig. 7).



Figura 7. Mantenimiento de plantas de ajo *Allium sativum* cv. "chino".

Fuente: Propia (2021).

3.5.3. Aplicación de fertilizantes

Un día antes de la siembra se aplicó en el sustrato Fosfato diamónico en la cantidad equivalente a 150 kg/Ha (para potes 141.76 cm^2 , 0.213 g de fertilizante). A los 20 días de cultivo, se aplicó la mezcla de fertilizante sulfato de amonio y fosfato de potasio, en la cantidad equivalente a 7 bolsas por Ha (350 kg/Ha, para potes 141.76 cm^2 , 0.496 g de fertilizante). Cada 15 días se aplicó sulfato de potasio

equivalente a 225 kg/Ha (para potes 141.76 cm², 0.319 g de fertilizante) y de fosfato diamónico equivalente a 150 kg/Ha (para potes 141.76 cm², 0.213 g de fertilizante). Antes de la cosecha (a los 4 meses de cultivo) se aplicó sulfato de amonio y fosfato de potasio equivalente a 100 Kg/Ha (para potes 141.76 cm², 0.141 g de mezcla) (Fig. 8).



Figura 8. Aplicación del tratamiento de fertilización a plantas de ajo *Allium sativum* cv. "chino".

Fuente: Propia (2021).

3.5.4. Cuantificación de la concentración de metales en plantas de ajo

A los 80 y 150 días de cultivo, se realizó la cosecha de plantas de ajo. Las plantas fueron cuidadosamente desprendidas del sustrato y enjuagadas con agua de grifo para que no queden restos del sustrato en la raíz. Se separó la raíz del vástago a la altura del disco de unión. Cada parte fue medida, pesada y finalmente conservadas en bolsas de polietileno densas, correctamente etiquetadas e inmovilizadas para su transporte al Laboratorio ALAB para las determinaciones de concentración de metales y metaloides por el método de ICP – MS (Fig. 9).

3.5.5. Cuantificación de la concentración de metales en sustratos de cultivo de ajo

A los 80 y 150 días de cultivo, se realizó la cosecha de plantas de ajo. Los sustratos por cada tratamiento fueron mezclados, de la mezcla se pesó un kg de muestra y se conservaron en bolsas de polietileno densas, correctamente

etiquetadas e inmobilizadas para su transporte al Laboratorio ALAB para las determinaciones de concentración de metales y metaloides por el método de ICP – MS (Fig. 10).



Figura 9. Cosecha de plantas de ajo *Allium sativum* cv. "chino" y toma de muestra para determinación en laboratorio. Arriba de Izq.a Der. Chilina CF, Chilina SF, Tambo CF, Tambo SF. **Fuente:** Propia (2021).



Figura 10. Mezcla y toma de muestra de sustratos del cultivo de ajo para determinación en laboratorio. **Fuente:** Propia (2021).

3.5.6. Determinación del crecimiento de plantas de ajo

Las plantas cosechadas a los 80 y 150 días fueron divididas en sus órganos de raíz y vástago. La raíz fue medida desde el ápice hasta la inserción en la base del bulbo (ajo) haciendo uso de una regla de 30 cm de longitud. Posteriormente las raíces fueron pesadas. El vástago (parte aérea de la planta) se midió desde la inserción de las hojas al bulbo hasta el ápice de la hoja más larga haciendo uso de una regla de 30 cm de longitud. Luego se contó el número de hojas y se pesó. En cuanto al bulbo, se obtuvo el peso fresco y diámetro. Finalmente, el material biológico fue conservado en bolsas de polietileno densas, correctamente etiquetadas e inmobilizadas para su transporte al Laboratorio ALAB, para las determinaciones de concentración de metales por el método de ICP – MS (Fig. 11).



Figura 11. Medición de crecimiento de las plantas de ajo cosechadas a los 80 y 150 días. **Fuente:** Propia (2021).

3.5.7. Tratamientos

El experimento comprendió 08 tratamientos, cuyos códigos se presentan en la tabla 6.

Tabla 6. Relación de Tratamientos y su codificación

| N° Tto. | Descripción | | | |
|---------|--------------------------------|---------|---------------|-------------------|
| | Sustrato | Cultivo | Fertilización | Tiempo de cultivo |
| T1 | Suelo Agrícola Chilina + Arena | ajo | CF | 80 |
| T2 | Suelo Agrícola Chilina + Arena | ajo | CF | 150 |
| T3 | Suelo Agrícola Chilina + Arena | ajo | SF | 80 |
| T4 | Suelo Agrícola Chilina + Arena | ajo | SF | 150 |
| T5 | Valle de Tambo + Arena | ajo | CF | 80 |
| T6 | Valle de Tambo + Arena | ajo | CF | 150 |
| T7 | Valle de Tambo + Arena | ajo | SF | 80 |
| T8 | Valle de Tambo + Arena | ajo | SF | 150 |

Fuente: Elaboración propia (2022).

3.5.8. Croquis del experimento

| Bloque I | | | | Bloque II | | | | Bloque III | | | |
|----------|----|----|----|-----------|----|----|----|------------|----|----|----|
| T1 | T5 | T8 | T3 | T5 | T3 | T7 | T2 | T8 | T7 | T1 | T6 |
| T4 | T7 | T2 | T6 | T6 | T8 | T1 | T4 | T2 | T5 | T4 | T3 |

| | | |
|---|--|----------------------------------|
|  Suelo Chilina + arena |  Sin fertilización (SF) | T Impares Cosecha 80 días |
|  Suelo Tambo + arena |  Con fertilización (CF) | T Pares Cosecha 150 días |

3.6. Método de análisis de datos

Se aplicó un Diseño de Bloques Completos al Azar, con arreglo factorial de $2 \times 2 \times 2$, haciendo un total de 08 tratamientos. El primer factor 2, corresponde a los sustratos empleados. El segundo factor 2, corresponde a la aplicación o no de los fertilizantes; y el tercer factor 2, corresponde a los tiempos de cosecha. Se consideró 3 repeticiones por tratamiento, dando un total de 24 unidades experimentales (UE), cada una de las cuales está representada por un pote de plástico (2 kg de capacidad) conteniendo el sustrato en la cantidad correspondiente, y dos plantas del cultivo. Los datos colectados fueron sometidos a un análisis estadístico utilizando el software SPSS versión 26.0, con una significancia del 0.05.

3.7. Aspectos éticos:

Para garantizar el cumplimiento del principio ético en el presente trabajo de investigación, se respeta el carácter científico para poder asegurar que los métodos, técnicas, estrategias y fuente bibliográficas sean las adecuadas para aplicarlas en el estudio y así demostrar si la aplicación de fertilizantes influye en la biodisponibilidad de metales pesados en el cultivo del ajo, en suelos agrícolas de Chilina y Valle del Tambo. Asimismo, los resultados son reflejo de la realidad tal cual como fue observada sin modificación ni alteración alguna.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Concentración de metales en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo

La concentración basal de metales en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo, se muestran en la Tabla 7 (ver Anexo 2). Se observa que las concentraciones no superan el valor referencial del ECA suelo agrícola (DS. N° 011 – 2017- MINAM) y los establecidos por INFO-AGRO (s/f). Se cuantifica la presencia de As y Cd en concentraciones de 0.05 y 0.01 mg/kg, respectivamente en el Valle de Tambo; los mismos que no se detectaron en el suelo agrícola del Valle de Chilina. Los metales Ce y Cu se detectaron en mayor concentración en el suelo del Valle de Chilina (39.57% y 14.92 %, respectivamente); mientras que los valores de Ca, Mg, Ni y Na se encontraron en mayor concentración en el suelo del Valle de Tambo (12.3%, 61.80%, 27.2% y 47,34% respectivamente).

Tabla 7. Concentración Basal de metales en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo

| ELEMENTO | CONCENTRACION (mg/kg) | | | ELEMENTO | CONCENTRACION (mg/kg) | | |
|-----------|-----------------------|---------|-------------------|-----------|-----------------------|----------|-------------------|
| | CHILINA | VTAMBO | Valor referencial | | CHILINA | VTAMBO | Valor Referencial |
| Aluminio | 6495,47 | 6134,13 | --- | Hierro | 10867,29 | 11722,81 | --- |
| Arsénico | -- | 0,05 | 50* | Litio | 0,07 | 0,07 | --- |
| Bario | 66,25 | 64,64 | 750* | Magnesio | 2855,79 | 4620,92 | 28.86 – 13416 |
| Cadmio | -- | 0,01 | 1.4* | Manganeso | 150,50 | 169,17 | 20 y 800 |
| Calcio | 4454,60 | 5002,80 | 68.25 –13416 | Níquel | 0,05 | 13,65 | 5 y 50 |
| Cerio | 12,52 | 8,97 | --- | Potasio | 921,35 | 834,57 | 4.29 – 351 |
| Cobalto | 0,10 | 0,10 | --- | Silicio | 270,15 | 274,86 | --- |
| Cobre | 21,33 | 18,56 | 20 – 30 | Sodio | 741,89 | 1093,17 | 6.24 – 195 |
| Cromo | 10,78 | 9,48 | --- | Titanio | 704,06 | 615,00 | --- |
| Estroncio | 67,56 | 62,47 | --- | Vanadio | 39,57 | 37,13 | --- |
| Fosforo | 454,13 | 474,30 | --- | Zinc | 76,54 | 79,27 | 15-100 |

(*) ECA Suelo Agrícola. Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022)

4.1.2. Concentración de metales en las semillas de ajo

La concentración basal de metales en la semilla de ajo, se muestran en la Tabla 8. Se observa que las concentraciones de Mg y K superan los valores establecidos en el Reglamento Técnico MERCOSUR sobre Límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos (MERCOSUR/GMC/RES. N° 12/11) y los valores señalados por Pérez (2018); en un 92% y 98% respectivamente. Por otro lado, los niveles de Fe y Zn, se encuentran muy por debajo de los valores de referencia.

Tabla 8. Concentración basal de metales en la semilla de ajo

| ELEMENTO | CONCENTRACION (mg/kg) | | ELEMENTO | CONCENTRACION (mg/kg) | |
|-----------|-----------------------|-------------------|-----------|-----------------------|-------------------|
| | BASAL | Valor referencial | | BASAL | Valor referencial |
| Aluminio | 15,30 | --- | Litio | 1,20 | --- |
| Bario | 1,80 | --- | Magnesio | 982,60 | 151.0 |
| Calcio | 1338,10 | --- | Manganeso | 10,20 | 13.1 |
| Cobre | 4,50 | 20.8 | Molibdeno | 0,20 | --- |
| Estroncio | 13,64 | --- | Potasio | 22203,80 | 2260.0 |
| Fosforo | 7440,30 | --- | Sodio | 1222,20 | --- |
| Hierro | 46,70 | 272.0 | Zinc | 48,50 | 510.0 |

(*) Pérez (2018). Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2)

4.1.3. Concentración de metales en las plantas cultivadas en el suelo agrícola del Valle de Chilina y del Valle de Tambo a los 80 y 150 días

Determinación en plantas a los 80 días de tratamiento

La concentración de metales en las plantas cultivadas en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 80 días, se muestra en la tabla 9. Se observa una mayor concentración en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización, para la mayoría de elementos.

Los elementos Ca, Sr, P, Li, Mn y K presentes en las plantas cultivadas en el suelo de Chilina presentan una concentración mayor con el tratamiento de fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización, en un porcentaje superior al 50% (77.87, 71.55, 102.15, 920, 732.92 y 54.40%, respectivamente). Los elementos con valores menores con el tratamiento de fertilización en comparación al

tratamiento sin fertilización son los elementos Cu y Mo (3.17 y 23,08%, respectivamente).

Las plantas de ajo cultivadas en el suelo de Tambo, presentaron mayores concentraciones en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización, en porcentaje superior a 50% para el Al, Ba, Ca, Cu, Sr, Fe, Mn y Na (91.52, 68.57, 57.83, 140, 54.68, 501.07, 165.70 y 101.41% respectivamente). No se observó concentraciones menores para ningún elemento.

Tabla 9. Concentración de metales en las plantas cultivadas en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 80 días

| ELEMENTO | CHILINA 80 | | | | VTAMBO 80 | | | |
|-----------|------------|----------|------------|--------|-----------|---------|------------|--------|
| | SF | CF | Diferencia | % | SF | CF | Diferencia | % |
| Aluminio | 157.60 | 218.80 | 61.20 | 38.83 | 73.10 | 140.00 | 66.90 | 91.52 |
| Bario | 17.60 | 19.80 | 2.20 | 12.50 | 3.50 | 5.90 | 2.40 | 68.57 |
| Calcio | 6814.00 | 12120.40 | 5306.40 | 77.87 | 3741.60 | 5905.20 | 2163.60 | 57.83 |
| Cobre | 6.30 | 6.10 | -0.20 | -3.17 | 2.50 | 6.00 | 3.50 | 140.00 |
| Estroncio | 65.07 | 111.63 | 46.56 | 71.55 | 34.93 | 54.03 | 19.10 | 54.68 |
| Fosforo | 1941.90 | 3925.60 | 1983.70 | 102.15 | 1258.30 | 1376.80 | 118.50 | 9.42 |
| Hierro | 219.70 | 301.70 | 82.00 | 37.32 | 121.70 | 731.50 | 609.80 | 501.07 |
| Litio | 1.00 | 10.20 | 9.20 | 920.00 | 4.20 | 5.00 | 0.80 | 19.05 |
| Magnesio | 2593.20 | 3329.90 | 736.70 | 28.41 | 1048.40 | 1528.40 | 480.00 | 45.78 |
| Manganeso | 16.10 | 134.10 | 118.00 | 732.92 | 17.20 | 45.70 | 28.50 | 165.70 |
| Molibdeno | 0.65 | 0.50 | -0.15 | -23.08 | --- | --- | --- | --- |
| Potasio | 14342.50 | 22145.00 | 7802.50 | 54.40 | 8559.80 | 8935.90 | 376.10 | 4.39 |
| Sodio | 2831.80 | 3145.70 | 313.90 | 11.08 | 1951.00 | 3929.50 | 1978.50 | 101.41 |
| Zinc | 17.20 | 24.90 | 7.70 | 44.77 | 9.90 | 12.90 | 3.00 | 30.30 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2).

La concentración de metales en las plantas de ajo en el suelo de Chilina en los tratamientos con/sin fertilización a los 80 días con respecto a la determinación Basal, se muestra en la Tabla 10. Se observa que en el tratamiento sin fertilización los valores fueron menores para P, Li, K y Zn (73.90, 16.67, 35.41 y 64.54%, respectivamente) con respecto al basal. Las concentraciones de Al, Ba, Ca, Sr, Fe, Mg, Mn y Na fueron considerablemente mayores con respecto al basal (930.07, 877.78, 409.23, 377.05, 370.45, 163.91, 225.00 y 131.70 %, respectivamente).

Con respecto a las plantas con fertilización con respecto al Basal, se observó menor concentración en los elementos P, K y Zn (47.24, 0.26 y 48.66%,

respectivamente). Los elementos restantes mostraron mayor concentración con respecto al basal, siendo el Al, Ba, Ca, Sr, Fe, Li y Mn, en un rango superior al 500%.

Tabla 10. Concentración de metales en plantas de Ajo cultivadas con y sin fertilización por 80 días con respecto al valor basal en suelo del Valle de Chilina

| ELEMENTO | CHILINA 80 | | | | | | |
|-----------|------------|---------|---------|-----------------|--------|-----------------|---------|
| | Basal | SF | CF | Dif. SF - Basal | % | Dif. CF - Basal | % |
| Aluminio | 15.3 | 157.6 | 218.8 | 142.3 | 930.07 | 203.50 | 1330.07 |
| Bario | 1.8 | 17.6 | 19.8 | 15.8 | 877.78 | 18.00 | 1000.00 |
| Calcio | 1338.1 | 6814 | 12120.4 | 5475.9 | 409.23 | 10782.30 | 805.79 |
| Cobre | 4.5 | 6.3 | 6.1 | 1.8 | 40.00 | 1.60 | 35.56 |
| Estroncio | 13.64 | 65.07 | 111.63 | 51.43 | 377.05 | 97.99 | 718.40 |
| Fosforo | 7440.3 | 1941.9 | 3925.6 | -5498.4 | -73.90 | -3514.70 | -47.24 |
| Hierro | 46.7 | 219.7 | 301.7 | 173 | 370.45 | 255.00 | 546.04 |
| Litio | 1.2 | 1 | 10.2 | -0.2 | -16.67 | 9.00 | 750.00 |
| Magnesio | 982.6 | 2593.2 | 3329.9 | 1610.6 | 163.91 | 2347.30 | 238.89 |
| Manganeso | 10.2 | 16.1 | 134.1 | 5.9 | 57.84 | 123.90 | 1214.71 |
| Molibdeno | 0.2 | 0.65 | 0.5 | 0.45 | 225.00 | 0.30 | 150.00 |
| Potasio | 22203.8 | 14342.5 | 22145 | -7861.3 | -35.41 | -58.80 | -0.26 |
| Sodio | 1222.2 | 2831.8 | 3145.7 | 1609.6 | 131.70 | 1923.50 | 157.38 |
| Zinc | 48.5 | 17.2 | 24.9 | -31.3 | -64.54 | -23.60 | -48.66 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2).

La concentración de metales en las plantas de ajo en el suelo del Valle de Tambo con y sin fertilización, con respecto del basal, se muestra en la Tabla 11. Se observa que las concentraciones de Cu, P, K y Zn fueron menores en el tratamiento sin fertilización con respecto al basal (44.44, 83.09, 61.45 y 79.59 %, respectivamente). Los elementos restantes mostraron concentraciones mayores en comparación al basal, superando más del 90% el Al, Ba, Ca, Sr, Fe y Li.

La concentración de metales en las plantas con fertilización fue menor para P, K y Zn (81.50, 59.76 y 73.40 %, respectivamente) con respecto al basal. Mientras que la concentración Al, Ba, Ca, Sr, Fe, Li, Mn y Na fue considerablemente mayor en el tratamiento con fertilización con respecto al basal superando en más del 100% (Tabla 11).

Tabla 11. Concentración de metales en plantas de Ajo cultivadas con y sin fertilización por 80 días con respecto al valor Basal en suelo de Valle de Tambo

| ELEMENTO | VTAMBO 80 | | | | | | |
|-----------|-----------|--------|--------|-----------------|--------|-----------------|---------|
| | Basal | SF | CF | Dif. SF - Basal | % | Dif. CF - Basal | % |
| Aluminio | 15.3 | 73.1 | 140 | 57.80 | 377.78 | 124.7 | 815.03 |
| Bario | 1.8 | 3.5 | 5.9 | 1.70 | 94.44 | 4.1 | 227.78 |
| Calcio | 1338.1 | 3741.6 | 5905.2 | 2403.50 | 179.62 | 4567.1 | 341.31 |
| Cobre | 4.5 | 2.5 | 6 | -2.00 | -44.44 | 1.5 | 33.33 |
| Estroncio | 13.64 | 34.93 | 54.03 | 21.29 | 156.09 | 40.39 | 296.11 |
| Fosforo | 7440.3 | 1258.3 | 1376.8 | -6182 | -83.09 | -6063.5 | -81.50 |
| Hierro | 46.7 | 121.7 | 731.5 | 75.00 | 160.60 | 684.8 | 1466.38 |
| Litio | 1.2 | 4.2 | 5.00 | 3.00 | 250.00 | 3.8 | 316.67 |
| Magnesio | 982.6 | 1048.4 | 1528.4 | 65.8 | 6.70 | 545.8 | 55.55 |
| Manganeso | 10.2 | 17.2 | 45.7 | 7.00 | 68.63 | 35.5 | 348.04 |
| Molibdeno | 0.2 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Potasio | 22203.8 | 8559.8 | 8935.9 | -13644.00 | -61.45 | -13267.9 | -59.76 |
| Sodio | 1222.2 | 1951 | 3929.5 | 728.80 | 59.63 | 2707.3 | 221.51 |
| Zinc | 48.5 | 9.9 | 12.9 | -38.60 | -79.59 | -35.6 | -73.40 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2).

Determinación en plantas a los 150 días de tratamiento

La concentración de metales en las plantas cultivadas en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 150 días, se muestra en la tabla 12. Se observa que la concentración de metales en plantas cultivadas en el suelo del Valle de Tambo y Valle de Chilina es mayor para todos los elementos en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización.

Los elementos en las plantas cultivadas en suelo de Chilina que presentan una concentración mayor con el tratamiento de fertilización, en un porcentaje superior al 100% son Al, Ca, Cu, Sr, P, Fe, Mg, Na y Zn (714.53, 473.56, 257.14, 489.03, 263.12, 498.07, 351.99, 138.43 y 337.63 %, respectivamente). Los elementos que presentan una concentración mayor en un porcentaje superior al 1000 % son Ba, Li y Mn (2480, 1333.33, 4434.69 %, respectivamente).

En las plantas de ajo con fertilización cultivadas en el suelo del Valle de Tambo, los elementos que presentaron porcentaje superior a 100% con respecto al

tratamiento sin fertilización son Al, Sr, Fe, Li y Mg (467.44, 109.61, 375.46, 311.11, 122.85 %, respectivamente). Los elementos con concentraciones superiores al 1000% son Ba y Mn (1500 y 2520.75%) (Tabla 12).

Tabla 12. Concentración de metales en las plantas cultivadas en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 150 días

| ELEMENTO | CHILINA 150 | | | | V TAMBO 150 | | | |
|-----------|-------------|---------|------------|---------|-------------|---------|------------|---------|
| | SF | CF | Diferencia | % | SF | CF | Diferencia | % |
| Aluminio | 124.6 | 1014.9 | 890.3 | 714.53 | 73.7 | 418.2 | 344.50 | 467.44 |
| Bario | 1 | 25.8 | 24.8 | 2480.00 | 0.1 | 1.6 | 1.50 | 1500.00 |
| Calcio | 3103.8 | 17802.1 | 14698.3 | 473.56 | 3821.4 | 7625.8 | 3804.40 | 99.56 |
| Cobre | 3.5 | 12.5 | 9 | 257.14 | 3.7 | 7 | 3.30 | 89.19 |
| Estroncio | 27.89 | 164.28 | 136.39 | 489.03 | 33.31 | 69.82 | 36.51 | 109.61 |
| Fosforo | 1396 | 5069.1 | 3673.1 | 263.12 | 2044.3 | 2935.8 | 891.50 | 43.61 |
| Hierro | 217.3 | 1299.6 | 1082.3 | 498.07 | 158.5 | 753.6 | 595.10 | 375.46 |
| Litio | 0.3 | 4.3 | 4 | 1333.33 | 0.9 | 3.7 | 2.80 | 311.11 |
| Magnesio | 1115.1 | 5040.1 | 3925 | 351.99 | 851.8 | 1898.2 | 1046.40 | 122.85 |
| Manganeso | 14.7 | 666.6 | 651.9 | 4434.69 | 10.6 | 277.8 | 267.20 | 2520.75 |
| Potasio | 11287.3 | 16443.1 | 5155.8 | 45.68 | 9745.3 | 13171.4 | 3426.10 | 35.16 |
| Sodio | 527.5 | 1257.7 | 730.2 | 138.43 | 670.3 | 927.7 | 257.40 | 38.40 |
| Zinc | 9.3 | 40.7 | 31.4 | 337.63 | 14 | 25 | 11.00 | 78.57 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2).

La concentración de metales en las plantas de ajo en el suelo de Chilina de los tratamientos con/sin fertilización a los 150 días, con respecto al Basal, se muestra en la Tabla 13. Se observa que las concentraciones de metales en las plantas de ajo sin fertilización fueron menores para Ba, Cu, P, Li, K, Na y Zn (44.44, 22.22, 81.24, 75, 49.17, 56.84 y 80.82%, respectivamente) con respecto al valor Basal. Los elementos restantes mostraron concentraciones mayores con respecto al valor Basal, encontrándose sobre el 100% los elementos Al, Ca, Sr y Fe (714.38, 131.96, 104.47 y 365.31, respectivamente).

En el tratamiento con fertilización los valores menores con respecto al valor Basal, se encontraron en P, K y Zn (31.87, 25.94 y 16.08 %, respectivamente). Los elementos que superaron la concentración del valor Basal en más de 100% fueron el Cu, Li y Mg (177.78, 258.33 y 412.94 %, respectivamente). Los elementos cuya

concentración superó en más del 1000% la concentración basal fueron Al, Bario, Ca, Sr, Fe y Mn (6533.33, 1333.33, 1230.40, 1104.40, 2682.87 y 6435.29 %, respectivamente) (Tabla 13).

Tabla 13. Concentración de metales en plantas de Ajo cultivadas con y sin fertilización por 150 días con respecto al basal en suelo del Valle de Chilina

| ELEMENTO | CHILINA 150 | | | | | | |
|-----------|-------------|---------|---------|-----------------|--------|-----------------|---------|
| | Basal | SF | CF | Dif. SF - Basal | % | Dif. CF - Basal | % |
| Aluminio | 15.3 | 124.6 | 1014.9 | 109.30 | 714.38 | 999.60 | 6533.33 |
| Bario | 1.8 | 1 | 25.8 | -0.80 | -44.44 | 24.00 | 1333.33 |
| Calcio | 1338.1 | 3103.8 | 17802.1 | 1765.70 | 131.96 | 16464.00 | 1230.40 |
| Cobre | 4.5 | 3.5 | 12.5 | -1.00 | -22.22 | 8.00 | 177.78 |
| Estroncio | 13.64 | 27.89 | 164.28 | 14.25 | 104.47 | 150.64 | 1104.40 |
| Fosforo | 7440.3 | 1396 | 5069.1 | -6044.30 | -81.24 | -2371.20 | -31.87 |
| Hierro | 46.7 | 217.3 | 1299.6 | 170.60 | 365.31 | 1252.90 | 2682.87 |
| Litio | 1.2 | 0.3 | 4.3 | -0.90 | -75.00 | 3.10 | 258.33 |
| Magnesio | 982.6 | 1115.1 | 5040.1 | 132.50 | 13.48 | 4057.50 | 412.94 |
| Manganeso | 10.2 | 14.7 | 666.6 | 4.50 | 44.12 | 656.40 | 6435.29 |
| Molibdeno | 0.2 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Potasio | 22203.8 | 11287.3 | 16443.1 | -10916.50 | -49.17 | -5760.70 | -25.94 |
| Sodio | 1222.2 | 527.5 | 1257.7 | -694.70 | -56.84 | 35.50 | 2.90 |
| Zinc | 48.5 | 9.3 | 40.7 | -39.20 | -80.82 | -7.80 | -16.08 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2).

La concentración de metales en las plantas de ajo en el suelo del Valle de Tambo con respecto al valor basal y los tratamientos con/sin fertilización a los 150 días se muestra en la Tabla 14. Se observa que las concentraciones en las plantas de ajo sin fertilización fueron menores con respecto al valor basal, en los elementos Ba, Cu, P, Li, Mg, K, Na y Zn (94.44, 17.78, 72.52, 25, 56.11, 45.16 y 71.13%, respectivamente). Los elementos Al, Ca, Sr y Fe mostraron concentraciones mayores al valor basal, en más del 100% (381.70, 185.58, 144.21 y 239.40 %, respectivamente).

En las plantas con fertilización los valores menores con respecto al valor basal, los presentaron los elementos Ba, P, K, Na y Zn (11.11, 60.54, 40.68, 24.10 y 48.45 %, respectivamente). Los elementos que presentaron concentraciones superiores al 100% con respecto al valor basal fueron Ca, Sr y Li (469.90, 411.88, 208.33 %, respectivamente). Los elementos que presentaron un valor mayor al

1000% con respecto al basal fueron Al, Fe y Mn (2633.33, 1513.70, 2623.53 %, respectivamente).

Tabla 14. Concentración de metales en plantas de Ajo cultivadas con y sin fertilización por 150 días con respecto al basal en suelo del Valle de Tambo

| ELEMENTO | V TAMBO 150 | | | | | | |
|-----------|-------------|--------|---------|-----------------|--------|-----------------|---------|
| | Basal | SF | CF | Dif. SF - Basal | % | Dif. CF - Basal | % |
| Aluminio | 15.3 | 73.7 | 418.2 | 58.40 | 381.70 | 402.90 | 2633.33 |
| Bario | 1.8 | 0.1 | 1.6 | -1.70 | -94.44 | -0.20 | -11.11 |
| Calcio | 1338.1 | 3821.4 | 7625.8 | 2483.30 | 185.58 | 6287.70 | 469.90 |
| Cobre | 4.5 | 3.7 | 7 | -0.80 | -17.78 | 2.50 | 55.56 |
| Estroncio | 13.64 | 33.31 | 69.82 | 19.67 | 144.21 | 56.18 | 411.88 |
| Fosforo | 7440.3 | 2044.3 | 2935.8 | -5396.00 | -72.52 | -4504.50 | -60.54 |
| Hierro | 46.7 | 158.5 | 753.6 | 111.80 | 239.40 | 706.90 | 1513.70 |
| Litio | 1.2 | 0.9 | 3.7 | -0.30 | -25.00 | 2.50 | 208.33 |
| Magnesio | 982.6 | 851.8 | 1898.2 | -130.80 | -13.31 | 915.60 | 93.18 |
| Manganeso | 10.2 | 10.6 | 277.8 | 0.40 | 3.92 | 267.60 | 2623.53 |
| Molibdeno | 0.2 | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Potasio | 22203.8 | 9745.3 | 13171.4 | -12458.50 | -56.11 | -9032.40 | -40.68 |
| Sodio | 1222.2 | 670.3 | 927.7 | -551.90 | -45.16 | -294.50 | -24.10 |
| Zinc | 48.5 | 14 | 25 | -34.50 | -71.13 | -23.50 | -48.45 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2).

4.1.4. Concentración de metales en los suelos de cultivo de Chilina y el Valle de Tambo a los 80 y 150 días

Determinación de elementos en suelo a los 80 días

La concentración de metales en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 80 días con y sin fertilización, se muestra en la tabla 15. En el suelo de Chilina, en el tratamiento con fertilización los elementos que presentan menor concentración con respecto al tratamiento sin fertilización fueron el Li y Si (20.44 y 4.09 %). Los elementos restantes mostraron mayor concentración con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización, pero en menos del 50%.

En el suelo de Tambo, la mayor parte de elementos mostró concentraciones mayores en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización. Se encontró que los valores fueron ligeramente mayores en el

tratamiento con fertilización para el Ca, Cu, Sr, P, Li, K y Si (5.87, 8.17, 0.91, 18.15, 5.85, 20.24 y 16.31% respectivamente); mientras que los elementos As y Cd mostraron concentraciones evidentemente superiores con respecto al tratamiento sin fertilización (1660.71 y 71.43 %, respectivamente).

Tabla 15. Concentración de metales en los suelos agrícolas del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 80 días

| Elemento | CHILINA 80 | | | | VTAMBO 80 | | | |
|-----------|------------|---------|------------|--------|-----------|----------|------------|---------|
| | SF | CF | Diferencia | % | SF | CF | Diferencia | % |
| Aluminio | 3657.78 | 4146.97 | 489.19 | 13.37 | 5325.31 | 5180.07 | -145.24 | -2.73 |
| Arsénico | - | - | - | - | 0.28 | 4.93 | 4.65 | 1660.71 |
| Bario | 42.19 | 43.41 | 1.22 | 2.89 | 66.83 | 64.45 | -2.38 | -3.56 |
| Cadmio | - | - | - | - | 0.04 | 0.06 | 0.03 | 71.43 |
| Calcio | 2296.10 | 2824.10 | 528.00 | 23.00 | 3066.00 | 3246.00 | 180.00 | 5.87 |
| Cerio | 6.02 | 6.22 | 0.20 | 3.32 | 8.36 | 8.20 | -0.16 | -1.91 |
| Cobalto | 3.17 | 3.54 | 0.37 | 11.67 | 4.70 | 4.35 | -0.35 | -7.45 |
| Cobre | 15.04 | 15.79 | 0.75 | 5.01 | 20.35 | 22.01 | 1.66 | 8.17 |
| Cromo | 4.52 | 6.23 | 1.71 | 37.83 | 4.09 | 3.40 | -0.69 | -16.87 |
| Estroncio | 34.58 | 40.89 | 6.31 | 18.25 | 38.64 | 38.99 | 0.35 | 0.91 |
| Fosforo | 276.52 | 361.33 | 84.81 | 30.67 | 522.93 | 617.82 | 94.89 | 18.15 |
| Hierro | 7150.12 | 8093.75 | 943.63 | 13.20 | 10736.17 | 10543.48 | -192.69 | -1.79 |
| Lítio | 0.82 | 0.65 | -0.17 | -20.44 | 4.43 | 4.69 | 0.26 | 5.85 |
| Magnesio | 1681.98 | 1807.48 | 125.50 | 7.46 | 3267.67 | 2892.13 | -375.54 | -11.49 |
| Manganeso | 91.60 | 95.09 | 3.49 | 3.81 | 166.80 | 166.59 | -0.21 | -0.13 |
| Níquel | 4.50 | 5.16 | 0.66 | 14.67 | 6.43 | 0.02 | -6.41 | -99.69 |
| Potasio | 521.68 | 815.61 | 293.93 | 56.34 | 853.27 | 1025.97 | 172.70 | 20.24 |
| Silicio | 279.39 | 267.95 | -11.44 | -4.09 | 327.73 | 381.19 | 53.46 | 16.31 |
| Sodio | 440.25 | 482.10 | 41.85 | 9.51 | 487.30 | 464.42 | -22.88 | -4.70 |
| Titanio | 493.62 | 552.03 | 58.41 | 11.83 | 419.33 | 415.29 | -4.04 | -0.96 |
| Vanadio | 26.34 | 30.38 | 4.04 | 15.34 | 291.50 | 27.72 | -263.78 | -90.49 |
| Zinc | 21.58 | 22.18 | 0.60 | 2.78 | 35.50 | 35.38 | -0.12 | -0.34 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2)

La concentración de metales en el suelo de Chilina a los 80 días, en el tratamiento con/sin fertilización con respecto al valor basal, se muestra en la Tabla 16. Se observa que las concentraciones de metales en el suelo sin fertilización con respecto al valor Basal, fueron menores para la mayoría de elementos cuantificados. El elemento Si presentó un valor mayor que el Basal en 3.42%, y los elementos Co, Li y Ni mostraron valores por encima del 1000% con respecto al valor Basal (3070.00, 1071.43 y 8900.00 %, respectivamente).

En el suelo con fertilización los valores fueron menores en la mayoría de elementos con respecto al basal. Se observaron valores mayores, alrededor del 1000 % con respecto al Basal, en los elementos Cobalto, Litio y Níquel (3440.00, 828.57 y 10220.00 %, respectivamente) (Tabla 16).

Tabla 16. Concentración de metales en el suelo a los 80 días de tratamiento con y sin fertilización con respecto al basal en suelo del Valle de Chilina.

| Elemento | CHILINA 80 | | | | | | |
|-----------|------------|---------|---------|-----------------|---------|-----------------|----------|
| | Basal | SF | CF | Dif. SF - Basal | % | Dif. CF - Basal | % |
| Aluminio | 6495.47 | 3657.78 | 4146.97 | -2837.69 | -43.69 | -2348.50 | -36.16 |
| Bario | 66.25 | 42.19 | 43.41 | -24.06 | -36.32 | -22.84 | -34.48 |
| Calcio | 4454.6 | 2296.1 | 2824.1 | -2158.50 | -48.46 | -1630.50 | -36.60 |
| Cerio | 12.52 | 6.02 | 6.22 | -6.50 | -51.92 | -6.30 | -50.32 |
| Cobalto | 0.1 | 3.17 | 3.54 | 3.07 | 3070.00 | 3.44 | 3440.00 |
| Cobre | 21.33 | 15.04 | 15.79 | -6.29 | -29.49 | -5.54 | -25.97 |
| Cromo | 10.78 | 4.52 | 6.23 | -6.26 | -58.07 | -4.55 | -42.21 |
| Estroncio | 67.56 | 34.58 | 40.89 | -32.98 | -48.82 | -26.67 | -39.48 |
| Fosforo | 454.13 | 276.52 | 361.33 | -177.61 | -39.11 | -92.80 | -20.43 |
| Hierro | 10867.29 | 7150.12 | 8093.75 | -3717.17 | -34.21 | -2773.54 | -25.52 |
| Litio | 0.07 | 0.82 | 0.65 | 0.75 | 1071.43 | 0.58 | 828.57 |
| Magnesio | 2855.79 | 1681.98 | 1807.48 | -1173.81 | -41.10 | -1048.31 | -36.71 |
| Manganeso | 150.5 | 91.6 | 95.09 | -58.90 | -39.14 | -55.41 | -36.82 |
| Níquel | 0.05 | 4.5 | 5.16 | 4.45 | 8900.00 | 5.11 | 10220.00 |
| Potasio | 921.35 | 521.68 | 815.61 | -399.67 | -43.38 | -105.74 | -11.48 |
| Silicio | 270.15 | 279.39 | 267.95 | 9.24 | 3.42 | -2.20 | -0.81 |
| Sodio | 741.89 | 440.25 | 482.1 | -301.64 | -40.66 | -259.79 | -35.02 |
| Titanio | 704.06 | 493.62 | 552.03 | -210.44 | -29.89 | -152.03 | -21.59 |
| Vanadio | 39.57 | 26.34 | 30.38 | -13.23 | -33.43 | -9.19 | -23.22 |
| Zinc | 76.54 | 21.58 | 22.18 | -54.96 | -71.81 | -54.36 | -71.02 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2).

La concentración de metales en el suelo del Valle de Tambo a los 80 días, del tratamiento con/sin fertilización con respecto al basal, se muestra en la Tabla 17. Se observó en el suelo sin fertilización valores menores para la mayoría de elementos, con respecto al valor Basal. Los elementos Ba, Cu, P, K y Si, mostraron valores ligeramente mayores al valor Basal (3.39, 9.64, 10.25, 2.24 y 19.24 %, respectivamente). Los elementos As, Cd y V; presentaron valores mayores al 100% con respecto al valor Basal (460.00, 300.00 y 685.08 %); mientras que los elementos

Co y Li presentaron valores en más de 1000% por encima del valor basal (4600.00 y 6228.57 %, respectivamente).

En el suelo del tratamiento con fertilización, la mayor parte de elementos mostraron valores menores con respecto al Basal. El Cd presentó un valor 500% mayor que el valor Basal; y el As, Co y Li superaron los valores basales en más del 1000% (9760.00, 4250.00 y 6600.00 %, respectivamente) (Tabla 17).

Tabla 17. Concentración de metales en el suelo a los 80 días de tratamiento con y sin fertilización con respecto al basal en suelo del Valle de Tambo

| Elemento | VTAMBO 80 | | | | | | |
|-----------|-----------|----------|----------|-----------------|---------|-----------------|---------|
| | Basal | SF | CF | Dif. SF - Basal | % | Dif. CF - Basal | % |
| Aluminio | 6134.13 | 5325.31 | 5180.07 | -808.82 | -13.19 | -954.06 | -15.55 |
| Arsénico | 0.05 | 0.28 | 4.93 | 0.23 | 460.00 | 4.88 | 9760.00 |
| Bario | 64.64 | 66.83 | 64.45 | 2.19 | 3.39 | -0.19 | -0.29 |
| Cadmio | 0.01 | 0.04 | 0.06 | 0.03 | 300.00 | 0.05 | 500.00 |
| Calcio | 5002.8 | 3066 | 3246 | -1936.8 | -38.71 | -1756.80 | -35.12 |
| Cerio | 8.97 | 8.36 | 8.2 | -0.61 | -6.80 | -0.77 | -8.58 |
| Cobalto | 0.1 | 4.7 | 4.35 | 4.6 | 4600.00 | 4.25 | 4250.00 |
| Cobre | 18.56 | 20.35 | 22.01 | 1.79 | 9.64 | 3.45 | 18.59 |
| Cromo | 9.48 | 4.09 | 3.4 | -5.39 | -56.86 | -6.08 | -64.14 |
| Estroncio | 62.47 | 38.64 | 38.99 | -23.83 | -38.15 | -23.48 | -37.59 |
| Fosforo | 474.3 | 522.93 | 617.82 | 48.63 | 10.25 | 143.52 | 30.26 |
| Hierro | 11722.81 | 10736.17 | 10543.48 | -986.64 | -8.42 | -1179.33 | -10.06 |
| Litio | 0.07 | 4.43 | 4.69 | 4.36 | 6228.57 | 4.62 | 6600.00 |
| Magnesio | 4620.92 | 3267.67 | 2892.13 | -1353.25 | -29.29 | -1728.79 | -37.41 |
| Manganeso | 169.17 | 166.8 | 166.59 | -2.37 | -1.40 | -2.58 | -1.53 |
| Níquel | 13.65 | 6.43 | 0.02 | -7.22 | -52.89 | -13.63 | -99.85 |
| Potasio | 834.57 | 853.27 | 1025.97 | 18.7 | 2.24 | 191.40 | 22.93 |
| Silicio | 274.86 | 327.73 | 381.19 | 52.87 | 19.24 | 106.33 | 38.69 |
| Sodio | 1093.17 | 487.3 | 464.42 | -605.87 | -55.42 | -628.75 | -57.52 |
| Titanio | 615 | 419.33 | 415.29 | -195.67 | -31.82 | -199.71 | -32.47 |
| Vanadio | 37.13 | 291.5 | 27.72 | 254.37 | 685.08 | -9.41 | -25.34 |
| Zinc | 79.27 | 35.5 | 35.38 | -43.77 | -55.22 | -43.89 | -55.37 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2).

Determinación de elementos en suelo a los 150 días

La concentración de metales en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 150 días, se muestra en la Tabla 18. En el suelo de Chilina, se observa concentraciones menores en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización, en Ba, Co, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, V y Zn. Con el tratamiento de fertilización Al, Ca, Ce, Cu, Sr y Na, mostraron valores mayores en menos del 10% con respecto al tratamiento sin fertilización; mientras que K mostró una concentración 106.24% superior con respecto al tratamiento sin fertilización.

Tabla 18. Concentración de metales en los suelos agrícolas del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 150 días de tratamiento con y sin fertilización.

| Elemento | CHILINA 150 | | | | VTAMBO 150 | | | |
|-----------|-------------|----------|------------|--------|------------|----------|------------|-------|
| | SF | CF | Diferencia | % | SF | CF | Diferencia | % |
| Aluminio | 4,012.40 | 4,109.56 | 97.16 | 2.42 | 6,323.06 | 6,426.16 | 103.10 | 1.63 |
| Arsénico | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Bario | 57.56 | 55.65 | -1.91 | -3.32 | 105.80 | 100.30 | -5.50 | -5.20 |
| Cadmio | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Calcio | 2979.8 | 3054.7 | 74.90 | 2.51 | 4812.30 | 5021.70 | 209.40 | 4.35 |
| Cerio | 10.42 | 11.35 | 0.93 | 8.93 | 12.96 | 12.20 | -0.76 | -5.86 |
| Cobalto | 2.25 | 2.15 | -0.10 | -4.44 | 4.50 | 4.83 | 0.33 | 7.33 |
| Cobre | 19.61 | 19.79 | 0.18 | 0.91 | 31.74 | 31.20 | -0.54 | -1.70 |
| Cromo | 5.18 | 4.84 | -0.34 | -6.56 | 4.63 | 5.02 | 0.39 | 8.42 |
| Estroncio | 52.37 | 53.70 | 1.33 | 2.54 | 62.67 | 64.03 | 1.36 | 2.17 |
| Fosforo | 388.56 | 542.11 | 153.55 | 39.52 | 739.46 | 989.48 | 250.02 | 33.81 |
| Hierro | 8366.83 | 8137.61 | -229.22 | -2.74 | 12878.75 | 13138.28 | 259.53 | 2.02 |
| Litio | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Magnesio | 2279.66 | 2140.58 | -139.08 | -6.10 | 4300.61 | 4760.7 | 460.09 | 10.70 |
| Manganeso | 132.4 | 124.3 | -8.10 | -6.12 | 274.68 | 267.17 | -7.51 | -2.73 |
| Níquel | 6.5 | 5.92 | -0.58 | -8.92 | 8.24 | 9.35 | 1.11 | 13.47 |
| Potasio | 734.6 | 1515.01 | 780.41 | 106.24 | 1262.92 | 1944.98 | 682.06 | 54.01 |
| Silicio | 326.45 | 318.48 | -7.97 | -2.44 | 317.15 | 344.53 | 27.38 | 8.63 |
| Sodio | 580.7 | 627.25 | 46.55 | 8.02 | 816.99 | 762.85 | -54.14 | -6.63 |
| Titanio | 523.26 | 515.78 | -7.48 | -1.43 | 408.62 | 441.88 | 33.26 | 8.14 |
| Vanadio | 27.76 | 27.56 | -0.20 | -0.72 | 29.23 | 31.02 | 1.79 | 6.12 |
| Zinc | 20.43 | 19.53 | -0.90 | -4.41 | 45.79 | 45.03 | -0.76 | -1.66 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2)

En el suelo de Tambo se observó concentraciones menores para Ba, Ce, Cu, Mn, Na y Zn en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización. El K fue el único elemento con una concentración mayor con el tratamiento de fertilización, en un porcentaje superior al 50% (54.01%). Los elementos restantes presentaron valores mayores en menos del 30% con fertilización, con respecto a sin fertilización (Tabla 18).

La concentración de metales en el suelo de Chilina a los 150 días, con y sin fertilización con respecto al valor basal, se muestra en la Tabla 19. Se observó en el suelo sin fertilización valores menores para la mayoría de elementos cuantificados, destacando con los porcentajes más altos Al, Ca, Cr y Zn (entre 30 y 75%) con respecto al basal. En contraste, los porcentajes fueron muy superiores al

Tabla 19. Concentración de metales en el suelo a los 150 días de tratamiento con y sin fertilización con respecto al basal en suelo del Valle de Chilina

| Elemento | CHILINA 150 | | | | | | |
|-----------|-------------|----------|----------|-----------------|-----------|-----------------|-----------|
| | Basal | SF | CF | Dif. SF - Basal | % | Dif. CF - Basal | % |
| Aluminio | 6,495.47 | 4,012.40 | 4,109.56 | -2,483.07 | -38.23 | -2,385.91 | -36.73 |
| Bario | 66.25 | 57.56 | 55.65 | -8.69 | -13.12 | -10.60 | -16.00 |
| Calcio | 4454.6 | 2979.8 | 3054.7 | -1,474.80 | -33.11 | -1,399.90 | -31.43 |
| Cerio | 12.52 | 10.42 | 11.35 | -2.10 | -16.77 | -1.17 | -9.35 |
| Cobalto | 0.1 | 2.25 | 2.15 | 2.15 | 2,150.00 | 2.05 | 2,050.00 |
| Cobre | 21.33 | 19.61 | 19.79 | -1.72 | -8.06 | -1.54 | -7.22 |
| Cromo | 10.78 | 5.18 | 4.84 | -5.60 | -51.95 | -5.94 | -55.10 |
| Estroncio | 67.56 | 52.37 | 53.7 | -15.19 | -22.48 | -13.86 | -20.52 |
| Fosforo | 454.13 | 388.56 | 542.11 | -65.57 | -14.44 | 87.98 | 19.37 |
| Hierro | 10867.29 | 8366.83 | 8137.61 | -2,500.46 | -23.01 | -2,729.68 | -25.12 |
| Litio | 0.07 | - | - | | | | |
| Magnesio | 2855.79 | 2279.66 | 2140.58 | -576.13 | -20.17 | -715.21 | -25.04 |
| Manganeso | 150.5 | 132.4 | 124.3 | -18.10 | -12.03 | -26.20 | -17.41 |
| Níquel | 0.05 | 6.5 | 5.92 | 6.45 | 12,900.00 | 5.87 | 11,740.00 |
| Potasio | 921.35 | 734.6 | 1515.01 | -186.75 | -20.27 | 593.66 | 64.43 |
| Silicio | 270.15 | 326.45 | 318.48 | 56.30 | 20.84 | 48.33 | 17.89 |
| Sodio | 741.89 | 580.7 | 627.25 | -161.19 | -21.73 | -114.64 | -15.45 |
| Titanio | 704.06 | 523.26 | 515.78 | -180.80 | -25.68 | -188.28 | -26.74 |
| Vanadio | 39.57 | 27.76 | 27.56 | -11.81 | -29.85 | -12.01 | -30.35 |
| Zinc | 76.54 | 20.43 | 19.53 | -56.11 | -73.31 | -57.01 | -74.48 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2).

basal en el tratamiento sin fertilización, para los elementos Co y Ni (2150.00 y 12900.00 respectivamente).

La concentración de metales en el suelo del Valle de Tambo a los 150 días, del tratamiento con y sin fertilización con respecto al valor basal, se muestra en la Tabla 22. Se observó en el suelo sin fertilización valores menores para Ca, Cr, Mg, Ni, Na, Ti, V y Zn (3.81, 51.16, 25.26, 33.56, 21.28 y 42.24 %, respectivamente) con

Tabla 20. Concentración de metales en el suelo a los 150 días de tratamiento con y sin fertilización con respecto al basal en suelo del Valle de Tambo

| Elemento | VTAMBO 150 | | | | | | |
|-----------|------------|----------|----------|-----------------|---------|-----------------|---------|
| | Basal | SF | CF | Dif. SF - Basal | % | Dif. CF - Basal | % |
| Aluminio | 6,134.13 | 6,323.06 | 6,426.16 | 188.93 | 3.08 | 292.03 | 4.76 |
| Arsénico | 0.05 | - | - | | | | |
| Bario | 64.64 | 105.8 | 100.3 | 41.16 | 63.68 | 35.66 | 55.17 |
| Cadmio | 0.01 | - | - | --- | --- | --- | --- |
| Calcio | 5002.8 | 4812.3 | 5021.7 | -190.50 | -3.81 | 18.90 | 0.38 |
| Cerio | 8.97 | 12.96 | 12.2 | 3.99 | 44.48 | 3.23 | 36.01 |
| Cobalto | 0.1 | 4.5 | 4.83 | 4.40 | 4400.00 | 4.73 | 4730.00 |
| Cobre | 18.56 | 31.74 | 31.2 | 13.18 | 71.01 | 12.64 | 68.10 |
| Cromo | 9.48 | 4.63 | 5.02 | -4.85 | -51.16 | -4.46 | -47.05 |
| Estroncio | 62.47 | 62.67 | 64.03 | 0.20 | 0.32 | 1.56 | 2.50 |
| Fosforo | 474.3 | 739.46 | 989.48 | 265.16 | 55.91 | 515.18 | 108.62 |
| Hierro | 11722.81 | 12878.75 | 13138.28 | 1155.94 | 9.86 | 1415.47 | 12.07 |
| Litio | 0.07 | - | - | --- | --- | --- | --- |
| Magnesio | 4620.92 | 4300.61 | 4760.7 | -320.31 | -6.93 | 139.78 | 3.02 |
| Manganeso | 169.17 | 274.68 | 267.17 | 105.51 | 62.37 | 98.00 | 57.93 |
| Níquel | 13.65 | 8.24 | 9.35 | -5.41 | -39.63 | -4.30 | -31.50 |
| Potasio | 834.57 | 1262.92 | 1944.98 | 428.35 | 51.33 | 1110.41 | 133.05 |
| Silicio | 274.86 | 317.15 | 344.53 | 42.29 | 15.39 | 69.67 | 25.35 |
| Sodio | 1093.17 | 816.99 | 762.85 | -276.18 | -25.26 | -330.32 | -30.22 |
| Titanio | 615 | 408.62 | 441.88 | -206.38 | -33.56 | -173.12 | -28.15 |
| Vanadio | 37.13 | 29.23 | 31.02 | -7.90 | -21.28 | -6.11 | -16.46 |
| Zinc | 79.27 | 45.79 | 45.03 | -33.48 | -42.24 | -34.24 | -43.19 |

Fuente: Elaboración propia a partir de los resultados ALAB (2022) (Ver Anexo 2).

respecto al basal. Mientras que la concentración para Co fue considerablemente mayor en el tratamiento sin fertilización con respecto al basal (4400.00 %) (Tabla 20).

En el suelo con fertilización, los valores menores fueron para Cr, Ni, Na, Ti, V y Zn (47.05, 31.50, 30.22, 28.15, 16.46 y 43.19 %, respectivamente) con respecto al basal. Mientras que la concentración para Co, P y K fue considerablemente mayor en el tratamiento con fertilización con respecto al basal (4730.00, 108.62 y 133.05 %, respectivamente) (Tabla 20).

4.1.5. Crecimiento de plantas de ajo, con fertilización y sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo

Crecimiento de Raíz

En la Tabla 21, se muestran los valores promedio de las determinaciones realizadas para evaluar el crecimiento de las plantas de ajo a los 80 y 150 días de tratamiento, con y sin fertilización, en suelo de cultivo del Valle de Chilina y del Valle de Tambo. Para los valores de peso y longitud de raíz, los datos mostraron distribución Normal (Anexo 3 y Anexo 4).

Los valores de peso radicular según la prueba de ANOVA indica que no existen diferencias significativas ($p > 0.05$) entre los tratamientos. Sin embargo, los valores fueron más altos para las plantas creciendo en suelo de Tambo con respecto a Chilina para todos los tratamientos excepto C/F 150 días. El peso ganado por las plantas tanto en el suelo de Chilina como de Tambo, fue mayor en el tratamiento S/F en comparación al C/F en ambos periodos de tiempo (80 y 150 días); y tanto para el tratamiento sin fertilización como con fertilización, los valores fueron mayores a los 80 días de tratamiento.

Con respecto a la longitud radicular, los valores fueron mayores en plantas creciendo en suelo de Tambo con respecto a las plantas que crecieron en suelo de Chilina, en casi todos los tratamientos menos en C/F 150 días. Dentro del grupo de Chilina, la longitud radicular fue mayor en el tratamiento sin fertilización en comparación con el tratamiento con fertilización, en ambos periodos de tiempo; pero, en el suelo de Tambo, se encuentra la misma tendencia solo en el periodo de

150 días, aunque las diferencias no fueron significativas ($p < 0.05$). Los únicos valores que mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre sí, corresponden a los tratamientos con fertilización a los 80 y 150 días.

Crecimiento de Bulbo

Para los valores de peso y diámetro de bulbo, los datos mostraron distribución Normal y según la prueba de ANOVA, presentan diferencia significativa entre tratamientos ($p > 0.05$). (Anexo 5 y Anexo 6). Los valores de peso de bulbo fueron mayores para todos los tratamientos en las plantas que crecieron en suelo de Tambo, a excepción del tratamiento sin fertilización a los 80 días, que fue mayor en las plantas en suelo de Chilina. En el suelo de Chilina, los mayores valores se obtuvieron en plantas sin fertilización con respecto a las plantas con fertilización; mientras que, en las plantas en el suelo de Tambo, el peso de bulbo con fertilización fue mayor en comparación al tratamiento sin fertilización. El peso ganado en bulbo por las plantas tanto en el suelo de Chilina como en el de Tambo, fue mayor en el tratamiento C/F a los 80 días de tratamiento (Tabla 21).

Con respecto al diámetro de bulbo, los valores fueron mayores en plantas creciendo en suelo de Tambo con respecto a las plantas que crecieron en suelo de Chilina, en los tratamientos con fertilización, mientras que, en los tratamientos sin fertilización, los valores más altos se encontraron en las plantas que crecieron en suelo de Chilina. Asimismo, el tratamiento durante 150 días presentó valores más altos con respecto al tratamiento durante 80 días (Tabla 21).

Crecimiento de Vástago

Los valores de peso y longitud de vástago mostraron distribución Normal y según la prueba de ANOVA, no existe diferencia significativa ($p < 0.05$) entre los tratamientos para el peso; mientras que, para los valores de longitud de vástago, si se observan diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). Los valores de número de hojas no presentan distribución normal, y según la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, existe diferencia significativa entre tratamientos ($p < 0.05$). (Anexo 7 y Anexo 8).

Los valores de peso de vástago fueron mayores para las plantas que crecieron en suelo de Chilina con respecto a las que crecieron en suelo de Tambo, para la mayoría de tratamientos excepto el de sin fertilización durante 80 días, que fue mayor en las plantas en suelo de Tambo. En el suelo de Chilina, los mayores valores se obtuvieron en plantas con y sin fertilización a los 150 días de tratamiento; mientras que en las plantas que crecieron en suelo de Tambo, el mayor peso en vástagos se encontró en las plantas con y sin fertilización, a los 80 días de tratamiento. Asimismo, en el suelo de Tambo los mayores valores se encontraron en el tratamiento sin fertilización en ambos periodos de tiempo. (Tabla 21).

Con respecto a la longitud de vástago, los valores fueron mayores en plantas creciendo en suelo de Chilina con respecto a Tambo para la mayoría de tratamientos excepto con fertilización a los 150 días, que fue mayor en plantas creciendo con fertilización en suelo de Tambo. Con respecto a las plantas que crecieron en suelo de Chilina, en los tratamientos sin fertilización se encontraron mayores valores de longitud de vástago, tanto a los 80 como 150 días de tratamiento; mientras que, en los tratamientos de 80 días con y sin fertilización se obtuvieron valores más altos en la longitud de vástago, con respecto al tratamiento de 150 días. En las plantas que crecieron en el suelo de Tambo, se encontró una respuesta similar (Tabla 21).

En cuanto al número de hojas, los valores fueron menores en plantas creciendo en suelo de Chilina con respecto al de Tambo para los tratamientos con y sin fertilización a los 80 días. Con respecto a las plantas que crecieron en suelo de Chilina, en los tratamientos sin fertilización y con fertilización a los 80 días, no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$), siendo mayores a los valores de número de hojas de plantas con y sin fertilización a los 150 días de tratamiento. Adicionalmente, a los 150 días de tratamiento el valor fue mayor en plantas sin fertilización (Tabla 21). (Ver Anexo 9)

Con respecto a las plantas que crecieron en suelo de Tambo, a los 80 días se encontraron valores mayores en el número de hojas, con respecto al tratamiento con 150 días. El valor más alto se obtuvo en las plantas sin fertilización a los 80 días de tratamiento; mientras que, a los 150 días de tratamiento, el mayor valor se encontró en las plantas con fertilización (Tabla 21).

Tabla 21. Crecimiento de plantas de ajo a los 80 y 150 días de tratamiento con y sin fertilización en suelo de Chilina y del Valle de Tambo

| Órgano | Determinación | Chilina | | | | Valle de Tambo | | | |
|---------|---------------|------------|------------|------------|------------|----------------|------------|-------------|------------|
| | | S/F80 | C/F80 | S/F150 | C/F150 | S/F80 | C/F80 | S/F150 | C/F150 |
| RAÍZ | Peso (mg) | 1.28±0.44 | 1.07±0.27 | 0.75±0.71 | 0.38±0.23 | 2.92±3.73 | 1.17±0.49 | 0.87±0.56 | 0.36±0.19 |
| | Longitud (cm) | 16.02±2.05 | 14.28±3.08 | 10.35±3.50 | 9.73±8.35 | 16.75±6.15 | 18.05±2.60 | 11.05±5.27 | 8.92±2.47 |
| BULBO | Peso (mg) | 1.38±0.38 | 0.93±0.37 | 2.50±0.95 | 0.85±0.37 | 1.20±0.31 | 1.25±0.25 | 3.03±0.64 | 1.80±0.63 |
| | Diámetro (mg) | 1.32±0.08 | 1.12±0.19 | 1.90±0.20 | 1.38±0.49 | 1.23±0.14 | 1.28±0.13 | 1.85±0.18 | 1.58±0.19 |
| VÁSTAGO | Peso (mg) | 1.33±0.54 | 1.37±0.44 | 4.76±8.83 | 4.09±7.28 | 1.37±0.34 | 1.18±0.35 | 0.40±0.13 | 0.18±0.10 |
| | Longitud (cm) | 27.55±5.07 | 26.87±1.32 | 26.30±4.84 | 11.63±7.57 | 27.42±3.64 | 26.82±2.31 | 16.00±10.59 | 13.86±3.12 |
| | N° de hojas | 3.04±0.10 | 3.04±0.10 | 2.31±0.21 | 2.10±0.21 | 3.23±0.14 | 3.07±0.20 | 2.21±0.24 | 2.25±0.23 |

 Indica diferencias significativas ($p<0.05$) entre tratamientos. Fuente: Elaboración propia (2022)

4.1.6. Análisis del efecto de la fertilización en la biodisponibilidad de metales en el cultivo de ajo

En la Fig. 12, se evidencia que el Al se hace más biodisponible para las plantas de ajo en presencia de fertilizantes químicos en el suelo de Chilina, puesto que en el suelo se observa la disminución a los 80 días con respecto al basal, con y sin fertilización, mientras que, en las plantas cultivadas, se observa el incremento de Al a los 80 días, siendo el incremento mayor en el tratamiento con fertilización. El mismo comportamiento se observa con el Ba, Sr, Fe, Mn, Ca, Mg, Na. En cuanto al Zn, P y K, se observa que su concentración disminuye tanto en el suelo como en las plantas.

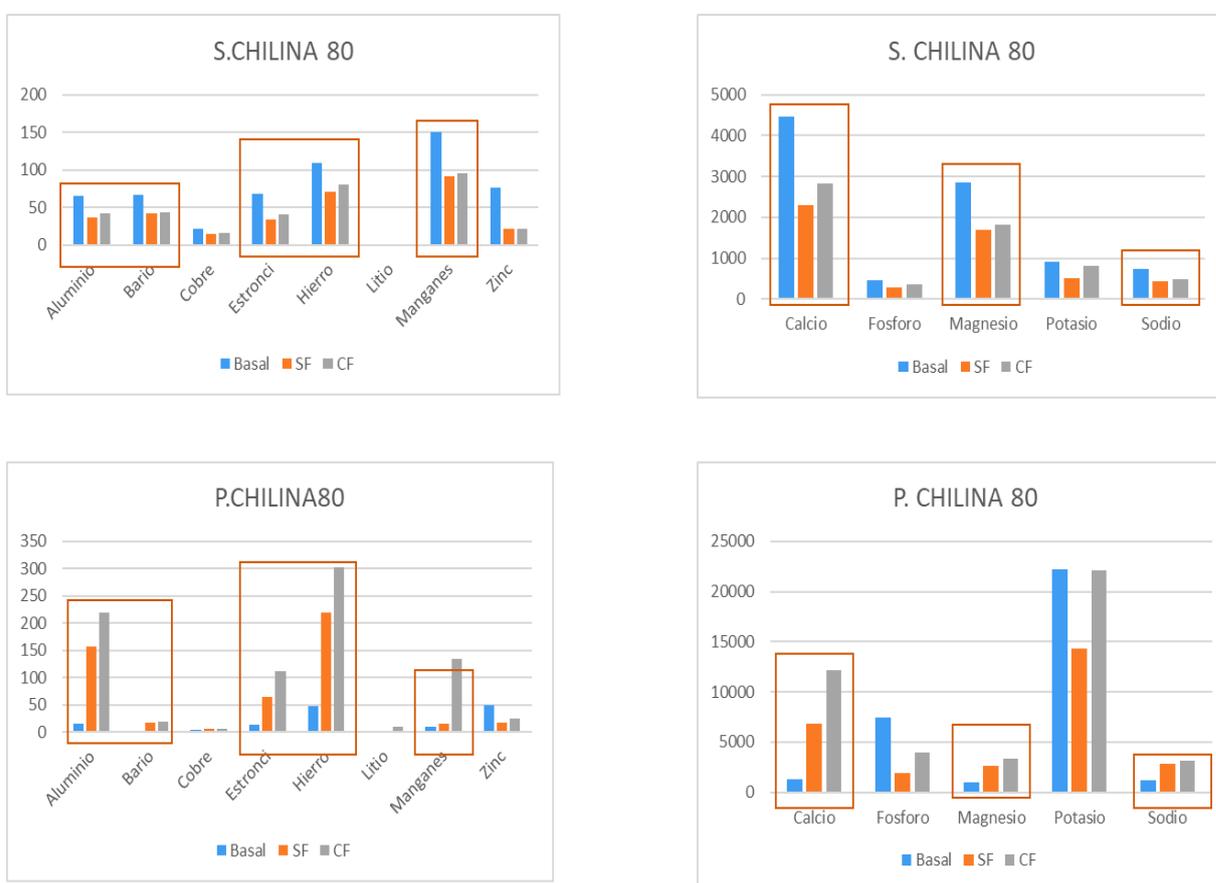


Figura 12. Comparativo de la movilización de metales entre el sistema suelo – planta a los 80 días de tratamiento en suelo del Valle de Chilina. **Fuente:** Elaboración propia (2022).

En la Fig. 13, se evidencia que en el suelo del Valle de Tambo, se observa una disminución de Al después de 80 días de tratamiento, disminuyendo más con el tratamiento con fertilización. Mientras, el contenido de Al en las plantas, se incrementó. Igual comportamiento se observa con los metales Sr, Fe, Mn, Ca, Mg y

Na. Se observó incremento de los elementos Ba, Cu y Li, tanto en el suelo como en las plantas. Mientras que P y K aumentaron en el suelo y disminuyeron en las plantas. El Zn disminuyó en suelos y plantas.

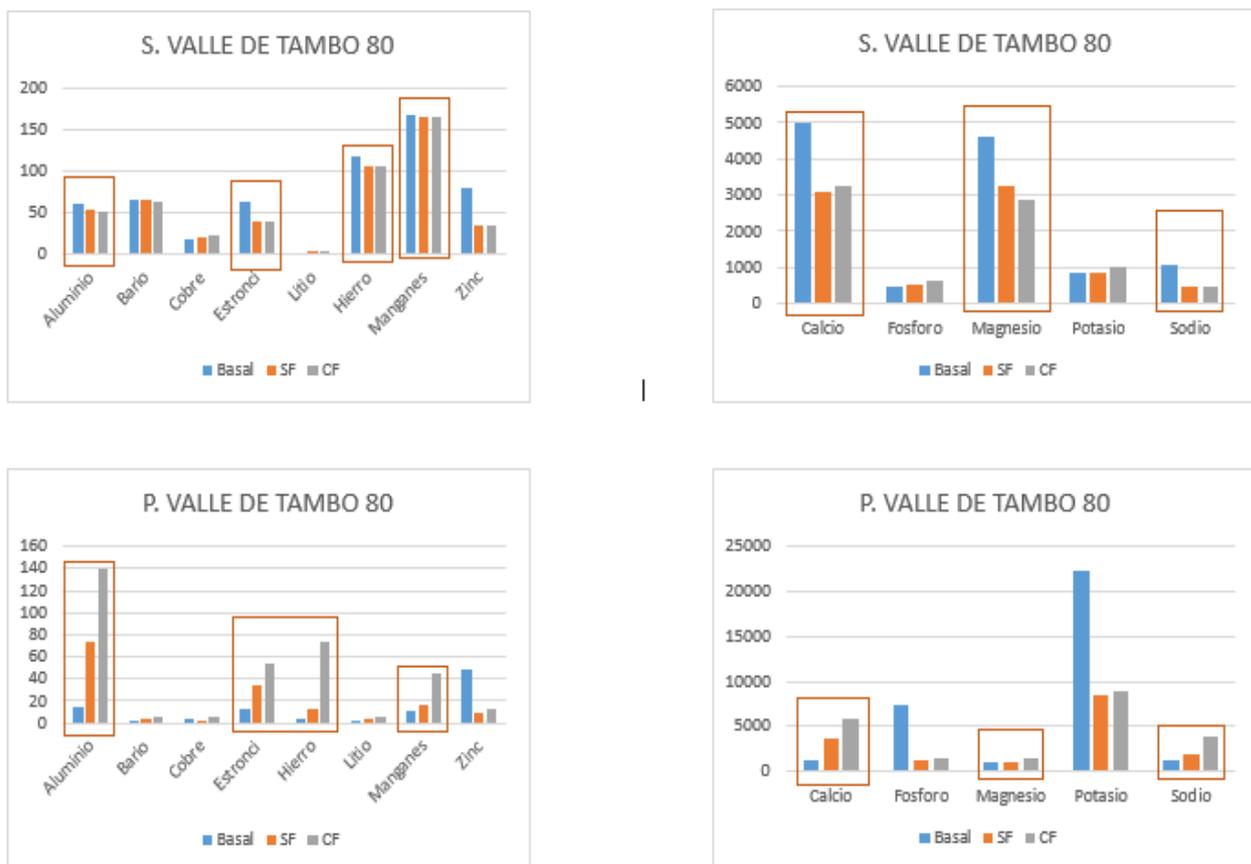


Figura 13. Comparativo de la movilización de metales entre el sistema suelo – planta a los 80 días de tratamiento en suelo del Valle de Tambo. **Fuente:** Elaboración propia (2022).

En la Fig. 14, se muestra que a los 150 días de tratamiento, en el cultivo de ajo sobre el suelo de Chilina, se evidencia que el Al se hace más biodisponible para las plantas de ajo en presencia de fertilizantes químicos, puesto que en el suelo se observa la disminución de Al con respecto al basal, con y sin fertilización, mientras que, en las plantas cultivadas, se observa el incremento de Al a los 150 días, siendo el incremento mayor en el tratamiento con fertilización. El mismo comportamiento se observa con el Ba, Sr, Fe, Li, Mn, Ca, Mg, Na. En cuanto al Zn, se observa que disminuye tanto en el suelo como en las plantas con respecto al Basal, siendo la disminución menor en las plantas con fertilización. El P disminuye en suelo y plantas

con respecto al basal en el tratamiento sin fertilización, incrementándose tanto en suelo como plantas con fertilización. El K, presenta una dinámica similar al P.

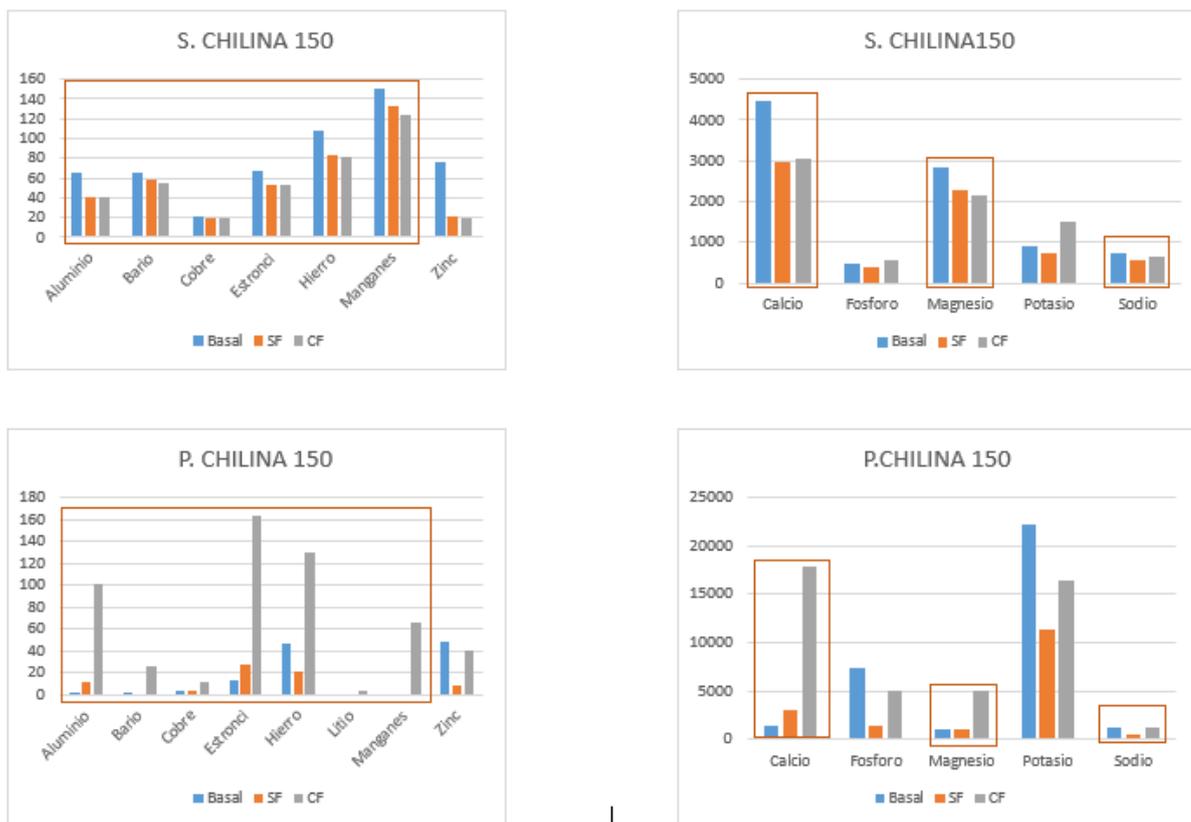


Figura 14. Comparativo de la movilización de metales entre el sistema suelo – planta a los 150 días de tratamiento en suelo del Valle de Chilina. **Fuente:** Elaboración propia (2022).

En la Fig. 15, se muestra que, en el suelo del Valle de Tambo, a los 150 días de tratamiento, el Al no mostró mayor variación en su concentración entre los tratamientos y el valor basal. Sin embargo, en las plantas, la concentración de Al se incrementó con respecto al basal, y de manera más evidente en el tratamiento con fertilización. Similar respuesta se evidenció con el Sr, Ca y Mg. Mientras, para los elementos Ba, Cu, Fe, Mn, Zn, P, K y Na, sus concentraciones aumentaron en el suelo y también en las plantas a excepción del P y K. El Zn y Na, disminuyeron tanto en el suelo como en las plantas.

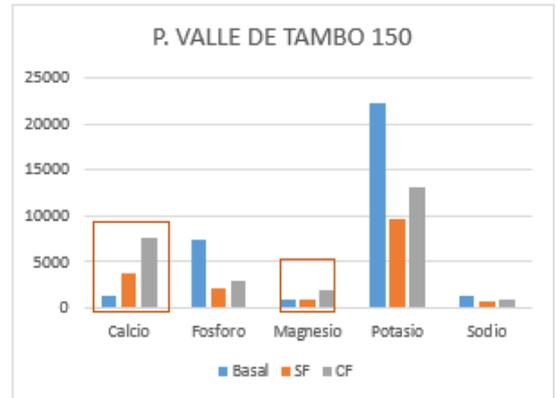
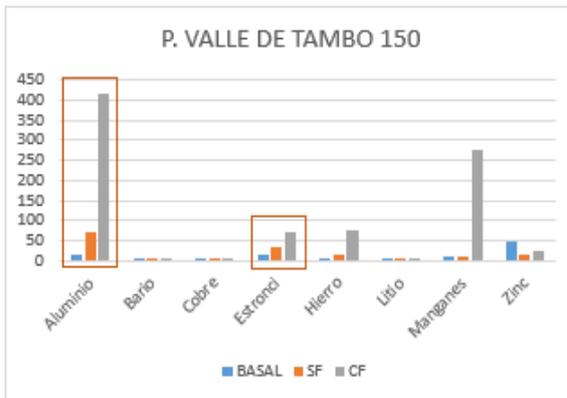
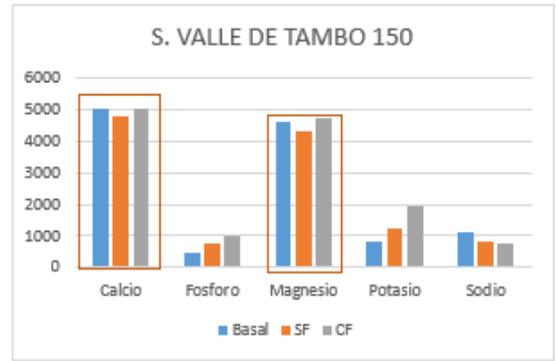
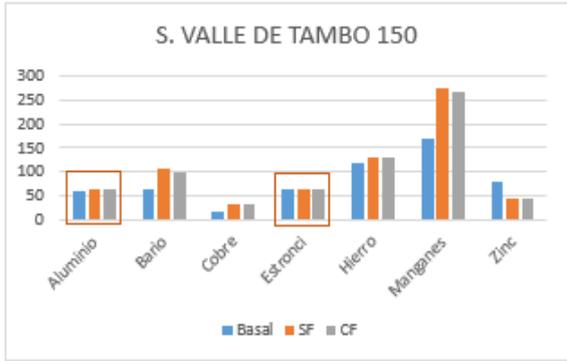


Figura 15. Comparativo de la movilización de metales entre el sistema suelo – planta a los 150 días de tratamiento en suelo del Valle de Tambo. **Fuente:** Elaboración propia (2022).

En cuanto al periodo de tratamiento, de 80 y 150 días, el suelo del Valle de Chilina, muestra reducción en la concentración para la mayoría de elementos analizados con respecto al valor basal, excepto el K y P que a los 150 días de tratamiento superó el valor basal en el tratamiento con fertilización (Fig. 16).

En las plantas, tanto a los 80 y 150 días, se incrementó el contenido de los elementos estudiados con respecto al valor basal, y el incremento fue mayor en el tratamiento con fertilización; excepto en los elementos Zn, P y K, que disminuyeron con respecto al valor basal, siendo la disminución menor en el tratamiento con fertilización (Fig. 17).

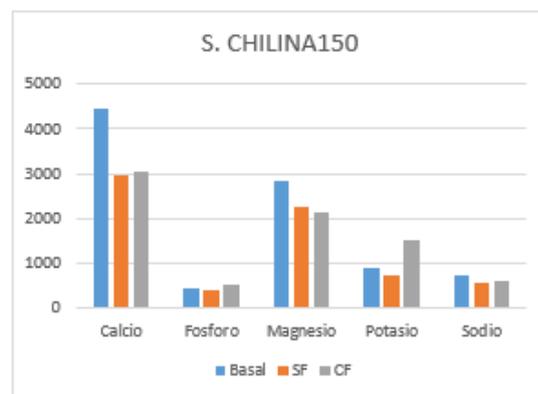
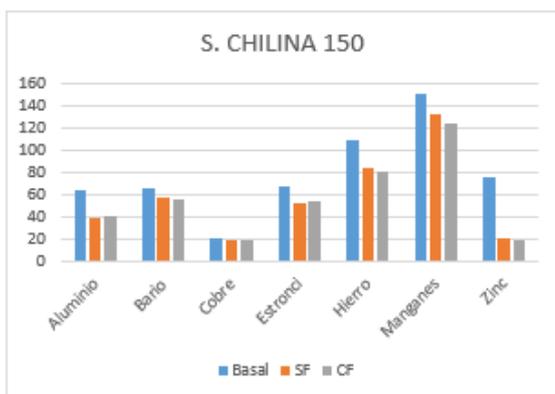
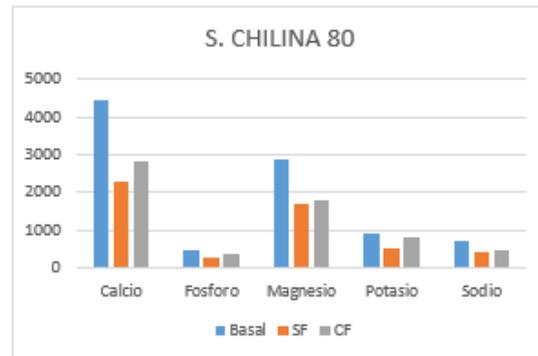
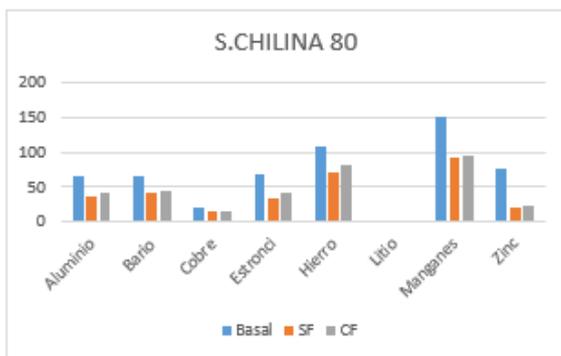


Figura 16. Comparativo de la concentración de metales en el suelo del Valle de Chilina a los 80 y 150 días de tratamiento sin fertilización (SF) y con fertilización (CF). **Fuente:** Elaboración propia (2022).

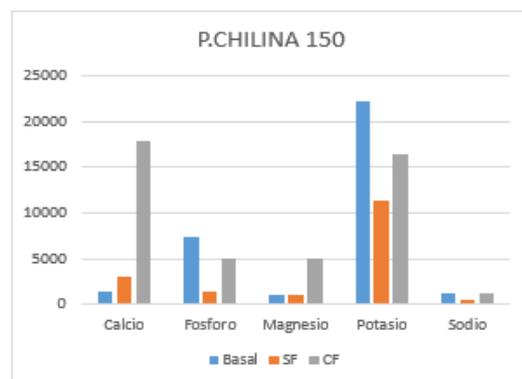
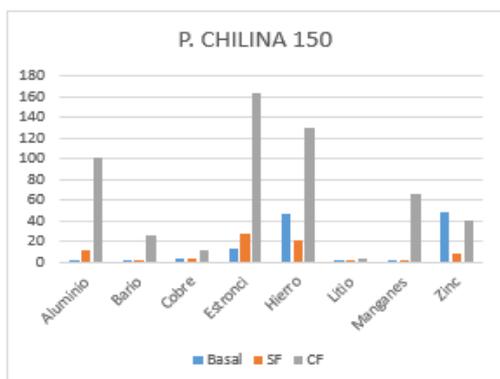
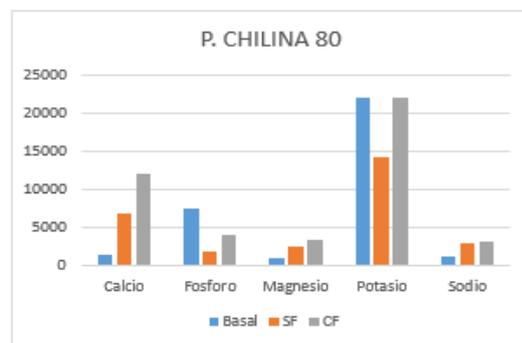
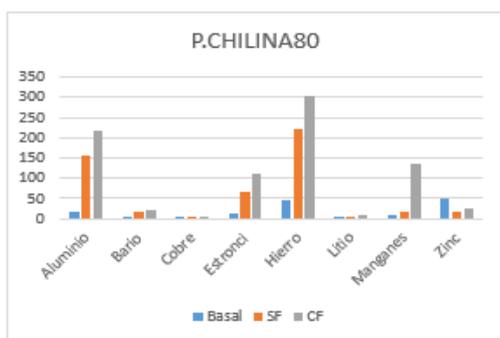


Figura 17. Comparativo de la concentración de metales en plantas de ajo *Allium sativum* cultivadas en el suelo del Valle de Chilina a los 80 y 150 días de tratamiento sin fertilización (SF) y con fertilización (CF). **Fuente:** Elaboración propia (2022).

En el suelo del Valle de Tambo, comparando los periodos de tratamiento de 80 y 150 días, se observa que a los 80 días disminuyó el contenido de los elementos Al, Sr, Fe, Mn, Zn, Ca, Mg y Na con respecto al valor basal. A los 150 días, los únicos elementos que mostraron disminución fueron el Zn y el Na, mientras que los demás elementos mostraron incremento en sus concentraciones, siendo las mismas más evidentes para Ba, Mn, P, K (Fig. 18).

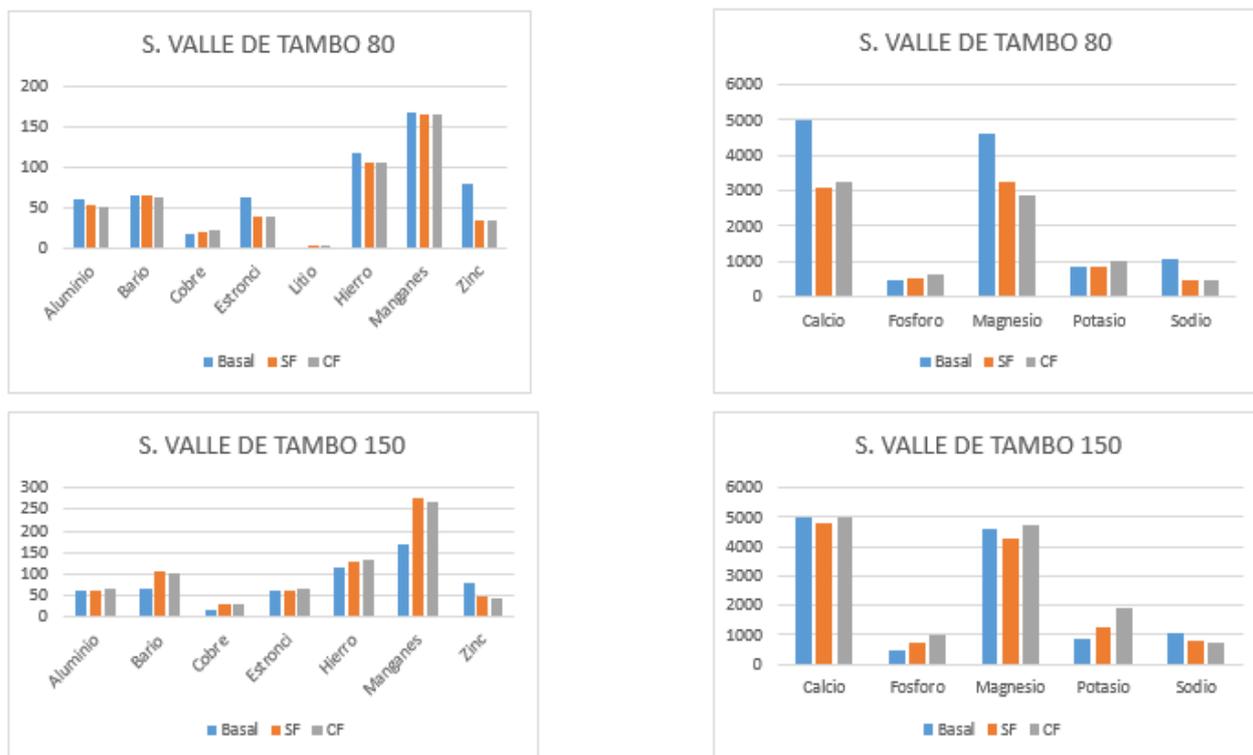


Figura 18. Comparativo de la concentración de metales en el suelo del Valle de Tambo a los 80 y 150 días de tratamiento sin fertilización (SF) y con fertilización (CF). **Fuente:** Elaboración propia (2022).

En las plantas cultivadas en suelo del Valle de Tambo, comparando los periodos de tratamiento de 80 y 150 días, se observa que el contenido de los elementos Al, Ba, Cu, Sr, Fe, Mn, Ca, y Mg fue mayor con respecto al valor basal, presentando en el tratamiento con fertilización los valores más altos. Con respecto al Na, su contenido aumentó a los 80 días de tratamiento, pero a los 150 días, el contenido disminuyó. Zn, P y K presentaron valores menores a los 80 y 150 días, con respecto al valor basal pero su contenido siempre es mayor en el tratamiento con fertilización (Fig. 19).

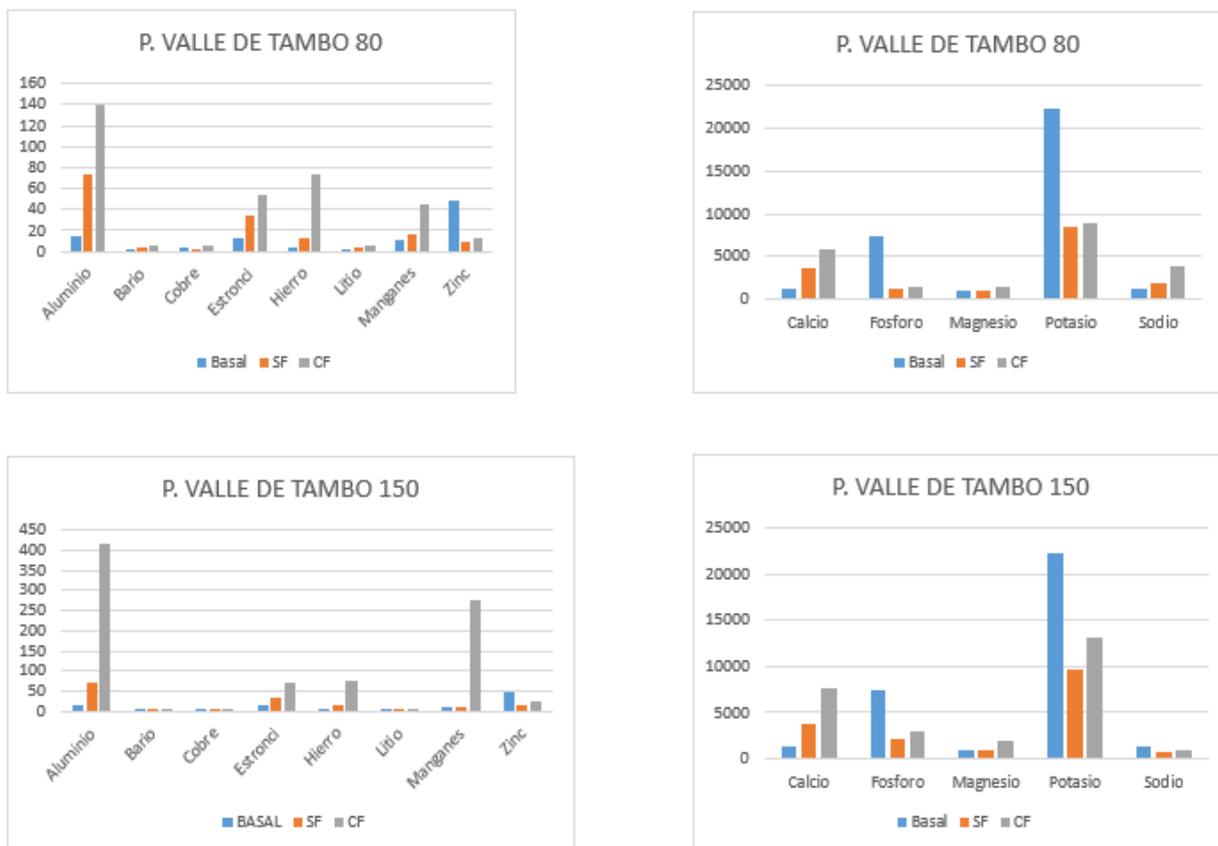


Figura 19. Comparativo de la concentración de metales en plantas de ajo *Allium sativum* cultivadas en el suelo del Valle de Tambo a los 80 y 150 días de tratamiento sin fertilización (SF) y con fertilización (CF). Fuente: Elaboración propia (2022).

4.2. Discusión

Los altos niveles de metales pesados en el agua utilizada para riego agrícola pueden ser un riesgo para agro ecosistemas como el Valle de Tambo, debido a que por su carácter no biodegradable se estarían acumulando en los suelos agrícolas afectando la inocuidad de los cultivos y la salud de otros organismos del Valle (Prieto et al., 2009, p.2). En los suelos agrícolas, la biodisponibilidad depende de la solubilidad de los metales y de su capacidad de adsorción en la fracción coloidal del suelo, factores que pueden estar influenciados por la adición de químicos como fertilizantes (Rieuwerts et al., 1998, p. 61-75; Azevero et al., 2003, p. 793-806 y Basta et al., 2005, p.4-8)

Concentración Basal de metales en el suelo del Valle de Chilina y Valle de Tambo. En los resultados de las muestras basales en el suelo del Valle de Chilina y Valle de Tambo, nos indica que las concentraciones no superan los estándares

de calidad establecidos en la normativa nacional e internacional vigente. Sin embargo, se observa la presencia de As y Cd en el suelo del Valle de Tambo, elementos que no se detectaron en el suelo de Chilina.

La presencia de estos dos metales tóxicos, puede deberse a fuentes antropogénicas y/o naturales, según lo indican los estudios realizados para evaluar la calidad del agua y suelo en el Valle de Tambo en el año 2017.

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) (2017), reportó la presencia de As en una concentración de 0.198mg/kg en el agua del río Tambo, así como en manantiales y afluentes de la zona. Estos valores, según el Ministerio de Salud (MINSA) doblaría la concentración permitida para el consumo humano (0,05 mg/l). La utilización de aguas del río Tambo, para el riego de los cultivos, podría ser la causa de la presencia de As en los suelos de cultivo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), señala que el agua del río Tambo no puede ser utilizada para el riego debido a que la concentración máxima de arsénico en aguas destinadas para la irrigación debe ser de 0,1 mg/l. (Comercio, 2018).

El As en las aguas del río Tambo, podría tener su origen en las afloraciones geotermales de origen volcánico, transportadas por algunos afluentes del río Tambo, según lo menciona el Sr. Chuquisengo, especialista de la OEFA (Comercio, 2018).

Con respecto al suelo del Valle de Tambo, el reporte de monitoreo de OEFA informa que los valores para As, Cd, y B no superaron los máximos permitidos. Sin embargo, se observó una concentración inusual de As de 46,78 mg/kg muy cercano al estándar de calidad ambiental (ECA) del Ministerio del Ambiente, de 50 mg/kg.

Sobre el tema, Chuquisengo, indica que las variaciones de As se deben al agua utilizada para el riego, lo que se corroboró a través de la evaluación de productos que se cultivan en el valle como arroz, maíz, cebolla, olivo y granada; donde el OEFA encontró concentraciones de As, Cd y Pb. (Comercio, 2018).

En contraste, el suelo de Chilina (Acequia Alta), según el Ministerio de Agricultura y la Autoridad Nacional del Agua en el Estudio en la Cuenca del Río Chili y la parte Alta del Colla, se encuentra en una zona que presenta mejores cualidades agrícolas, ya que poseen buen drenaje interno y buena capacidad de labranza (MINAGRI - ANA, 1971 p. 63.25)

En los análisis realizados, no se detectaron concentraciones de As o Cd, pero sí se observó mayor concentración de Ce y Cu. La mayor concentración de Ce podría deberse a que el Mg frente al Li, genera aleaciones que confieren al Ce una relación resistencia/peso muy bueno y una termorresistencia considerable (Gunnar Nordberg, s/f, p. 63.25).

En el suelo del Valle de Tambo, en comparación con el suelo de Chilina, se encontró concentraciones mayores de Ca, Mg, Ni y Na. La alta concentración puede deberse a que el suelo del Valle de Tambo, presenta un complejo de procesos genéticos que se manifiestan en su variada constitución litológica, representada por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas (INGEMMET, 1999, p.57)

Según el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en el área de Mollendo, río Tambo y al norte de la boca del río Ilo, se distinguen tres tipos de gneis o rocas metamórficas (Cuarzo – feldespático y anfibolítico), los cuales presentan bandas alternantes, félsicas color rosado con cuarzo y feldespato. En algunos lugares forman “augen gneis” y rocas maficas. Los augen gneis, están compuestas de cuarzo, feldespato y mica; mientras que las rocas maficas, son ricas en magnesio y hierro (INGEMMET, p.57).

El Feldespato, es un mineral fundamental de las rocas ígneas, el cual está formado por silicatos de Al combinado en sus tres formas potásicos, sódicos y cálcicos (Mendoza et al., 2010, p.1).

Determinación de metales en la semilla de Ajo. En la semilla de ajo, se observó mayor concentración de Mg y K según el Reglamento Técnico MERCOSUR y los

valores señalados por Pérez (2018). Esto puede estar relacionado con el proceso de germinación y desarrollo del ajo, en el que durante los primeros 40 a 60 días desde la brotación presenta una escasa o nula demanda de nutrientes y la planta se alimenta de las reservas que provienen de la semilla. En el siguiente periodo de crecimiento vegetativo del ajo, el N y K, presentaran una alta demanda, mientras que el Ca, Mg, P, S y micronutrientes se requieren en menor medida (MINAGRI Y Agro Rural, 2018, p.83).

Determinación de metales en plantas de ajo en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo. Se observa que las plantas cultivadas en los suelos agrícolas del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 80 y 150 días de cultivo, presentan una mayor concentración de metales en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización en la mayoría de los elementos. Estos valores no superan los criterios establecidos por United States Department of Agriculture (Tabla 4).

Según el Informe del OEFA (2017, p.46) indica que las plantas presentan mecanismos altamente específicos para poder cumplir con las funciones de absorción, translocación y acumulación de nutrientes; cuando los metales o metaloides son absorbidos, traslocados y acumulados en la planta es porque presentan un comportamiento electroquímico parecido a los elementos que son requeridos por las plantas.

Generalmente el primer paso para que los metales pesados entren a la cadena alimenticia, es la absorción realizada por las plantas. Para la absorción y posterior acumulación de los metales pesados en las plantas, se llevan a cabo mecanismos como del movimiento de los metales a) desde la solución del suelo hasta la raíz; b) por las células corticales de la raíz; c) desde las células corticales al xilema; d) desde donde la solución con metales se transporta de la raíz a los tallos y e) desde las hojas hacia los tejidos de almacenamiento usados como alimento por el floema (OEFA, 2017, p.46).

La movilización de los nutrientes en la planta depende de la capacidad de absorción y de la demanda de nutrientes, de tal manera que su movilización encierra diferentes procesos metabólicos como son: la liberación del suelo a la solución del

mismo, el transporte hacia las raíces para su absorción y la translocación y utilización dentro de la planta. La absorción, translocación y transporte de nutrientes hacia la raíz, ocurre simultáneamente; por esta razón, si un proceso sufre un cambio, este será un factor limitante para los demás procesos (toma y translocación de nutrientes en las plantas) (Salas, 2002, p.7).

En la absorción de nutrientes por la planta, como primer paso ocurre el transporte de nutrientes hacia las raíces. El abastecimiento de nutrientes a las raíces está administrado por la concentración y forma de los nutrientes en la solución del suelo, por la humedad del suelo y la capacidad de absorción de la planta. La medición de nutrientes en el sistema radical es la mejor medida para saber cuánto de la fracción disponible puede ser absorbida, sin embargo, factores dentro de la planta, así como la concentración de iones en la solución junto con las propiedades físico-químicas, pueden afectar el movimiento de nutrientes del suelo a la planta (Salas, 2002, p.8).

El ajo es considerado como un tipo de planta hiperacumuladora, ya que tiene la capacidad de acumular y metabolizar (Pérez, 2018). El ajo posee distintos componentes, entre ellos, se encuentran el agua y los carbohidratos. Esta hortaliza tiene niveles importantes de K, P, Mg, Na, Fe y Ca. También, presenta contenido moderado de Se y Ge, pero la concentración de estos minerales dependerá del suelo donde crecen los bulbos (USDA, 2013).

Las plantas cultivadas en el suelo agrícola de Chilina a los 80 días, se observó que la presencia de Ca, Sr, P, Li, Mn y K en el tratamiento con fertilización, presenta concentraciones mayores con respecto al tratamiento sin fertilización. En las plantas cultivadas en el suelo agrícola de Chilina a los 150 días, se observó que en el tratamiento con fertilización la presencia de Ba, Li y Mn, presenta concentraciones superiores al 1000% con respecto al tratamiento sin fertilización.

El N, P, K y en menor proporción el Mg, presentan una movilidad en el floema desde las hojas muy rápida. En los extractos del floema, se encontró altas concentraciones de estos elementos circulando por la planta, y esto se debe a que cuando la disponibilidad de estos elementos reduce, las hojas jóvenes detienen la circulación a costa de las hojas más viejas, produciendo con ello una reducción en

la concentración. El Ca, B, Mn y Fe, son prácticamente inmóviles en el floema desde las hojas.

Cuando el suministro de estos elementos disminuye desde la raíz, la concentración presente en las hojas jóvenes disminuye también, sin embargo, en las hojas viejas el contenido de elementos se mantiene alto. El movimiento del Ca y B en el floema es lento, debido a que presenta concentraciones bajas en el jugo del floema. La deficiencia de Ca y B en las hojas jóvenes, es independiente del contenido total en la planta y generalmente se produce tan pronto como el suministro externo es inadecuado (Salas, 2002, p.10).

También se observa que hay concentraciones menores a los 80 días, para Cu y Mo. Los factores que afectan el abastecimiento de nutrientes por flujo de masa son las propiedades del suelo, forma y solubilidad de nutrientes, condiciones climáticas y el tipo de especie de la planta. En la solución del suelo, las cantidades de nutrientes que se encuentran cerca de la raíz pueden incrementar, mantener o reducir dependiendo del balance entre la cantidad que supe a la raíz por flujo de masas y la cantidad que se absorbe por la raíz (Barber 1995). El proceso de difusión se refiere a la movilización de nutrientes de un lugar que presente alta concentración, a otro de baja concentración. (Barber 1974; Mengel 1985).

El Mo, es un elemento que se encuentra en bajas concentraciones tanto en el suelo como en la planta. También se debe tener en cuenta que, al utilizar fertilizantes fosfatados, en algunas ocasiones acentúan la deficiencia del Mo al promover el desarrollo de la planta y elevar los requerimientos de Mo. En caso del sulfato es muy diferente ya que al aplicarlo este reduce el pH, con lo cual disminuye la disponibilidad de Mo, además de que compite por los sitios de adsorción radical y en su absorción. Las altas concentraciones, de nutrientes como Cu, Zn, Mn y Ni reducen la disponibilidad y absorción. El Mg y Co, por otra parte, incrementan su absorción por parte de las raíces. (INTAGRI, 2018, p.1)

En las plantas cultivadas en el suelo agrícola del Valle de Tambo a los 80 días, en el tratamiento con fertilización se encontró mayor presencia de metales para Al, Ba, Ca, Cu, Sr, Fe, Mn y Na, con respecto al sin fertilización. A los 150

días, en las plantas cultivadas en el valle de Tambo en el tratamiento con fertilización, se observa que las concentraciones para Ba y Mn, superan el 1000%.

El Mn, es un metal ampliamente distribuido y abundante en la naturaleza. Podemos encontrarlo en las rocas y suelo, ya que puede disolverse en el agua superficial y subterránea o depositarse en los sedimentos. Su movilidad o disponibilidad biológica, no depende de su concentración total sino de las formas fisicoquímicas en el que está presente (redox y pH). (OEFA, 2017)

Las altas concentraciones de Na, provocan el bloqueo de la absorción de cationes importantes tales como el Ca, Mg y K. Por eso, el uso de fertilizantes al suelo puede restringirse y la fertilización foliar puede ser una alternativa beneficiosa. (Salas, 2002, p.10)

Después de que estos elementos sean absorbidos por las plantas, estarán biodisponibles para los herbívoros y humanos directamente o a través de la cadena alimenticia.

Determinación de la concentración de metales en el suelo del Valle de Chilina y Valle de Tambo.

Se observa que de los metales en el suelo agrícola del Valle de Chilina y Valle de Tambo, hay una mayor concentración de elementos en el tratamiento con fertilización respecto al sin fertilización. No obstante, la concentración de estos elementos se encuentra dentro del Estándar de Calidad Ambiental para suelo agrícola.

El rendimiento de los cultivos está basado en la disponibilidad de nutrientes en el suelo. Las variaciones de las propiedades del suelo (arcilla, contenido de materia orgánica y de agua y propiedades físicas), de una u otra forma afectan el desarrollo, rendimiento del cultivo y la absorción de nutrientes por la planta (Salas, 2002, p.7)

De los procesos que se llevan a cabo en el suelo (transformaciones por microorganismos tales como nitrificación, desnitrificación, inmovilización, fijación, precipitación, hidrólisis, así como procesos físicos tales como lixiviación y

volatilización), dependen la cantidad de nutrientes disponibles. Lo que indica que cuando la disponibilidad excede a la demanda, los procesos actuarán para evitar la deficiencia (Shaviv y Mikkelsen 1993, Salas, 2002, p.7)

A los 80 días, en el suelo del Valle de Chilina en el tratamiento con fertilización, se encontró menor concentración de Li y Si con respecto al tratamiento sin fertilización. En el suelo de Chilina a los 150 días, se observa concentraciones menores en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización, en Ba, Co, Cr, Fe, Mg, Mn, Ni, Si, Ti, V y Zn. Se observa concentraciones mayores en el tratamiento con fertilización para K.

En el suelo del Valle de Tambo a los 80 días, se encontró concentraciones mayores para Ca, Sr, P, Li, Mn y K. En el suelo del Valle de Tambo a los 150 días, se observó concentraciones menores para Ba, Ce, Cu, Mn, Na y Zn en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización. El K fue el único elemento con una concentración mayor con el tratamiento de fertilización.

Según Condori (2016) el suelo del Vale de Tambo es neutro o débilmente ácido a básico, con valores de pH que oscilan en el rango de 6,05 y 8,52. (p.103) En el suelo se puede distinguir tres tipos de partículas arcilla, limo y arena. El número de combinaciones entre las fracciones que determinan la textura es ilimitado; es por eso que la granulometría del suelo, donde hay infinitas posibles combinaciones, ha sido dividida en diferentes clases texturales. (OEFA, 2017, p.42)

La presencia de estos metales, muchas veces son obtenidos de manera natural del suelo, pero la absorción de estos va depender de factores como el pH, humedad y temperatura. El K, es el elemento que se encuentra en mayor proporción en las plantas, ya que tienden a desintegrarse de las rocas. Independientemente el K presente en el suelo puede deberse al uso de fertilizantes (Prieto et al. 2009, p. 30 - 37).

El Ca es un elemento fundamental, no sólo en la estructura del suelo, sino también en la mecánica y química del complejo adsorbente, por su predominio sobre la capacidad de asimilación de elementos esenciales para la planta. Puede estar

presente como fertilizante, procedente de las rocas y minerales del suelo (Prieto et al. 2009, p. 30 - 37).

El P procede de la descomposición de la roca madre, en cuanto al contenido total, suele ser más alto en los suelos jóvenes vírgenes y en las áreas donde las lluvias no son excesivas. Estos elementos suelen acumularse en las capas superficiales de los suelos agrícolas, y otra parte de estos elementos se pierde por lixiviación. (Prieto et al. 2009, p. 30 - 37).

La presencia de Al en los suelos trae como consecuencia el aumento de la acidez de los mismos. La capacidad de retención de los cationes de intercambio, como K, Ca, Mg y Na se reduce debido al aumento de carga positiva de los coloides. (Demagnet, 2017, p.1). La mínima capacidad de retención de cationes y la concentración de las precipitaciones generan un incremento de la lixiviación de las bases del suelo favoreciendo la hidrólisis del Al, pasando a ser este elemento un constituyente importante en el complejo de intercambio y desplazando a nutrientes tan importantes para las plantas como son el Ca, Mg y K (Demagnet, 2017, p.1).

En el suelo del Valle de Tambo, se evidenció que para As y Cd las concentraciones son superiores en el tratamiento con fertilización, con respecto al tratamiento sin fertilización a los 80 días. El contenido de arcillas y limo, explicaría la acumulación de dichos metales. Las partículas de arcilla presentan valores elevados de superficie específica y capacidad de cambio catiónico, juega un papel importante en la retención de metales traza. Al respecto, Barragán concluye que la concentración total de Cd y As en suelos no refleja la potencialidad de que el metal sea absorbido por la planta (Barragán, 2018, p. 37).

El crecimiento de las plantas de ajo está influenciado por la presencia de metales en el suelo. Así, tanto en el cultivo en suelo de Chilina como en suelo de Tambo, se encontró mayor crecimiento en raíz, bulbo y vástago en el tratamiento sin fertilización, en comparación al tratamiento con fertilización, lo cual podría deberse a la toxicidad del Al. Al respecto, se reporta que el Al afecta la biomasa total, principalmente la de las raíces de primer orden, la producción de biomasa en 65%, mientras que la absorción total de nutrimentos en 56 y 89%, siendo el orden de reducción del contenido de los macronutrimentos en los tejidos de

Mg>Ca>S>N>K>. Asimismo, señalan que al subir progresivamente el Mg se reduce progresivamente el efecto del Al (Sancho y Molina, 2016; J. Fan et al., 2022; J. Ren et al., 2022, p. 1-8).

Se evidencia que el suelo agrícola del Valle de Tambo tiene una textura diferente a la del Valle de Chilina, lo cual podría deberse no solo al origen de los suelos sino también a las prácticas culturales en el manejo de cultivos, en las que en Chilina no se realiza una producción tan intensiva como en Tambo. La presencia de metales como As y Cd en el suelo de Tambo podría deberse no solo a la naturaleza de su origen, sino también a la sedimentación progresiva de los metales que vienen siendo arrastrados por las aguas del río Tambo, utilizadas para la irrigación.

La interacción entre los diferentes elementos presentes en el suelo y los agregados a través de los fertilizantes, tanto en el suelo de Chilina como en el suelo de Tambo, se demuestra que incrementa la biodisponibilidad de elementos como Al, Ba, Sr, Cu, Fe, Mn, Ca y Mg, lo que podría deberse a la mayor presencia de cationes agregados por fertilización que al desplazar a otros o saturar los enlaces, quedan libres para ser adsorbidos o absorbidos por las raíces de las plantas.

Finalmente, el suelo agrícola del Valle de Tambo se encuentra expuesto a una inminente degradación por salinización, puesto que en cada campaña agrícola se estaría acumulando lenta pero progresivamente elementos como Mg y K.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó la concentración de metales en los suelos agrícolas del Valle de Chilina y del Valle de Tambo por el método IPC – MS, y los resultados nos indican que las muestras basales en el suelo de Chilina y Valle de Tambo, las concentraciones no superan los estándares de calidad establecidos en la normativa nacional e internacional vigente. Sin embargo, se observa la presencia de As y Cd en el suelo del Valle de Tambo, la presencia de estos metales puede deberse a fuentes antropogénicas y/o naturales, según lo indican los estudios realizados por el OEFA en el año 2017.
2. Se cuantificó la concentración de metales en las semillas de ajo destinadas al cultivo objeto de evaluación, se observó mayor concentración de magnesio y potasio. Esto puede estar relacionado a que el cultivo de ajo, tiene una escasa demanda de nutrientes durante los primeros 40 a 60 días desde la brotación, y se debe a que en esta etapa la absorción es baja o nula, por ello la planta se alimenta de las reservas que provienen de la semilla.
3. Se cuantificó la concentración de metales en plantas de ajo a los 80 y 150 días de cultivo con y sin fertilización. Los resultados nos indican que en las plantas cultivadas en los suelos agrícolas del Valle de Chilina y Valle de Tambo a los 80 y 150 días de cultivo, presentan una mayor concentración de metales en el tratamiento con fertilización con respecto al tratamiento sin fertilización en la mayoría de los elementos. La movilización de los nutrientes en la planta depende de la capacidad de absorción y de la demanda de nutrientes, de tal manera que su movilización encierra diferentes procesos metabólicos como son: la liberación del suelo a la solución del mismo, el transporte hacia las raíces para su absorción y la translocación y utilización dentro de la planta.
4. Se cuantificó la concentración de metales en los suelos agrícolas del Valle de Chilina y del Valle de Tambo después de 80 y 150 días de cultivo de ajo con fertilización y sin fertilización. Se observa que la concentración de metales en el suelo agrícola de Chilina y Tambo, hay una mayor

concentración de elementos en el tratamiento con fertilización respecto al sin fertilización. La concentración de estos elementos se encuentra dentro del Estándar de Calidad Ambiental para suelo agrícolas. La biodisponibilidad depende de la solubilidad de los metales y de su capacidad de adsorción en la fracción coloidal del suelo, factores que pueden estar influenciados por la adición de químicos como fertilizantes.

5. Se determinó que el tratamiento con y sin fertilización influye sobre el crecimiento de la raíz (longitud, biomasa), bulbo (diámetro y masa) y vástago (longitud, número de hojas, biomasa) de plantas de ajo a los 80 y 150 días de cultivo. Los resultados, indican que el tratamiento sin fertilización permitió mayor crecimiento vegetal en comparación con el tratamiento con fertilización, lo cual estaría influenciado por la alta biodisponibilidad de Al observada en el tratamiento con fertilización.

VI. RECOMENDACIONES

1. Evaluar los niveles de concentración de metales en los suelos agrícolas del Valle de Tambo, en transectos a lo largo y ancho del río Tambo.
2. Realizar monitoreos periódicos de las aguas de riego utilizadas para los suelos agrícolas, para poder determinar su calidad y tomar las medidas preventivas correspondientes.
3. Realizar estudios periódicos de niveles de metales en el sistema suelo – planta del Valle de Tambo.
4. Realizar estudios que correlacionen las características fisicoquímicas del suelo agrícola de Tambo con la biodisponibilidad de metales con aplicaciones de enmiendas orgánicas.

REFERENCIAS

- Agricultura realizó el lanzamiento del proyecto productivo del ajo en la provincia de Islay. Diario El Pueblo. 12 de setiembre del 2020, párr.4 - 5.
<https://diarioep.pe/agricultura-realizo-el-lanzamiento-del-proyecto-productivo-del-ajo-en-la-provincia-de-islay/>
- AZEVERO Maria, Ferracciu Luis y Guimaraes Luiz. Biosolids and heavy metals in soils. Soientia Agrícola. Volumen 60(4), diciembre 2003, p. 793-808.
<https://www.scielo.br/j/sa/a/3nzywRF5wTwygPcXc3pdddP/?lang=en>
- BARRERA Ángel. Evaluación de dos programas de fertilización a base de ácidos carboxílicos en dos variedades del cultivo de ajo (*Allium sativum*, *Liliaceae*) en Chiantla, Huehuetenango, Guatemala. Tesis (Licenciado en Ciencias Ambientales y Agrícolas). Quetzaltenango: Universidad Rafael Landívar. 2012, p. 7 – 11.
<http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2012/06/16/Barrera-Angel.pdf>
- BASTA Nicholas, RYAN James y CHANEY Rufus. Heavy metal and trace element chemistry in residual-treated soil: Implications on metal bioavailability and sustainable and application. Journal of Environmental Quality., Vol. 34:49–63, 01 de octubre del 2005, p. 4-8. <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=163844>
ISSN: 2079149.
- BURBANO Hernán. El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Revista de Ciencias Agrícolas, Volumen 33(2):117-124, 10 de agosto del 2016, p.5. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v33n2/v33n2a11.pdf> ISSN: 2256-2273
- Chapter 5 - Phytomanagement of As-contaminated matrix: Physiological and molecular basis, Editor(s): Mirza Hasanuzzaman, Majeti Narasimha Vara Prasad, Handbook of Bioremediation. SUMBAL Iftikhar [et al.], Academic Press, Pages 61-79.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128193822000053?via%3Dihub>
SBN: 9780128193822,
- CORRALES Lenni. Estudio de la contaminación de las aguas del río tambo por (Cd²⁺ y Pb²⁺) y su remediación con sillar modificado, por el método de intercambio iónico. Tesis (Maestra en Ciencias, con mención en Gerencia, Auditoría y Gestión Ambiental. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2019, p.93.

- <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8762/MQUcofelt.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DEMANET Rolando. ALUMINIO PLAN LECHERO WATT S N° 1. Febrero 2017, p.1. <https://docplayer.es/48200132-Aluminio-plan-lechero-watt-s-no-1-febrero-2017.html>
 - DÍAZ Walter. Factores que determinan el origen de la contaminación de suelos por arsénico en la comunidad de Llacuabamba, Pataz, mediante procedimientos secuenciales y alternos. Tesis (Doctor en ciencias Ambientales). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.2020.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11602>
 - Diversidad florística, comunidades vegetales y propuestas de conservación del monte ribereño en el río Chili (Arequipa, Perú). MONSTESINOS Daniel [et al.]. *Arnaldoa*, Volumen 26 (1): Enero - abril, 2019
<http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v26n1/a06v26n1.pdf>
ISSN: 2413-3299
 - EDTA-enhanced Cr detoxification and its potential toxicity in rice (*Oryza sativa* L.). HUDA Nazmul [et al.]. *Plant Stress*. Volumen 2 (2021) December 2021.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667064X21000130?via%3Dihub>
ISSN: 100014
 - Effects of Land Use on Heavy Metal Accumulation in Soils and Sources. *Analysis. Agricultural Sciences in China*. BAI Yu[et al.]. *Science Direct. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences/Key Laboratory of Agro-Environment and Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, P.R.China*. 2010, p.1650.
[https://doi.org/10.1016/S1671-2927\(09\)60262-5](https://doi.org/10.1016/S1671-2927(09)60262-5)
 - Factors influencing metals bioavailability in soils: preliminary investigations for the development of a critical loads approach for metals. RIEUWERTS J.S. [et al.], 1998 *Chemical Speciation and Bioavailability*. Volumen 10(2). 12 de enero del 2015, p. 61-75.
<https://doi.org/10.3184/095422998782775835>
ISSN: 3099067
 - GARCÍA Inés y DORRONSORO Carlos. Tema 15: Contaminación por Metales Pesados. En *Tecnología de Suelos*. Universidad de Granada. Departamento de Edafología y Química Agrícola. 2005, p.30
<http://edafologia.ugr.es/conta/tema15/introd.htm>

- HERNÁNDEZ Yenisei, RODRIGUEZ Pedro, PEÑA Mírella, MERIÑO Yanitza y CARTAYA Omar. (2019) Toxicidad del Cadmio en las plantas y estrategias para disminuir sus efectos. Estudio de caso: El tomate. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Cultivos Tropicales, 2019, vol. 40, n°. 3, e10.
<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v40n3/1819-4087-ctr-40-03-e10.pdf>
 ISSN: 1819-4087

- HORMAZA Anali. Influencia del compost de estiércol animal en la biorremediación de metales pesados en suelos contaminados con relaves mineros, Huari – La Oroya, 2019. Tesis (Ingeniero Ambiental). Huancayo: Universidad Continental, 2020.
 Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/7127>

- INFORME N° 078 – 2017 – OEFA/DE – SDCA – CMVA, Evaluación Ambiental Temprana En El Área De Influencia Del Proyecto Minero Tía María Y Zonas Aledañas, En Los Distritos De Cocachacra, Deán Valdivia, Punta De Bombón Y Mejía, Provincia Islay, Departamento Arequipa, Durante El Año 2017.
 Disponible en: <https://repositorio.oefa.gob.pe/handle/20.500.12788/100?show=full>

- INSTITUTO De Investigaciones Agropecuarias-INIA, Chile, 2017. El cultivo de ajos y chalotas MARTINEZ Josué, CATALAN Patricia, JIL Pablo y GALLARDO Richard.
 Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/4800>

- INSTITUTO Geológico Minero y Metalúrgico. Boletín N° 22, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica. ZAVALA Bilberto y NUÑEZ Segundo. Setiembre, 1999, p.57.
https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/276/332/C-022-Boletin_Estudio_geologico...region_suroccidental_del_Per%C3%BA.pdf

- INSTITUTO Nacional De Investigación Agraria (Uruguay) INIA-Tacuarembó (2015) Semana de la Ciencia y Tecnología. Jornada de Puertas Abiertas.
<http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/El%20Suelo%20de%20mayo.pdf>

- INSTITUTO Para La Innovación Tecnológica En La Agricultura INTAGRI – 2018, Funciones del Molibdeno en la nutrición de los cultivos. Serie Nutrición Vegetal. N° 121. Artículos Técnicos de INTAGRI. México p.6.
<https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/funciones-del-molibdeno-en-la-nutricion-de-los-cultivos>

- IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE Fuente de nutrientes específico; N° 5 Sulfato de Potasio.
[http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/ACFE8C498DEF020A85257BBA0059AE52/\\$FILE/NSS-ES-05.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/ACFE8C498DEF020A85257BBA0059AE52/$FILE/NSS-ES-05.pdf)

- IPNI INTERNATIONAL PLANT NUTRITION INSTITUTE, Fuente de nutrientes específico; N° 17 Fosfato Diamónico.
[http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/3D71CA0246B0EA8E85257BBA0059CD97/\\$FILE/NSS-ES-17.pdf](http://www.ipni.net/publication/nss-es.nsf/0/3D71CA0246B0EA8E85257BBA0059CD97/$FILE/NSS-ES-17.pdf)

- Iron homeostasis in plants and its crosstalk with copper, zinc, and manganese. SNIGDHA Rai [et al.]. Plant Stress. Volumen: 1 (2021) p. 100008.
http://nbrienvic.nic.in/WriteReadData/CMS/iron_reference_data_2021.pdf

- LAGO Manoel. Biodisponibilidad De Metales Pesados En Suelos Contaminados. Tesis (Grado De Doctor). España: Universidad de Vigo,2018, p.29.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=221733>

- LAMZ Alexis y GONZALES María. (2013) Salinity as a problem in agriculture: plant breeding an immediate solution. Cultivos Tropicales, Vol.34, n.4, p.31-42.
<http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v34n4/ctr05413.pdf>
ISSN 0258-5936.

- LOPEZ Sheyla. Evaluación De La Calidad De Agua Respecto A Metales Pesados Presentes En El Río Tambo Provincia De Islay 2016 – 2018.Tesis (Ingeniera Ambiental) Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.2018
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8894>

- Melatonin alleviates aluminum-induced growth inhibition by modulating carbon and nitrogen metabolism, and reestablishing redox homeostasis in *Zea mays* L. JIANHONG Ren [et al.](2022). Journal of Hazardous Materials Volume 423, Part B. 05 de febrero del 2022. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127159>
ISSN: 127159

- MINISTERIO de Agricultura y Riego MINAGRI, y Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural AGRORURAL. Manual de Abonamiento con guano de las islas, diciembre 2018, p.83.
<https://www.agrorural.gob.pe/wpcontent/uploads/transparencia/dab/material/MANUAL%20DE%20ABONAMIENTO%20CON%20G.I..pdf>

- OEFA realizó una evaluación ambiental en el Valle de Tambo. Diario El Comercio. 20 de marzo del 2018, párr.4.
<https://elcomercio.pe/peru/arequipa/radiografia-valle-tambo-noticia-505470-noticia/>

- ORGANISMO De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura (FAO) y Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo (GTIS), Roma, Italia (2015). Resumen Técnico: Estado Mundial del Recurso Suelo.
Disponible en: <https://www.fao.org/3/i5126s/i5126s.pdf>
ISBN 978-92-5-308960-4

- Organización de las Naciones Unidas – FAO (Roma). La contaminación del suelo: una realidad oculta. RODRÍGUEZ Natalia, MCLAUGHLIN Michael y PENNOCK, Daniel. (2019).
Disponible en: <https://www.fao.org/3/i9183es/i9183es.pdf>
ISBN 978-92-5-131639-9

- Physiological effects induced by aluminium and fluoride stress in tall fescue (*Festuca arundinacea* Schreb). FAN Jibiao [et al.] Ecotoxicology and Environmental Safety.
Volumen <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2022.113192> ISSN: 113192
231. February 2022, p. 1-8.

- PORTAL Tecnoagricola, Fosfato de Potasio. Colombia.
<https://www.buscador.portaltecoagricola.com/vademecum/col/producto/FOSFASTO%20de%20Potasio%20SYS>

- PRIETO Judith, GONZÁLEZ Cesar, ROMÁN Alma y PRIETO Francisco. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Merida; Tropical and Subtropical Agroecosystems, vol. 10, núm. 1, 2009, p. 29-44.
<https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
ISSN: 1870-0462

- RAMIREZ Pamela. Condiciones de salinidad y recuperación de los suelos de la Cancha Pública de Golf - San Bartolo. Tesis (Título de Ingeniero Agrícola). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2016..
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2482/P11-R3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- REBOLLEDO Laila. Respuesta del ajo (*Allium sativum* L.) a la aplicación de cal y boronatrocalcita. Tesis (Licenciado en Agronomía). Valdivia: Universidad Austral de Chile, 2004, p.7

<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2004/far292r/pdf/far292r.pdf>

- RIBEIRO Paula. Análisis y prevención de riesgos en el uso de fertilizantes en agricultura. Tesis(Master). España: Universidade Da Coruña, 2017, p. 11-127
https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/20373/RibeiroOliveira_PaulaCristina_TFM_2017.pdf
- SANCHO Hernán y MOLINA Eloy. Efecto del Mg y pH en la reducción de la toxicidad de Al en plantas de banano cultivadas en solución hidropónica. Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Volumen 3(1):53-66. 07 de diciembre del 2016, p. 1-8.
Disponible en: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/260/251>
ISSN: 2477 - 8850
- SAUQUILLO, A.; RIGOL, A. y RAURET, G. (2003) Overview of the use of Leaching Extraction Tests for Risk Assessment of Trace Metals in Contaminated Soils and Sediments. Trends in Analytical Chemistry, Volumen 22, Marzo 2003, p.152-159.
Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165993603003030>
ISSN 0165-9936
- SEGOVIA Matías. Bioaccesibilidad y biodisponibilidad de Elementos Traza en suelos contaminados y plantas. Tesis(Doctor). Santiago:Universidad de Chile, 2014, p.7.
Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/138279>
- SOTO Margarita [*et al.*], Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. Universidad Nacional de Trujillo y Scientia Agropecuaria 11(1): 49 – 59, 25 de febrero del 2020.
Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n1/2077-9917-agro-11-01-00049.pdf>
ISSN: 2306-6741
- TINEO Bristin y PERICHE Romy. Evaluación del contenido de metales pesados en la margen izquierda del valle del río Tumbes y su absorción por el cultivo de arroz durante el periodo Marzo – Julio 2018. Tesis(Título de Ingeniero Forestal y del Medio Ambiente). Tumbes: Universidad Nacional de Tumbes, 2019.
Disponible en: <http://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/383>
- TINTIN Fabián y MOSCOSO Pablo. Capacidad de absorción de la planta de papa *Solanum Tuberosum ssp andigena*, en el suelo contaminado con plomo. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental), Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, 2013.

Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/8925/1/UPS-CT005169.pdf>

- TORRES Hernán. Determinación del uso consuntivo del Ajo Var Napuri (*Allium sativum*) con riego por goteo en la irrigación Majes – Arequipa. Tesis (Título de Ingeniero Agrónomo). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2018.
Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7737>

- VILLANUEVA Lourdes. Bioconcentración y transferencia de plomo en suelo - planta en el cultivo de Ajo *Allium sativum* L. en zonas agrícolas del Centro Poblado de Ruquia - Huaura, 2019. Huaura: Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2020.
Disponible en: <https://repositorio.ucss.edu.pe/handle/20.500.14095/749>

- WAJID Kinza, AHMAD Kafeel, KHAN Iqbal y MUHAMMAD Nadeem. Pattern of Trace Metal Uptake in Pearl Millet as a Result of Application of Organic and Synthetic Fertilizers. University of Tehran. International Journal of Environmental Research. Volumen 15, 16 de octubre del 2020, p.33–44.
Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41742-020-00287-w>
ISSN: 1735-6865

ANEXOS

Anexo 2. Operacionalización de Variables

| Variable | Denominación | Descripción | Niveles | Unidades |
|------------------------|--------------------------------------|---|--|----------|
| Variable Independiente | Aplicación de fertilizantes químicos | El trabajo contará con 8 tratamientos. Se consideraron 3 repeticiones por tratamiento, dando un total de 24 unidades experimentales.. | Con Fertilización | Kg/ha |
| | | | Sin Fertilización | |
| | Sustratos | Ambos suelos mezclados con arena lavada en proporción 3:1. Los suelos difieren en su contenido de metales y metaloides. | Valle de Chilina | kg |
| | | | Valle del Tambo | |
| | Periodo de los cultivos | Cosecha de las plantas | 80 días | Días |
| 150 días | | | | |
| Variable | Denominación | Descripción | Niveles | Unidades |
| Variable Dependiente | Biodisponibilidad de metales | Cuantifica la concentración de metales en el suelo deL Valle de Chilina y Valle de tambo, y en plantas de ajo a los 80 y 150 días de cultivo. | Concentración de Metales y metaloides. | ug/kg |
| | Crecimiento Vegetal | Determina el crecimiento de la raíz en longitud y biomasa; y del vástago en número de hojas y biomasa de plantas de ajo a los 80 y 150 días de cultivo. | Longitud Radicular | Cm |
| | | | Biomasa radicular y vástago | Gr |
| | | | Numero de hojas | Numero |

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 3. Informes de Lab. ALAB de determinaciones de metales por ICP – MS de muestras de suelo y material vegetal



INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13152

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--|--|
| 1.-RAZON SOCIAL | : DIVA - VIDA E.I.R.L. |
| 2.-DIRECCIÓN | : JIRÓN AREQUIPA 103 - ALTO LIBERTAD - CERRO COLORADO |
| 3.-PROYECTO | : BIODISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS PARA CULTIVO DE AJO |
| 4.-PROCEDENCIA | : ÁREA DE INVESTIGACIÓN DIVA - VIDA E.I.R.L. |
| 5.-SOLICITANTE | : ARLETH QUISPE QUISPE |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000004825-2021-0000 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : EL CLIENTE |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2021-10-14 |
| 10.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME MODIFICADO | : 2021-10-14 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : TEJIDO |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 1 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2021-09-28 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2021-09-28 al 2021-10-14 |


Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207


Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13152**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|------------------------------|---|--|
| Metales Totales ² | EPA Method 200.3 Rev. 1.0 1991 / EPA Method 200.7 | Sample preparation procedure for spectrochemical determination of total recoverable elements in biological tissues / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry |

"EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13152

IV. RESULTADOS

| | | | | |
|-------------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| ITEM | | | | 1 |
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | | | | M-21-42319 |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | | | | BASAL AJO CHINO |
| COORDENADAS: | | | | E:0225751 |
| UTM WGS 84: | | | | N:8187005 |
| PRODUCTO: | | | | TEJIDO |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | | | | NO APLICA |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | | | | 28-09-2021 10:04 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS |
| Metales Totales ² | | | | |
| Aluminio | mg/Kg MS | 2,0 | 7,0 | 15,3 |
| Antimonio | mg/Kg MS | 0,8 | 3,0 | <0,8 |
| Arsénico | mg/Kg MS | 0,8 | 3,0 | <0,8 |
| Bario | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | 1,8 |
| Berilio | mg/Kg MS | 0,03 | 0,10 | <0,03 |
| Cadmio | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | <0,1 |
| Calcio | mg/Kg MS | 1,0 | 3,3 | 1 338,1 |
| Cobalto | mg/Kg MS | 0,2 | 1,0 | <0,2 |
| Cobre | mg/Kg MS | 0,3 | 1,0 | 4,5 |
| Cromo | mg/Kg MS | 0,4 | 1,0 | <0,4 |
| Estroncio | mg/Kg MS | 0,03 | 0,10 | 13,64 |
| Fosforo | mg/Kg MS | 6,0 | 20,0 | 7 440,3 |
| Hierro | mg/Kg MS | 3,0 | 10,0 | 46,7 |
| Litio | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | 1,2 |
| Magnesio | mg/Kg MS | 2,0 | 7,0 | 982,6 |
| Manganeso | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | 10,2 |
| Mercurio | mg/Kg MS | 0,9 | 3,0 | <0,9 |
| Molibdeno | mg/Kg MS | 0,4 | 1,0 | <0,4 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, " \leq " Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, " \leq " Menor que el L.D.M.

"*": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13152

| | | | | |
|---------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------------|
| ITEM | | | | 1 |
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | | | | M-21-42319 |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | | | | BASAL AJO CHINO |
| COORDENADAS: | | | | E:0225751 |
| UTM WGS 84: | | | | N:8187005 |
| PRODUCTO: | | | | TEJIDO |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | | | | NO APLICA |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | | | | 28-09-2021 10:04 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS |
| Niquel | mg/Kg MS | 0,5 | 2,0 | <0,5 |
| Plata | mg/Kg MS | 0,20 | 0,70 | <0,20 |
| Plomo | mg/Kg MS | 1,0 | 3,0 | <1,0 |
| Potasio | mg/Kg MS | 30,0 | 99,0 | 22 203,8 |
| Selenio | mg/Kg MS | 2,0 | 7,0 | <2,0 |
| Sodio | mg/Kg MS | 3,0 | 10,0 | 1 222,2 |
| Talio | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | <0,1 |
| Torio | mg/Kg MS | 1,0 | 3,0 | <1,0 |
| Uranio | mg/Kg MS | 1,0 | 3,0 | <1,0 |
| Vanadio | mg/Kg MS | 0,3 | 1,0 | <0,3 |
| Zinc | mg/Kg MS | 0,2 | 0,7 | 48,5 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado
NA: No Aplica

V.OBSERVACIONES

El presente informe ha sido generado a solicitud del cliente y los resultados forman parte del: IE-21-12093

"FIN DEL DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13159

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--|--|
| 1.-RAZON SOCIAL | : DIVA - VIDA E.I.R.L. |
| 2.-DIRECCIÓN | : JIRÓN AREQUIPA 103 - ALTO LIBERTAD - CERRO COLORADO |
| 3.-PROYECTO | : BIODISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS PARA CULTIVO DE AJO |
| 4.-PROCEDENCIA | : ÁREA DE INVESTIGACIÓN DIVA - VIDA E.I.R.L. |
| 5.-SOLICITANTE | : ARLETH QUISPE QUISPE |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : 0000004825-2021-0000 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : EL CLIENTE |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2021-10-14 |
| 10.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME MODIFICADO | : 2021-10-14 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Suelos |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 2 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2021-09-28 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2021-09-28 al 2021-10-14 |



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13159**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|---|--|---|
| Metales Totales en suelos ICP MS ² | EPA Method 3050 B rev.2, 1996 / EPA METHOD 6020B, Rev. 2, 2014 | Inductively coupled plasma-mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. VALIDATED (Applied out of reach), 2020. |

¹"EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13159

| ITEM | | | | 1 | 2 |
|--|--------|--------|--------|---------------------|---------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | | | | M-21-42317 | M-21-42318 |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | | | | BASAL SUELO TAMBO | BASAL SUELO CHILINA |
| COORDENADAS: | | | | E:0225751 | E:0225751 |
| UTM WGS 84: | | | | N:8187005 | N:8187005 |
| PRODUCTO: | | | | SUELOS | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | | | | NO APLICA | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | | | | 28-09-2021 10:04 | 28-09-2021 10:04 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | |
| Metales Totales en suelos ICP MS ² | | | | | |
| Aluminio | mg/Kg | 0,10 | 0,30 | 6 134,13 | 6 495,47 |
| Antimonio | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Arsénico | mg/Kg | 0,02 | 0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Bario | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | 64,64 | 66,25 |
| Berilio | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Bismuto | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Boro | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13159

| ITEM | | | | 1 | 2 |
|---------------------------|--------|--------|--------|---------------------|---------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | | | | M-21-42317 | M-21-42318 |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | | | | BASAL SUELO TAMBO | BASAL SUELO CHILINA |
| COORDENADAS: | | | | E:0225751 | E:0225751 |
| UTM WGS 84: | | | | N:8187005 | N:8187005 |
| PRODUCTO: | | | | SUELOS | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | | | | NO APLICA | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | | | | 28-09-2021 10:04 | 28-09-2021 10:04 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | |
| Cadmio | mg/Kg | 0,005 | 0,020 | <0,020 | <0,020 |
| Calcio | mg/Kg | 0,1 | 0,4 | 5 002,8 | 4 454,6 |
| Cerio | mg/Kg | 0,04 | 0,10 | 8,97 | 12,52 |
| Cobalto | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Cobre | mg/Kg | 0,005 | 0,020 | 18,555 | 21,334 |
| Cromo | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | 9,48 | 10,78 |
| Estaño | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Estroncio | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | 62,47 | 67,56 |
| Fosforo | mg/Kg | 0,04 | 0,10 | 474,30 | 454,13 |
| Hierro | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | 11 722,81 | 10 867,29 |
| Litio | mg/Kg | 0,003 | 0,010 | 0,070 | 0,068 |
| Magnesio | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | 4 620,92 | 2 855,79 |
| Manganeso | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | 169,17 | 150,50 |
| Mercurio | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | <0,04 | <0,04 |
| Molibdeno | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Niquel | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | 13,65 | 9,62 |
| Plata | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Plomo | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Potasio | mg/Kg | 0,30 | 1,00 | 834,57 | 921,35 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.
L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-13159

| ITEM | | | | 1 | 2 |
|---------------------------|--------|--------|--------|---------------------|---------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | | | | M-21-42317 | M-21-42318 |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | | | | BASAL SUELO TAMBO | BASAL SUELO CHILINA |
| COORDENADAS: | | | | E:0225751 | E:0225751 |
| UTM WGS 84: | | | | N:8187005 | N:8187005 |
| PRODUCTO: | | | | SUELOS | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | | | | NO APLICA | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | | | | 28-09-2021 10:04 | 28-09-2021 10:04 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | |
| Selenio | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Silicio | mg/Kg | 0,02 | 0,07 | 274,86 | 270,15 |
| Sodio | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | 1 093,17 | 741,89 |
| Talio | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | <0,04 | <0,04 |
| Titanio | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | 615,00 | 704,06 |
| Torio | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Uranio | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Vanadio | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | 37,13 | 39,57 |
| Zinc | mg/Kg | 0,01 | 0,02 | 79,27 | 76,54 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

El presente informe ha sido generado ha solicitud del cliente y los resultados forman parte del: IE-21-12093

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15104

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--------------------------------|--|
| 1.-RAZON SOCIAL | : DIVA - VIDA E.I.R.L. |
| 2.-DIRECCIÓN | : JIRÓN AREQUIPA 103 - ALTO LIBERTAD - CERRO COLORADO |
| 3.-PROYECTO | : BIODISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS PARA CULTIVO DE AJO |
| 4.-PROCEDENCIA | : ÁREA DE INVESTIGACIÓN DIVA - VIDA E.I.R.L. |
| 5.-SOLICITANTE | : ARLETH QUISPE QUISPE |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : OS-21-5231 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : EL CLIENTE |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2021-11-19 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Tejidos |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 4 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2021-11-02 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2021-11-02 al 2021-11-19 |



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15104**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|------------------------------|---|--|
| Metales Totales ² | EPA Method 200.3 Rev. 1.0 1991 / EPA Method 200.7 | Sample preparation procedure for spectrochemical determination of total recoverable elements in biological tissues / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry |

¹"EPA": U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15104
IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------|----------|---------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-21-56891 | M-21-56892 | M-21-56893 | M-21-56894 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | MATERIAL VEGETAL TAMBO CF 80 | MATERIAL VEGETAL TAMBO SF 80 | MATERIAL VEGETAL CHILINA CF 80 | MATERIAL VEGETAL CHILINA SF 80 | | | |
| COORDENADAS: | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | | | |
| UTM WGS 84: | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | | | |
| PRODUCTO: | TEJIDOS | | | | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | 30-11-2021 11:11 | 30-11-2021 11:11 | 30-11-2021 11:11 | 30-11-2021 09:40 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Metales Totales | | | | | | | |
| Aluminio ² | mg/Kg MS | 2,0 | 7,0 | 140,0 | 73,1 | 218,8 | 157,6 |
| Antimonio ² | mg/Kg MS | 0,8 | 3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 |
| Arsénico ² | mg/Kg MS | 0,8 | 3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 |
| Bario ² | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | 5,9 | 3,5 | 19,8 | 17,6 |
| Berilio ² | mg/Kg MS | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Cadmio ² | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 |
| Calcio ² | mg/Kg MS | 1,0 | 3,3 | 5 905,2 | 3 741,6 | 12 120,4 | 6 814,0 |
| Cobalto ² | mg/Kg MS | 0,2 | 1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| Cobre ² | mg/Kg MS | 0,3 | 1,0 | 6,0 | 2,5 | 6,1 | 6,3 |
| Cromo ² | mg/Kg MS | 0,4 | 1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| Estroncio ² | mg/Kg MS | 0,03 | 0,10 | 54,03 | 34,93 | 111,63 | 65,07 |
| Fosforo ² | mg/Kg MS | 6,0 | 20,0 | 1 376,8 | 1 258,3 | 3 925,6 | 1 941,9 |
| Hierro ² | mg/Kg MS | 3,0 | 10,0 | 731,5 | 121,7 | 301,7 | 219,7 |
| Litio ² | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | 5,0 | 4,2 | 10,2 | 1,0 |
| Magnesio ² | mg/Kg MS | 2,0 | 7,0 | 1 528,4 | 1 048,4 | 3 329,9 | 2 593,2 |
| Manganeso ² | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | 45,7 | 17,2 | 134,1 | 16,1 |
| Mercurio ² | mg/Kg MS | 0,9 | 3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 |
| Molibdeno ² | mg/Kg MS | 0,4 | 1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | 1,3 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-15104

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-21-56891 | M-21-56892 | M-21-56893 | M-21-56894 |
| MATERIAL | MATERIAL | MATERIAL | MATERIAL | MATERIAL |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | VEGETAL TAMBO CF 80 | VEGETAL TAMBO SF 80 | VEGETAL CHILINA CF 80 | VEGETAL CHILINA SF 80 |
| COORDENADAS: | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 |
| UTM WGS 84: | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 |
| PRODUCTO: | TEJIDOS | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | 30-11-2021 11:11 | 30-11-2021 11:11 | 30-11-2021 11:11 | 30-11-2021 09:40 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS |
| Niquel ² | mg/Kg MS | 0,5 | 2,0 | <2,0 |
| Plata ² | mg/Kg MS | 0,20 | 0,70 | <0,70 |
| Plomo ² | mg/Kg MS | 1,0 | 3,0 | <3,0 |
| Potasio ² | mg/Kg MS | 30,0 | 99,0 | 8 935,9 |
| Selenio ² | mg/Kg MS | 2,0 | 7,0 | <7,0 |
| Sodio ² | mg/Kg MS | 3,0 | 10,0 | 3 929,5 |
| Talio ² | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | <0,3 |
| Torio ² | mg/Kg MS | 1,0 | 3,0 | <3,0 |
| Uranio ² | mg/Kg MS | 1,0 | 3,0 | <3,0 |
| Vanadio ² | mg/Kg MS | 0,3 | 1,0 | <1,0 |
| Zinc ² | mg/Kg MS | 0,2 | 0,7 | 12,9 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14084

I. DATOS DEL SERVICIO

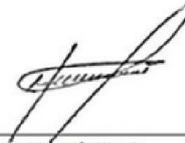
| | |
|--------------------------------|--|
| 1.-RAZON SOCIAL | : DIVA - VIDA E.I.R.L. |
| 2.-DIRECCIÓN | : JIRÓN AREQUIPA 103 - ALTO LIBERTAD - CERRO COLORADO |
| 3.-PROYECTO | : BIODISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS PARA CULTIVO DE AJO |
| 4.-PROCEDENCIA | : ÁREA DE INVESTIGACIÓN DIVA - VIDA E.I.R.L. |
| 5.-SOLICITANTE | : ARLETH QUISPE QUISPE |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : OS-21-5231 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : EL CLIENTE |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2021-11-19 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Suelos |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 4 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2021-11-02 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2021-11-02 al 2021-11-19 |



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207



Marco Valencia Huerta
Ingeniero Químico
CIP N° 152207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14084**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|---|--|---|
| Metales Totales en suelos ICP MS ² | EPA Method 3050 B rev.2, 1996 / EPA METHOD 6020B, Rev. 2, 2014 | Inductively coupled plasma-mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. VALIDATED (Applied out of reach), 2020. |

"EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14084
IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|----------------------------------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------|----------|----------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-21-49617 | M-21-49618 | M-21-49619 | M-21-49620 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | SUELO TAMBO CF-80 | SUELO TAMBO SF-80 | SUELO CHILINA CF-80 | SUELO CHILINA SF-80 | | | |
| COORDENADAS: | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | | | |
| UTM WGS 84: | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | | | |
| PRODUCTO: | SUELOS | | | | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | 30-10-2021 10:01 | 30-10-2021 10:20 | 30-10-2021 09:48 | 30-10-2021 09:10 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Metales Totales en suelos | | | | | | | |
| ICP MS | | | | | | | |
| Aluminio ² | mg/Kg | 0,10 | 0,30 | 5 180,07 | 5 325,31 | 4 146,97 | 3 657,78 |
| Antimonio ² | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Arsénico ² | mg/Kg | 0,02 | 0,10 | 4,93 | 0,28 | <0,10 | <0,10 |
| Bario ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | 64,45 | 66,83 | 43,41 | 42,19 |
| Berilio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Bismuto ² | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Boro ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Cadmio ² | mg/Kg | 0,005 | 0,020 | 0,057 | 0,035 | <0,020 | <0,020 |
| Calcio ² | mg/Kg | 0,1 | 0,4 | 3 246,0 | 3 066,0 | 2 824,1 | 2 296,1 |
| Cerio ² | mg/Kg | 0,04 | 0,10 | 8,20 | 8,36 | 6,22 | 6,02 |
| Cobalto ² | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | 4,35 | 4,70 | 3,54 | 3,17 |
| Cobre ² | mg/Kg | 0,005 | 0,020 | 22,008 | 20,347 | 15,793 | 15,037 |
| Cromo ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | 3,40 | 4,09 | 6,23 | 4,52 |
| Estaño ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Estroncio ² | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | 38,99 | 38,64 | 40,89 | 34,58 |
| Fosforo ² | mg/Kg | 0,04 | 0,10 | 617,82 | 522,93 | 361,33 | 276,52 |
| Hierro ² | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | 10 543,48 | 10 736,17 | 8 093,75 | 7 150,12 |
| Litio ² | mg/Kg | 0,003 | 0,010 | 4,687 | 4,431 | 0,647 | 0,817 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-21-14084

| ITEM | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|--------|--------|--------|----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | | | | M-21-49617 | M-21-49618 | M-21-49619 | M-21-49620 |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | | | | SUELO TAMBO CF-80 | SUELO TAMBO SF-80 | SUELO CHILINA CF-80 | SUELO CHILINA SF-80 |
| COORDENADAS: | | | | E:225751 | E:225751 | E:225751 | E:225751 |
| UTM WGS 84: | | | | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 |
| PRODUCTO: | | | | SUELOS | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | | | | NO APLICA | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | | | | 30-10-2021 10:01 | 30-10-2021 10:20 | 30-10-2021 09:48 | 30-10-2021 09:10 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Magnesio ² | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | 2 892,13 | 3 267,67 | 1 807,48 | 1 681,98 |
| Manganeso ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | 166,59 | 166,80 | 95,09 | 91,60 |
| Mercurio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 |
| Molibdeno ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Niquel ² | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | <0,04 | 6,43 | 5,16 | 4,50 |
| Plata ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Plomo ² | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Potasio ² | mg/Kg | 0,30 | 1,00 | 1 025,97 | 853,27 | 815,61 | 521,68 |
| Selenio ² | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Silicio ² | mg/Kg | 0,02 | 0,07 | 381,19 | 327,73 | 267,95 | 279,39 |
| Sodio ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | 464,42 | 487,30 | 482,10 | 440,25 |
| Talio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 |
| Titanio ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | 415,29 | 419,33 | 552,03 | 493,62 |
| Torio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Uranio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Vanadio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | 27,72 | 29,15 | 30,38 | 26,34 |
| Zinc ² | mg/Kg | 0,01 | 0,02 | 35,38 | 35,50 | 22,18 | 21,58 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-278

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--------------------------------|--|
| 1.-RAZON SOCIAL | : ARLETH YAJAIRA QUISPE QUISPE |
| 2.-DIRECCIÓN | : JIRÓN AREQUIPA 103 - ALTO LIBERTAD - CERRO COLORADO |
| 3.-PROYECTO | : BIODISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS PARA CULTIVO DE AJO |
| 4.-PROCEDENCIA | : NO INDICA |
| 5.-SOLICITANTE | : ARLETH YAJAIRA QUISPE QUISPE |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : OS-22-0021 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : EL CLIENTE |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2022-01-24 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Tejidos |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 4 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2022-01-10 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2022-01-10 al 2022-01-24 |



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-278**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|------------------------------|---|--|
| Metales Totales ² | EPA METHOD 200.3, Rev. 1,1991/ EPA METHOD 200.7, Rev. 4.4, 1994 | Sample Preparation Procedure for Spectrochemical Determination of Total Recoverable Elements in Biological Tissues / Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry |

"EPA" : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-278
IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------|----------|---------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-22-01530 | M-22-01531 | M-22-01532 | M-22-01533 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | MAT. VEGETAL TAMBO CF-150 | MAT. VEGETAL TAMBO SF-150 | MAT. VEGETAL CHILINA CF-150 | MAT. VEGETAL CHILINA SF-150 | | | |
| COORDENADAS: | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | | | |
| UTM WGS 84: | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | | | |
| PRODUCTO: | TEJIDOS | | | | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | 08-01-2022 11:53 | 08-01-2022 12:04 | 08-01-2022 11:24 | 08-01-2022 11:38 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Metales Totales | | | | | | | |
| Aluminio ² | mg/Kg MS | 2,0 | 7,0 | 418,2 | 73,7 | 1 014,9 | 124,6 |
| Antimonio ² | mg/Kg MS | 0,8 | 3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 |
| Arsénico ² | mg/Kg MS | 0,8 | 3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 |
| Bario ² | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | 1,6 | <0,3 | 25,8 | 1,0 |
| Berilio ² | mg/Kg MS | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Cadmio ² | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 |
| Calcio ² | mg/Kg MS | 1,0 | 3,3 | 7 625,8 | 3 821,4 | 17 802,1 | 3 103,8 |
| Cobalto ² | mg/Kg MS | 0,2 | 1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| Cobre ² | mg/Kg MS | 0,3 | 1,0 | 7,0 | 3,7 | 12,5 | 3,5 |
| Cromo ² | mg/Kg MS | 0,4 | 1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |
| Estroncio ² | mg/Kg MS | 0,03 | 0,10 | 69,82 | 33,31 | 164,28 | 27,89 |
| Fosforo ² | mg/Kg MS | 6,0 | 20,0 | 2 935,8 | 2 044,3 | 5 069,1 | 1 396,0 |
| Hierro ² | mg/Kg MS | 3,0 | 10,0 | 753,6 | 158,5 | 1 299,6 | 217,3 |
| Litio ² | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | 3,7 | 0,9 | 4,3 | 0,3 |
| Magnesio ² | mg/Kg MS | 2,0 | 7,0 | 1 898,2 | 851,8 | 5 040,1 | 1 115,1 |
| Manganeso ² | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | 277,8 | 10,6 | 666,6 | 14,7 |
| Mercurio ² | mg/Kg MS | 0,9 | 3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 |
| Molibdeno ² | mg/Kg MS | 0,4 | 1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 | <1,0 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-278

| ITEM | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|----------|--------|--------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | | | | M-22-01530 | M-22-01531 | M-22-01532 | M-22-01533 |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | | | | MAT. VEGETAL TAMBO CF-150 | MAT. VEGETAL TAMBO SF-150 | MAT. VEGETAL CHILINA CF-150 | MAT. VEGETAL CHILINA SF-150 |
| COORDENADAS: | | | | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 |
| UTM WGS 84: | | | | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 |
| PRODUCTO: | | | | TEJIDOS | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | | | | NO APLICA | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | | | | 08-01-2022 11:53 | 08-01-2022 12:04 | 08-01-2022 11:24 | 08-01-2022 11:38 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Niquel ² | mg/Kg MS | 0,5 | 2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 | <2,0 |
| Plata ² | mg/Kg MS | 0,20 | 0,70 | <0,70 | <0,70 | <0,70 | <0,70 |
| Plomo ² | mg/Kg MS | 1,0 | 3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 |
| Potasio ² | mg/Kg MS | 30,0 | 99,0 | 13 171,4 | 9 745,3 | 16 443,1 | 11 287,3 |
| Selenio ² | mg/Kg MS | 2,0 | 7,0 | <7,0 | <7,0 | <7,0 | <7,0 |
| Sodio ² | mg/Kg MS | 3,0 | 10,0 | 927,7 | 670,3 | 1 257,7 | 527,5 |
| Talio ² | mg/Kg MS | 0,1 | 0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 | <0,3 |
| Torio ² | mg/Kg MS | 1,0 | 3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 |
| Uranio ² | mg/Kg MS | 1,0 | 3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 | <3,0 |
| Vanadio ² | mg/Kg MS | 0,3 | 1,0 | 1,3 | <1,0 | 2,8 | <1,0 |
| Zinc ² | mg/Kg MS | 0,2 | 0,7 | 25,0 | 14,0 | 40,7 | 9,3 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<="= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-277

I. DATOS DEL SERVICIO

| | |
|--------------------------------|--|
| 1.-RAZON SOCIAL | : ARLETH YAJAIRA QUISPE QUISPE |
| 2.-DIRECCIÓN | : JIRÓN AREQUIPA 103 - ALTO LIBERTAD - CERRO COLORADO |
| 3.-PROYECTO | : BIODISPONIBILIDAD DE METALES PESADOS PARA CULTIVO DE AJO |
| 4.-PROCEDENCIA | : NO INDICA |
| 5.-SOLICITANTE | : ARLETH YAJAIRA QUISPE QUISPE |
| 6.-ORDEN DE SERVICIO N° | : OS-22-0021 |
| 7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO | : NO APLICA |
| 8.-MUESTREADO POR | : EL CLIENTE |
| 9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME | : 2022-01-22 |

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

| | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1.-PRODUCTO | : Suelos |
| 2.-NÚMERO DE MUESTRAS | : 4 |
| 3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA | : 2022-01-10 |
| 4.-PERÍODO DE ENSAYO | : 2022-01-10 al 2022-01-22 |



Gaby Moreno Muñoz
Jefe de Laboratorio
CIP N° 191207

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R. L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-277**III. MÉTODOS Y REFERENCIAS**

| TIPO DE ENSAYO | NORMA DE REFERENCIA | TÍTULO |
|---|--|--|
| Metales Totales en suelos ICP MS ² | EPA METHOD 6020B, Rev.2, 2014 / EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996 / EPA METHOD 6020B, Rev.2, 2014 / EPA METHOD 3050B Rev. 2, 1996. VALIDATED (Applied out of reach), 2020. | Inductively coupled plasma - mass spectrometry / Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils |

¹EPA¹ : U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemicals Analysis

² Ensayo acreditado por el IAS

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-277
IV. RESULTADOS

| ITEM | 1 | 2 | 3 | 4 | | | |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|-----------|----------|----------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | M-22-01526 | M-22-01527 | M-22-01528 | M-22-01529 | | | |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | SUELO TAMBO CF-150 | SUELO TAMBO SF-150 | SUELO CHILINA CF-150 | SUELO CHILINA SF-150 | | | |
| COORDENADAS: | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | | | |
| UTM WGS 84: | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | | | |
| PRODUCTO: | SUELOS | | | | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | NO APLICA | | | | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO : | 08-01-2022 10:16 | 08-01-2022 10:05 | 08-01-2022 09:40 | 08-01-2022 09:55 | | | |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Metales Totales en suelos | | | | | | | |
| ICP MS | | | | | | | |
| Aluminio ² | mg/Kg | 0,10 | 0,30 | 6 426,16 | 6 323,06 | 4 109,56 | 4 012,64 |
| Antimonio ² | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Arsénico ² | mg/Kg | 0,02 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Bario ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | 100,30 | 105,80 | 55,65 | 57,56 |
| Berilio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Bismuto ² | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Boro ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Cadmio ² | mg/Kg | 0,005 | 0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 | <0,020 |
| Calcio ² | mg/Kg | 0,1 | 0,4 | 5 021,7 | 4 812,3 | 3 054,7 | 2 979,8 |
| Cerio ² | mg/Kg | 0,04 | 0,10 | 12,20 | 12,96 | 11,35 | 10,42 |
| Cobalto ² | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | 4,83 | 4,50 | 2,15 | 2,25 |
| Cobre ² | mg/Kg | 0,005 | 0,020 | 31,197 | 31,740 | 19,788 | 19,611 |
| Cromo ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | 5,02 | 4,63 | 4,84 | 5,18 |
| Estaño ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Estroncio ² | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | 64,03 | 62,67 | 53,70 | 52,37 |
| Fosforo ² | mg/Kg | 0,04 | 0,10 | 989,48 | 739,46 | 542,11 | 388,56 |
| Hierro ² | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | 13 138,28 | 12 878,75 | 8 137,61 | 8 366,83 |
| Litio ² | mg/Kg | 0,003 | 0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 | <0,010 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-277

| ITEM | | | | 1 | 2 | 3 | 4 |
|---------------------------|--------|--------|--------|-----------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | | | | M-22-01526 | M-22-01527 | M-22-01528 | M-22-01529 |
| CÓDIGO DEL CLIENTE: | | | | SUELO TAMBO CF-150 | SUELO TAMBO SF-150 | SUELO CHILINA CF-150 | SUELO CHILINA SF-150 |
| COORDENADAS: | | | | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 | E:0225751 |
| UTM WGS 84: | | | | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 | N:8187005 |
| PRODUCTO: | | | | SUELOS | | | |
| INSTRUCTIVO DE MUESTREO: | | | | NO APLICA | | | |
| FECHA y HORA DE MUESTREO: | | | | 08-01-2022 10:16 | 08-01-2022 10:05 | 08-01-2022 09:40 | 08-01-2022 09:55 |
| ENSAYO | UNIDAD | L.D.M. | L.C.M. | RESULTADOS | | | |
| Magnesio ² | mg/Kg | 0,06 | 0,20 | 4 760,70 | 4 300,61 | 2 140,58 | 2 279,66 |
| Manganeso ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | 267,17 | 274,68 | 124,30 | 132,40 |
| Mercurio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 |
| Molibdeno ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Niquel ² | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | 9,35 | 8,24 | 5,92 | 6,50 |
| Plata ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 | <0,10 |
| Plomo ² | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Potasio ² | mg/Kg | 0,30 | 1,00 | 1 944,98 | 1 262,92 | 1 515,01 | 734,60 |
| Selenio ² | mg/Kg | 0,05 | 0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 | <0,20 |
| Silicio ² | mg/Kg | 0,02 | 0,07 | 344,53 | 317,15 | 318,48 | 326,45 |
| Sodio ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | 762,85 | 816,99 | 627,25 | 580,70 |
| Talio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 | <0,04 |
| Titanio ² | mg/Kg | 0,03 | 0,10 | 441,88 | 408,62 | 515,78 | 523,26 |
| Torio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Uranio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 | <0,03 |
| Vanadio ² | mg/Kg | 0,01 | 0,04 | 31,02 | 29,23 | 27,56 | 27,76 |
| Zinc ² | mg/Kg | 0,01 | 0,02 | 45,03 | 45,79 | 19,53 | 20,43 |

² Ensayo acreditado por el IAS

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<"= Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<"= Menor que el L.D.M.

"-": No ensayado

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

Anexo 3. Prueba estadística del crecimiento de la raíz en longitud a los 80 y 150 días.

Prueba de Hipótesis

1. Hipótesis a probar:

El crecimiento de la raíz en longitud de plantas de ajo, con fertilización difiere con el crecimiento sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo.

2. Evaluación de la normalidad:

Pruebas de normalidad

| Tratamiento | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | | |
|-------------|---------------------------------|------|------|--------------|------|------|------|
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. | |
| LongRaiz | S/F ChD80 | ,215 | 6 | ,200* | ,970 | 6 | ,895 |
| | C/F ChD80 | ,271 | 6 | ,192 | ,874 | 6 | ,244 |
| | S/F VtD80 | ,234 | 6 | ,200* | ,861 | 6 | ,192 |
| | C/F VtD80 | ,171 | 6 | ,200* | ,957 | 6 | ,795 |
| | S/F ChD150 | ,204 | 6 | ,200* | ,915 | 6 | ,470 |
| | C/F ChD150 | ,273 | 6 | ,183 | ,824 | 6 | ,096 |
| | S/F VtD150 | ,238 | 6 | ,200* | ,893 | 6 | ,335 |
| | C/F VtD150 | ,239 | 6 | ,200* | ,912 | 6 | ,451 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Ho: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

H1: Los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$)

Conclusión: Según SW, los datos presentan una distribución normal.

3. Evaluación de la igualdad de varianzas:

Prueba de homogeneidad de varianzas

| LongRaiz | | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|----------|---|-----------------------|-------|--------|------|
| | | Se basa en la media | 2,020 | 7 | 40 |
| | Se basa en la mediana | 1,020 | 7 | 40 | ,433 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 1,020 | 7 | 15,539 | ,456 |
| | Se basa en la media recortada | 1,782 | 7 | 40 | ,118 |

Conclusión: Existe homogeneidad de varianzas $p = 0.076 > 0.05$

4. Tipo de prueba a aplicar:

Prueba paramétrica ANOVA de un factor.

5. Procedimiento

5.1. Expresión simbólica de las hipótesis

H₀: $\mu_{SFCh80} = \mu_{CFCh80} = \mu_{SFCh150} = \mu_{CFCh150} = \mu_{SFVT80} = \mu_{CFVT80} = \mu_{SFVT150} = \mu_{CFVT150}$

H₁: Al menos uno es diferente.

5.2. Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

5.3. Cálculo del estadístico de prueba

ANOVA

| LongRaiz | | | | | |
|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 529,900 | 7 | 75,700 | 3,477 | ,005 |
| Dentro de grupos | 870,958 | 40 | 21,774 | | |
| Total | 1400,858 | 47 | | | |

Comparaciones Múltiples - Tukey

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: LongRaiz

HSD Tukey

| (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|-----------------|-----------------|----------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| S/F ChD80 | C/F ChD80 | 1,73333 | 2,69406 | ,998 | -6,8782 | 10,3449 |
| | S/F VtD80 | -,73333 | 2,69406 | 1,000 | -9,3449 | 7,8782 |
| | C/F VtD80 | -2,03333 | 2,69406 | ,994 | -10,6449 | 6,5782 |
| | S/F ChD150 | 5,66667 | 2,69406 | ,430 | -2,9449 | 14,2782 |
| | C/F ChD150 | 6,28333 | 2,69406 | ,302 | -2,3282 | 14,8949 |
| | S/F VtD150 | 4,96667 | 2,69406 | ,596 | -3,6449 | 13,5782 |
| | C/F VtD150 | 7,10000 | 2,69406 | ,173 | -1,5116 | 15,7116 |
| C/F ChD80 | S/F ChD80 | -1,73333 | 2,69406 | ,998 | -10,3449 | 6,8782 |
| | S/F VtD80 | -2,46667 | 2,69406 | ,983 | -11,0782 | 6,1449 |
| | C/F VtD80 | -3,76667 | 2,69406 | ,853 | -12,3782 | 4,8449 |
| | S/F ChD150 | 3,93333 | 2,69406 | ,823 | -4,6782 | 12,5449 |
| | C/F ChD150 | 4,55000 | 2,69406 | ,694 | -4,0616 | 13,1616 |
| | S/F VtD150 | 3,23333 | 2,69406 | ,927 | -5,3782 | 11,8449 |
| | C/F VtD150 | 5,36667 | 2,69406 | ,500 | -3,2449 | 13,9782 |
| S/F VtD80 | S/F ChD80 | ,73333 | 2,69406 | 1,000 | -7,8782 | 9,3449 |
| | C/F ChD80 | 2,46667 | 2,69406 | ,983 | -6,1449 | 11,0782 |
| | C/F VtD80 | -1,30000 | 2,69406 | 1,000 | -9,9116 | 7,3116 |
| | S/F ChD150 | 6,40000 | 2,69406 | ,281 | -2,2116 | 15,0116 |
| | C/F ChD150 | 7,01667 | 2,69406 | ,184 | -1,5949 | 15,6282 |
| | S/F VtD150 | 5,70000 | 2,69406 | ,423 | -2,9116 | 14,3116 |
| | C/F VtD150 | 7,83333 | 2,69406 | ,098 | -,7782 | 16,4449 |
| C/F VtD80 | S/F ChD80 | 2,03333 | 2,69406 | ,994 | -6,5782 | 10,6449 |
| | C/F ChD80 | 3,76667 | 2,69406 | ,853 | -4,8449 | 12,3782 |
| | S/F VtD80 | 1,30000 | 2,69406 | 1,000 | -7,3116 | 9,9116 |
| | S/F ChD150 | 7,70000 | 2,69406 | ,109 | -,9116 | 16,3116 |
| | C/F ChD150 | 8,31667 | 2,69406 | ,065 | -,2949 | 16,9282 |
| | S/F VtD150 | 7,00000 | 2,69406 | ,187 | -1,6116 | 15,6116 |
| | C/F VtD150 | 9,13333* | 2,69406 | ,031 | ,5218 | 17,7449 |

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------|---------|-------|----------|---------|
| S/F ChD150 | S/F ChD80 | -5,66667 | 2,69406 | ,430 | -14,2782 | 2,9449 |
| | C/F ChD80 | -3,93333 | 2,69406 | ,823 | -12,5449 | 4,6782 |
| | S/F VtD80 | -6,40000 | 2,69406 | ,281 | -15,0116 | 2,2116 |
| | C/F VtD80 | -7,70000 | 2,69406 | ,109 | -16,3116 | ,9116 |
| | C/F ChD150 | ,61667 | 2,69406 | 1,000 | -7,9949 | 9,2282 |
| | S/F VtD150 | -7,70000 | 2,69406 | 1,000 | -9,3116 | 7,9116 |
| | C/F VtD150 | 1,43333 | 2,69406 | ,999 | -7,1782 | 10,0449 |
| C/F ChD150 | S/F ChD80 | -6,28333 | 2,69406 | ,302 | -14,8949 | 2,3282 |
| | C/F ChD80 | -4,55000 | 2,69406 | ,694 | -13,1616 | 4,0616 |
| | S/F VtD80 | -7,01667 | 2,69406 | ,184 | -15,6282 | 1,5949 |
| | C/F VtD80 | -8,31667 | 2,69406 | ,065 | -16,9282 | ,2949 |
| | S/F ChD150 | -,61667 | 2,69406 | 1,000 | -9,2282 | 7,9949 |
| | S/F VtD150 | -1,31667 | 2,69406 | 1,000 | -9,9282 | 7,2949 |
| | C/F VtD150 | ,81667 | 2,69406 | 1,000 | -7,7949 | 9,4282 |
| S/F VtD150 | S/F ChD80 | -4,96667 | 2,69406 | ,596 | -13,5782 | 3,6449 |
| | C/F ChD80 | -3,23333 | 2,69406 | ,927 | -11,8449 | 5,3782 |
| | S/F VtD80 | -5,70000 | 2,69406 | ,423 | -14,3116 | 2,9116 |
| | C/F VtD80 | -7,00000 | 2,69406 | ,187 | -15,6116 | 1,6116 |
| | S/F ChD150 | ,70000 | 2,69406 | 1,000 | -7,9116 | 9,3116 |
| | C/F ChD150 | 1,31667 | 2,69406 | 1,000 | -7,2949 | 9,9282 |
| | C/F VtD150 | 2,13333 | 2,69406 | ,993 | -6,4782 | 10,7449 |
| C/F VtD150 | S/F ChD80 | -7,10000 | 2,69406 | ,173 | -15,7116 | 1,5116 |
| | C/F ChD80 | -5,36667 | 2,69406 | ,500 | -13,9782 | 3,2449 |
| | S/F VtD80 | -7,83333 | 2,69406 | ,098 | -16,4449 | ,7782 |
| | C/F VtD80 | -9,13333* | 2,69406 | ,031 | -17,7449 | -,5218 |
| | S/F ChD150 | -1,43333 | 2,69406 | ,999 | -10,0449 | 7,1782 |
| | C/F ChD150 | -,81667 | 2,69406 | 1,000 | -9,4282 | 7,7949 |
| | S/F VtD150 | -2,13333 | 2,69406 | ,993 | -10,7449 | 6,4782 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

5.4. Regla de decisión

Ho: Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H1: Los valores entre grupos son diferentes $p \leq 0.05$

5.5. Decisión sobre la H_0

$P = 0.005 < 0.05$

Se rechaza la H_0

6. Redacción de la conclusión

De acuerdo a los datos muestrales en la comparación de varianza por ANOVA, se concluye que al menos un tratamiento es diferente.

Anexo 44. Prueba estadística del peso de la raíz a los 80 y 150 días.

Prueba de Hipótesis

1. Hipótesis a probar:

El peso de la raíz en plantas de ajo, con fertilización difiere con el peso sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo.

2. Evaluación de la normalidad:

Pruebas de normalidad

| | Tratamiento | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|----------|-------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| PesoRaiz | S/F ChD80 | ,271 | 6 | ,191 | ,897 | 6 | ,355 |
| | C/F ChD80 | ,217 | 6 | ,200* | ,923 | 6 | ,530 |
| | S/F VtD80 | ,430 | 6 | ,001 | ,589 | 6 | ,000 |
| | C/F VtD80 | ,207 | 6 | ,200* | ,955 | 6 | ,782 |
| | S/F ChD150 | ,266 | 6 | ,200* | ,815 | 6 | ,079 |
| | C/F ChD150 | ,243 | 6 | ,200* | ,903 | 6 | ,390 |
| | S/F VtD150 | ,304 | 6 | ,088 | ,856 | 6 | ,177 |
| | C/F VtD150 | ,259 | 6 | ,200* | ,869 | 6 | ,220 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

H₀: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

H₁: Los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$)

Conclusión: Según SW, los datos presentan una distribución normal.

3. Evaluación de la igualdad de varianzas:

Prueba de homogeneidad de varianzas

| | | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|----------|---|-----------------------|-----|-------|------|
| PesoRaiz | Se basa en la media | 4,472 | 7 | 40 | ,001 |
| | Se basa en la mediana | 1,040 | 7 | 40 | ,419 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 1,040 | 7 | 5,561 | ,494 |
| | Se basa en la media recortada | 3,061 | 7 | 40 | ,011 |

Conclusión: No existe homogeneidad de varianzas $p = 0.001 > 0.05$

4. Tipo de prueba a aplicar:

Prueba paramétrica ANOVA de un factor.

5. Procedimiento

5.1. Expresión simbólica de las hipótesis

H₀: $\mu_{SFCh80} = \mu_{CFCh80} = \mu_{SFCh150} = \mu_{CFCh150} = \mu_{SFVT80} = \mu_{CFVT80} = \mu_{SFVT150} = \mu_{CFVT150}$

H₁: Al menos uno es diferente.

5.2. Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

5.3. Cálculo del estadístico de prueba

ANOVA

| PesoRaiz | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | 27,558 | 7 | 3,937 | 2,052 | ,072 |
| Dentro de grupos | 76,737 | 40 | 1,918 | | |
| Total | 104,295 | 47 | | | |

5.4. Regla de decisión

Ho: Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H1: Los valores entre grupos son diferentes $p \leq 0.05$

5.5. Decisión sobre la H_0

$P = 0.072 > 0.05$

No se rechaza la H_0

6. Redacción de la conclusión

No existe evidencia muestral suficiente para sustentar la aseveración de que el peso de la raíz en plantas de ajo, con fertilización difiere con el peso sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo

Anexo 5. Prueba estadística del crecimiento del bulbo en diámetro a los 80 y 150 días.

Prueba de Hipótesis

1. Hipótesis a probar:

El crecimiento del bulbo en diámetro de plantas de ajo, con fertilización difiere con el crecimiento sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo.

2. Evaluación de la normalidad:

Pruebas de normalidad

| | Tratamiento | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---------------|-------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| DiámetroBulbo | S/F ChD80 | ,254 | 6 | ,200* | ,866 | 6 | ,212 |
| | C/F ChD80 | ,226 | 6 | ,200* | ,912 | 6 | ,452 |
| | S/F VtD80 | ,430 | 6 | ,001 | ,709 | 6 | ,008 |
| | C/F VtD80 | ,283 | 6 | ,143 | ,921 | 6 | ,514 |
| | S/F ChD150 | ,358 | 6 | ,016 | ,823 | 6 | ,094 |
| | C/F ChD150 | ,261 | 6 | ,200* | ,878 | 6 | ,259 |
| | S/F VtD150 | ,303 | 6 | ,090 | ,832 | 6 | ,111 |
| | C/F VtD150 | ,201 | 6 | ,200* | ,912 | 6 | ,452 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

H₀: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

H₁: Los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$)

Conclusión: Según SW, los datos presentan una distribución normal.

3. Evaluación de la igualdad de varianzas:

Prueba de homogeneidad de varianzas

| | | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|---------------|---|-----------------------|-----|--------|------|
| DiámetroBulbo | Se basa en la media | 2,988 | 7 | 40 | ,013 |
| | Se basa en la mediana | 1,356 | 7 | 40 | ,250 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 1,356 | 7 | 12,163 | ,306 |
| | Se basa en la media recortada | 2,700 | 7 | 40 | ,022 |

Conclusión: No existe homogeneidad de varianzas $p = 0.013 > 0.05$

4. Tipo de prueba a aplicar:

Prueba paramétrica ANOVA de un factor.

5. Procedimiento

5.1. Expresión simbólica de las hipótesis

H₀: $\mu_{SFCh80} = \mu_{CFCh80} = \mu_{SFCh150} = \mu_{CFCh150} = \mu_{SFVT80} = \mu_{CFVT80} = \mu_{SFVT150} = \mu_{CFVT150}$

H₁: Al menos uno es diferente.

5.2. Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

5.3. Cálculo del estadístico de prueba

ANOVA

DiametroBulbo

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| Entre grupos | 3,527 | 7 | ,504 | 9,461 | ,000 |
| Dentro de grupos | 2,130 | 40 | ,053 | | |
| Total | 5,657 | 47 | | | |

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: DiametroBulbo

HSD Tukey

| (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|-----------------|-----------------|----------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| S/F ChD80 | C/F ChD80 | ,20000 | ,13323 | ,802 | -,2259 | ,6259 |
| | S/F VID80 | ,08333 | ,13323 | ,998 | -,3425 | ,5092 |
| | C/F VID80 | ,03333 | ,13323 | 1,000 | -,3925 | ,4592 |
| | S/F ChD150 | -,58333 [*] | ,13323 | ,002 | -1,0092 | -,1575 |
| | C/F ChD150 | -,06667 | ,13323 | 1,000 | -,4925 | ,3592 |
| | S/F VID150 | -,53333 [*] | ,13323 | ,006 | -,9592 | -,1075 |
| | C/F VID150 | -,26667 | ,13323 | ,494 | -,6925 | ,1592 |
| C/F ChD80 | S/F ChD80 | -,20000 | ,13323 | ,802 | -,6259 | ,2259 |
| | S/F VID80 | -,11667 | ,13323 | ,987 | -,5425 | ,3092 |
| | C/F VID80 | -,16667 | ,13323 | ,911 | -,5925 | ,2592 |
| | S/F ChD150 | -,78333 [*] | ,13323 | ,000 | -1,2092 | -,3575 |
| | C/F ChD150 | -,26667 | ,13323 | ,494 | -,6925 | ,1592 |
| | S/F VID150 | -,73333 [*] | ,13323 | ,000 | -1,1592 | -,3075 |
| | C/F VID150 | -,46667 [*] | ,13323 | ,023 | -,8925 | -,0408 |
| S/F VID80 | S/F ChD80 | -,08333 | ,13323 | ,998 | -,5092 | ,3425 |
| | C/F ChD80 | ,11667 | ,13323 | ,987 | -,3092 | ,5425 |
| | C/F VID80 | -,05000 | ,13323 | 1,000 | -,4759 | ,3759 |
| | S/F ChD150 | -,66667 [*] | ,13323 | ,000 | -1,0925 | -,2408 |
| | C/F ChD150 | -,15000 | ,13323 | ,947 | -,5759 | ,2759 |
| | S/F VID150 | -,61667 [*] | ,13323 | ,001 | -1,0425 | -,1908 |
| | C/F VID150 | -,35000 | ,13323 | ,176 | -,7759 | ,0759 |
| C/F VID80 | S/F ChD80 | -,03333 | ,13323 | 1,000 | -,4592 | ,3925 |
| | C/F ChD80 | ,16667 | ,13323 | ,911 | -,2592 | ,5925 |
| | S/F VID80 | ,05000 | ,13323 | 1,000 | -,3759 | ,4759 |
| | S/F ChD150 | -,61667 [*] | ,13323 | ,001 | -1,0425 | -,1908 |
| | C/F ChD150 | -,10000 | ,13323 | ,995 | -,5259 | ,3259 |
| | S/F VID150 | -,56667 [*] | ,13323 | ,003 | -,9925 | -,1408 |
| | C/F VID150 | -,30000 | ,13323 | ,344 | -,7259 | ,1259 |

| | | | | | | |
|------------|------------|----------|--------|-------|--------|--------|
| S/F ChD150 | S/F ChD80 | ,58333* | ,13323 | ,002 | ,1575 | 1,0092 |
| | C/F ChD80 | ,78333* | ,13323 | ,000 | ,3575 | 1,2092 |
| | S/F VtD80 | ,66667* | ,13323 | ,000 | ,2408 | 1,0925 |
| | C/F VtD80 | ,61667* | ,13323 | ,001 | ,1908 | 1,0425 |
| | C/F ChD150 | ,51667* | ,13323 | ,008 | ,0908 | ,9425 |
| | S/F VtD150 | ,05000 | ,13323 | 1,000 | -,3759 | ,4759 |
| | C/F VtD150 | ,31667 | ,13323 | ,280 | -,1092 | ,7425 |
| C/F ChD150 | S/F ChD80 | ,06667 | ,13323 | 1,000 | -,3592 | ,4925 |
| | C/F ChD80 | ,26667 | ,13323 | ,494 | -,1592 | ,6925 |
| | S/F VtD80 | ,15000 | ,13323 | ,947 | -,2759 | ,5759 |
| | C/F VtD80 | ,10000 | ,13323 | ,995 | -,3259 | ,5259 |
| | S/F ChD150 | -,51667* | ,13323 | ,008 | -,9425 | -,0908 |
| | S/F VtD150 | -,46667* | ,13323 | ,023 | -,8925 | -,0408 |
| | C/F VtD150 | -,20000 | ,13323 | ,802 | -,6259 | ,2259 |
| S/F VtD150 | S/F ChD80 | ,53333* | ,13323 | ,006 | ,1075 | ,9592 |
| | C/F ChD80 | ,73333* | ,13323 | ,000 | ,3075 | 1,1592 |
| | S/F VtD80 | ,61667* | ,13323 | ,001 | ,1908 | 1,0425 |
| | C/F VtD80 | ,56667* | ,13323 | ,003 | ,1408 | ,9925 |
| | S/F ChD150 | -,05000 | ,13323 | 1,000 | -,4759 | ,3759 |
| | C/F ChD150 | ,46667* | ,13323 | ,023 | ,0408 | ,8925 |
| | C/F VtD150 | ,26667 | ,13323 | ,494 | -,1592 | ,6925 |
| C/F VtD150 | S/F ChD80 | ,26667 | ,13323 | ,494 | -,1592 | ,6925 |
| | C/F ChD80 | ,46667* | ,13323 | ,023 | ,0408 | ,8925 |
| | S/F VtD80 | ,35000 | ,13323 | ,176 | -,0759 | ,7759 |
| | C/F VtD80 | ,30000 | ,13323 | ,344 | -,1259 | ,7259 |
| | S/F ChD150 | -,31667 | ,13323 | ,280 | -,7425 | ,1092 |
| | C/F ChD150 | ,20000 | ,13323 | ,802 | -,2259 | ,6259 |
| | S/F VtD150 | -,26667 | ,13323 | ,494 | -,6925 | ,1592 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

5.4. Regla de decisión

Ho: Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H1: Los valores entre grupos son diferentes $p \leq 0.05$

5.5. Decisión sobre la H_0

$P = 7,1834 \times 10^{-7} < 0.05$

Se rechaza la Ho

6. Redacción de la conclusión

De acuerdo a los datos muestrales en la comparación de varianza por ANOVA, se concluye que al menos un tratamiento es diferente.

Anexo 6. Prueba estadística del peso del bulbo a los 80 y 150 días.

Prueba de Hipótesis

1. Hipótesis a probar:

El peso del bulbo de plantas de ajo, con fertilización difiere con el peso sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo.

2. Evaluación de la normalidad:

Pruebas de normalidad

| PesoBulbo | Tratamiento | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-----------|-------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| | S/F ChD80 | ,212 | 6 | ,200* | ,948 | 6 | ,726 |
| | C/F ChD80 | ,175 | 6 | ,200* | ,974 | 6 | ,918 |
| | S/F VtD80 | ,207 | 6 | ,200* | ,965 | 6 | ,856 |
| | C/F VtD80 | ,246 | 6 | ,200* | ,879 | 6 | ,264 |
| | S/F ChD150 | ,260 | 6 | ,200* | ,843 | 6 | ,137 |
| | C/F ChD150 | ,210 | 6 | ,200* | ,971 | 6 | ,902 |
| | S/F VtD150 | ,277 | 6 | ,167 | ,862 | 6 | ,198 |
| | C/F VtD150 | ,231 | 6 | ,200* | ,924 | 6 | ,534 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

H₀: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

H₁: Los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$)

Conclusión: Según SW, los datos presentan una distribución normal.

3. Evaluación de la igualdad de varianzas:

Prueba de homogeneidad de varianzas

| PesoBulbo | | Estadístico | gl1 | gl2 | Sig. |
|-----------|---|-------------|-----|--------|------|
| | | de Levene | | | |
| | Se basa en la media | 6,220 | 7 | 40 | ,000 |
| | Se basa en la mediana | 5,046 | 7 | 40 | ,000 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 5,046 | 7 | 25,758 | ,001 |
| | Se basa en la media recortada | 6,266 | 7 | 40 | ,000 |

Conclusión: No existe homogeneidad de varianzas $p = 0.000058 < 0.05$

4. Tipo de prueba a aplicar:

Prueba paramétrica ANOVA de un factor.

5. Procedimiento

5.1. Expresión simbólica de las hipótesis

H₀: $\mu_{SFCh80} = \mu_{CFCh80} = \mu_{SFCh150} = \mu_{CFCh150} = \mu_{SFVT80} = \mu_{CFVT80} = \mu_{SFVT150} = \mu_{CFVT150}$

H_1 : Al menos uno es diferente.

5.2. Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

5.3. Cálculo del estadístico de prueba

ANOVA

PesoBulbo

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| Entre grupos | 25,369 | 7 | 3,624 | 12,673 | ,000 |
| Dentro de grupos | 11,439 | 40 | ,286 | | |
| Total | 36,808 | 47 | | | |

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: PesoBulbo

HSD Tukey

| (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|-----------------|-----------------|----------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| S/F ChD80 | C/F ChD80 | ,45000 | ,30875 | ,825 | -,5369 | 1,4369 |
| | S/F VtD80 | ,18333 | ,30875 | ,999 | -,8036 | 1,1702 |
| | C/F VtD80 | ,13333 | ,30875 | 1,000 | -,8536 | 1,1202 |
| | S/F ChD150 | -1,11167* | ,30875 | ,018 | -2,0986 | -,1248 |
| | C/F ChD150 | ,53833 | ,30875 | ,660 | -,4486 | 1,5252 |
| | S/F VtD150 | -1,64667* | ,30875 | ,000 | -2,6336 | -,6598 |
| | C/F VtD150 | -,41833 | ,30875 | ,872 | -1,4052 | ,5686 |
| C/F ChD80 | S/F ChD80 | -,45000 | ,30875 | ,825 | -1,4369 | ,5369 |
| | S/F VtD80 | -,26667 | ,30875 | ,988 | -1,2536 | ,7202 |
| | C/F VtD80 | -,31667 | ,30875 | ,968 | -1,3036 | ,6702 |
| | S/F ChD150 | -1,56167* | ,30875 | ,000 | -2,5486 | -,5748 |
| | C/F ChD150 | ,08833 | ,30875 | 1,000 | -,8986 | 1,0752 |
| | S/F VtD150 | -2,09667* | ,30875 | ,000 | -3,0836 | -1,1098 |
| | C/F VtD150 | -,86833 | ,30875 | ,120 | -1,8552 | ,1186 |
| S/F VtD80 | S/F ChD80 | -,18333 | ,30875 | ,999 | -1,1702 | ,8036 |
| | C/F ChD80 | ,26667 | ,30875 | ,988 | -,7202 | 1,2536 |
| | C/F VtD80 | -,05000 | ,30875 | 1,000 | -1,0369 | ,9369 |
| | S/F ChD150 | -1,29500* | ,30875 | ,003 | -2,2819 | -,3081 |
| | C/F ChD150 | ,35500 | ,30875 | ,941 | -,6319 | 1,3419 |
| | S/F VtD150 | -1,83000* | ,30875 | ,000 | -2,8169 | -,8431 |
| | C/F VtD150 | -,60167 | ,30875 | ,527 | -1,5886 | ,3852 |
| C/F VtD80 | S/F ChD80 | -,13333 | ,30875 | 1,000 | -1,1202 | ,8536 |
| | C/F ChD80 | ,31667 | ,30875 | ,968 | -,6702 | 1,3036 |
| | S/F VtD80 | ,05000 | ,30875 | 1,000 | -,9369 | 1,0369 |
| | S/F ChD150 | -1,24500* | ,30875 | ,005 | -2,2319 | -,2581 |
| | C/F ChD150 | ,40500 | ,30875 | ,889 | -,5819 | 1,3919 |
| | S/F VtD150 | -1,78000* | ,30875 | ,000 | -2,7669 | -,7931 |
| | C/F VtD150 | -,55167 | ,30875 | ,632 | -1,5386 | ,4352 |

| | | | | | | |
|------------|------------|-----------|--------|-------|---------|---------|
| S/F ChD150 | S/F ChD80 | 1,11167* | ,30875 | ,018 | ,1248 | 2,0986 |
| | C/F ChD80 | 1,56167* | ,30875 | ,000 | ,5748 | 2,5486 |
| | S/F VtD80 | 1,29500* | ,30875 | ,003 | ,3081 | 2,2819 |
| | C/F VtD80 | 1,24500* | ,30875 | ,005 | ,2581 | 2,2319 |
| | C/F ChD150 | 1,65000* | ,30875 | ,000 | ,6631 | 2,6369 |
| | S/F VtD150 | -,53500 | ,30875 | ,667 | -1,5219 | ,4519 |
| | C/F VtD150 | ,69333 | ,30875 | ,348 | -,2936 | 1,6802 |
| C/F ChD150 | S/F ChD80 | -,53833 | ,30875 | ,660 | -1,5252 | ,4486 |
| | C/F ChD80 | -,08833 | ,30875 | 1,000 | -1,0752 | ,8986 |
| | S/F VtD80 | -,35500 | ,30875 | ,941 | -1,3419 | ,6319 |
| | C/F VtD80 | -,40500 | ,30875 | ,889 | -1,3919 | ,5819 |
| | S/F ChD150 | -1,65000* | ,30875 | ,000 | -2,6369 | -,6631 |
| | S/F VtD150 | -2,18500* | ,30875 | ,000 | -3,1719 | -1,1981 |
| | C/F VtD150 | -,95667 | ,30875 | ,063 | -1,9436 | ,0302 |
| S/F VtD150 | S/F ChD80 | 1,64667* | ,30875 | ,000 | ,6598 | 2,6336 |
| | C/F ChD80 | 2,09667* | ,30875 | ,000 | 1,1098 | 3,0836 |
| | S/F VtD80 | 1,83000* | ,30875 | ,000 | ,8431 | 2,8169 |
| | C/F VtD80 | 1,78000* | ,30875 | ,000 | ,7931 | 2,7669 |
| | S/F ChD150 | ,53500 | ,30875 | ,667 | -,4519 | 1,5219 |
| | C/F ChD150 | 2,18500* | ,30875 | ,000 | 1,1981 | 3,1719 |
| | C/F VtD150 | 1,22833* | ,30875 | ,006 | ,2414 | 2,2152 |
| C/F VtD150 | S/F ChD80 | ,41833 | ,30875 | ,872 | -,5686 | 1,4052 |
| | C/F ChD80 | ,86833 | ,30875 | ,120 | -,1186 | 1,8552 |
| | S/F VtD80 | ,60167 | ,30875 | ,527 | -,3852 | 1,5886 |
| | C/F VtD80 | ,55167 | ,30875 | ,632 | -,4352 | 1,5386 |
| | S/F ChD150 | -,69333 | ,30875 | ,348 | -1,6802 | ,2936 |
| | C/F ChD150 | ,95667 | ,30875 | ,063 | -,0302 | 1,9436 |
| | S/F VtD150 | -1,22833* | ,30875 | ,006 | -2,2152 | -,2414 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

5.4. Regla de decisión

Ho: Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H1: Los valores entre grupos son diferentes $p \leq 0.05$

5.5. Decisión sobre la H_0

$P = 1,9488 \times 10^{-8} < 0.05$

Se rechaza la Ho.

6. Redacción de la conclusión

De acuerdo a los datos muestrales en la comparación de varianza por ANOVA, se concluye que al menos un tratamiento es diferente.

Anexo 7. Prueba estadística del crecimiento del vástago a los 80 y 150 días.

Prueba de Hipótesis

1. Hipótesis a probar:

El crecimiento del vástago en longitud de plantas de ajo, con fertilización difiere con el crecimiento sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo.

2. Evaluación de la normalidad:

Pruebas de normalidad

| | Tratamiento | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------|-------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| LongVastago | S/F ChD80 | ,210 | 6 | ,200* | ,961 | 6 | ,827 |
| | C/F ChD80 | ,207 | 6 | ,200* | ,936 | 6 | ,628 |
| | S/F VtD80 | ,162 | 6 | ,200* | ,965 | 6 | ,854 |
| | C/F VtD80 | ,253 | 6 | ,200* | ,892 | 6 | ,327 |
| | S/F ChD150 | ,212 | 4 | . | ,955 | 4 | ,747 |
| | C/F ChD150 | ,270 | 4 | . | ,942 | 4 | ,664 |
| | S/F VtD150 | ,214 | 4 | . | ,942 | 4 | ,666 |
| | C/F VtD150 | ,206 | 5 | ,200* | ,970 | 5 | ,876 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Ho: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

H1: Los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$)

Conclusión: Según SW, los datos presentan una distribución normal.

3. Evaluación de la igualdad de varianzas:

Prueba de homogeneidad de varianzas

| LongVastago | | Estadístico de Levene | gl1 | gl2 | Sig. |
|-------------|---|-----------------------|-------|--------|------|
| | | Se basa en la media | 4,183 | 7 | 33 |
| | Se basa en la mediana | 3,643 | 7 | 33 | ,005 |
| | Se basa en la mediana y con gl ajustado | 3,643 | 7 | 14,789 | ,017 |
| | Se basa en la media recortada | 4,124 | 7 | 33 | ,002 |

Conclusión: No Existe homogeneidad de varianzas $p = 0.002 < 0.05$

4. Tipo de prueba a aplicar:

Prueba paramétrica ANOVA de un factor.

5. Procedimiento

5.1. Expresión simbólica de las hipótesis

H₀: $\mu_{SFCh80} = \mu_{CFCh80} = \mu_{SFCh150} = \mu_{CFCh150} = \mu_{SFVt80} = \mu_{CFVt80} = \mu_{SFVt150} = \mu_{CFVt150}$

H₁: Al menos uno es diferente.

5.2. Nivel de significancia

$$\alpha = 0.05$$

5.3. Cálculo del estadístico de prueba

ANOVA

| LongVastago | | | | | |
|------------------|-------------------|----|------------------|-------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Entre grupos | 1592,278 | 7 | 227,468 | 8,859 | ,000 |
| Dentro de grupos | 847,325 | 33 | 25,676 | | |
| Total | 2439,602 | 40 | | | |

Comparaciones múltiples

Variable dependiente: LongVastago

HSD Tukey

| (I) Tratamiento | (J) Tratamiento | Diferencia de medias (I-J) | Desv. Error | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
|-----------------|-----------------|----------------------------|-------------|-------|-------------------------------|-----------------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| S/F ChD80 | C/F ChD80 | ,68333 | 2,92555 | 1,000 | -8,7743 | 10,1410 |
| | S/F VtD80 | ,13333 | 2,92555 | 1,000 | -9,3243 | 9,5910 |
| | C/F VtD80 | ,73333 | 2,92555 | 1,000 | -8,7243 | 10,1910 |
| | S/F ChD150 | 1,25000 | 3,27086 | 1,000 | -9,3240 | 11,8240 |
| | C/F ChD150 | 15,92500* | 3,27086 | ,001 | 5,3510 | 26,4990 |
| | S/F VtD150 | 11,55000* | 3,27086 | ,024 | ,9760 | 22,1240 |
| | C/F VtD150 | 13,69000* | 3,06834 | ,002 | 3,7707 | 23,6093 |
| C/F ChD80 | S/F ChD80 | -,68333 | 2,92555 | 1,000 | -10,1410 | 8,7743 |
| | S/F VtD80 | -,55000 | 2,92555 | 1,000 | -10,0076 | 8,9076 |
| | C/F VtD80 | ,05000 | 2,92555 | 1,000 | -9,4076 | 9,5076 |
| | S/F ChD150 | ,56667 | 3,27086 | 1,000 | -10,0073 | 11,1406 |
| | C/F ChD150 | 15,24167* | 3,27086 | ,001 | 4,6677 | 25,8156 |
| | S/F VtD150 | 10,86667* | 3,27086 | ,040 | ,2927 | 21,4406 |
| | C/F VtD150 | 13,00667* | 3,06834 | ,004 | 3,0874 | 22,9259 |
| S/F VtD80 | S/F ChD80 | -,13333 | 2,92555 | 1,000 | -9,5910 | 9,3243 |
| | C/F ChD80 | ,55000 | 2,92555 | 1,000 | -8,9076 | 10,0076 |
| | C/F VtD80 | ,60000 | 2,92555 | 1,000 | -8,8576 | 10,0576 |
| | S/F ChD150 | 1,11667 | 3,27086 | 1,000 | -9,4573 | 11,6906 |
| | C/F ChD150 | 15,79167* | 3,27086 | ,001 | 5,2177 | 26,3656 |
| | S/F VtD150 | 11,41667* | 3,27086 | ,027 | ,8427 | 21,9906 |
| | C/F VtD150 | 13,55667* | 3,06834 | ,002 | 3,6374 | 23,4759 |
| C/F VtD80 | S/F ChD80 | -,73333 | 2,92555 | 1,000 | -10,1910 | 8,7243 |
| | C/F ChD80 | -,05000 | 2,92555 | 1,000 | -9,5076 | 9,4076 |
| | S/F VtD80 | -,60000 | 2,92555 | 1,000 | -10,0576 | 8,8576 |
| | S/F ChD150 | ,51667 | 3,27086 | 1,000 | -10,0573 | 11,0906 |
| | C/F ChD150 | 15,19167* | 3,27086 | ,001 | 4,6177 | 25,7656 |
| | S/F VtD150 | 10,81667* | 3,27086 | ,042 | ,2427 | 21,3906 |
| | C/F VtD150 | 12,95667* | 3,06834 | ,004 | 3,0374 | 22,8759 |

| | | | | | | |
|------------|------------|------------|---------|-------|----------|---------|
| S/F ChD150 | S/F ChD80 | -1,25000 | 3,27086 | 1,000 | -11,8240 | 9,3240 |
| | C/F ChD80 | -,56667 | 3,27086 | 1,000 | -11,1406 | 10,0073 |
| | S/F VtD80 | -1,11667 | 3,27086 | 1,000 | -11,6906 | 9,4573 |
| | C/F VtD80 | -,51667 | 3,27086 | 1,000 | -11,0906 | 10,0573 |
| | C/F ChD150 | 14,67500* | 3,58305 | ,006 | 3,0918 | 26,2582 |
| | S/F VtD150 | 10,30000 | 3,58305 | ,111 | -1,2832 | 21,8832 |
| | C/F VtD150 | 12,44000* | 3,39918 | ,018 | 1,4512 | 23,4288 |
| C/F ChD150 | S/F ChD80 | -15,92500* | 3,27086 | ,001 | -26,4990 | -5,3510 |
| | C/F ChD80 | -15,24167* | 3,27086 | ,001 | -25,8156 | -4,6677 |
| | S/F VtD80 | -15,79167* | 3,27086 | ,001 | -26,3656 | -5,2177 |
| | C/F VtD80 | -15,19167* | 3,27086 | ,001 | -25,7656 | -4,6177 |
| | S/F ChD150 | -14,67500* | 3,58305 | ,006 | -26,2582 | -3,0918 |
| | S/F VtD150 | -4,37500 | 3,58305 | ,920 | -15,9582 | 7,2082 |
| | C/F VtD150 | -2,23500 | 3,39918 | ,998 | -13,2238 | 8,7538 |
| S/F VtD150 | S/F ChD80 | -11,55000* | 3,27086 | ,024 | -22,1240 | -,9760 |
| | C/F ChD80 | -10,86667* | 3,27086 | ,040 | -21,4406 | -,2927 |
| | S/F VtD80 | -11,41667* | 3,27086 | ,027 | -21,9906 | -,8427 |
| | C/F VtD80 | -10,81667* | 3,27086 | ,042 | -21,3906 | -,2427 |
| | S/F ChD150 | -10,30000 | 3,58305 | ,111 | -21,8832 | 1,2832 |
| | C/F ChD150 | 4,37500 | 3,58305 | ,920 | -7,2082 | 15,9582 |
| | C/F VtD150 | 2,14000 | 3,39918 | ,998 | -8,8488 | 13,1288 |
| C/F VtD150 | S/F ChD80 | -13,69000* | 3,06834 | ,002 | -23,6093 | -3,7707 |
| | C/F ChD80 | -13,00667* | 3,06834 | ,004 | -22,9259 | -3,0874 |
| | S/F VtD80 | -13,55667* | 3,06834 | ,002 | -23,4759 | -3,6374 |
| | C/F VtD80 | -12,95667* | 3,06834 | ,004 | -22,8759 | -3,0374 |
| | S/F ChD150 | -12,44000* | 3,39918 | ,018 | -23,4288 | -1,4512 |
| | C/F ChD150 | 2,23500 | 3,39918 | ,998 | -8,7538 | 13,2238 |
| | S/F VtD150 | -2,14000 | 3,39918 | ,998 | -13,1288 | 8,8488 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

5.4. Regla de decisión

Ho: Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H1: Los valores entre grupos son diferentes $p \leq 0.05$

5.5. Decisión sobre la H_0

$P = 0.000004 < 0.05$

Se rechaza la Ho

6. Redacción de la conclusión

De acuerdo a los datos muestrales en la comparación de varianza por ANOVA, se concluye que al menos un tratamiento es diferente.

Anexo 8. Prueba estadística del peso del vástago a los 80 y 150 días.

Prueba de Hipótesis

1. Hipótesis a probar:

El peso del vástago en plantas de ajo, con fertilización difiere con el peso sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo.

2. Evaluación de la normalidad:

Pruebas de normalidad

| | Tratamiento | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|-------------|-------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| PesoVastago | S/F ChD80 | ,188 | 6 | ,200* | ,971 | 6 | ,901 |
| | C/F ChD80 | ,227 | 6 | ,200* | ,941 | 6 | ,666 |
| | S/F VtD80 | ,189 | 6 | ,200* | ,947 | 6 | ,712 |
| | C/F VtD80 | ,352 | 6 | ,019 | ,798 | 6 | ,056 |
| | S/F ChD150 | ,434 | 4 | . | ,642 | 4 | ,002 |
| | C/F ChD150 | ,427 | 4 | . | ,659 | 4 | ,003 |
| | S/F VtD150 | ,258 | 4 | . | ,954 | 4 | ,740 |
| | C/F VtD150 | ,283 | 5 | ,200* | ,866 | 5 | ,251 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

H₀: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

H₁: Los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$)

Conclusión: Según SW, los datos de los tratamientos Sin fertilización de Chilina a 80 días y del Valle de Tambo de 80 y 150 días presentan distribución normal, al igual que los tratamientos con fertilización de Chilina de 80 días y Valle de Tambo de 150 días. Los demás tratamientos no presentan distribución normal

3. Evaluación de la igualdad de varianzas:

No corresponde

4. Tipo de prueba a aplicar:

Prueba no paramétrica para muestras independientes de Kruskal Wallis

5. Procedimiento

5.1. Expresión simbólica de las hipótesis

H₀: $Me_{SFCh80} = Me_{CFCh80} = Me_{SFCh150} = Me_{CFCh150} = Me_{SFVT80} = Me_{CFVT80} = Me_{SFVT150} = Me_{CFVT150}$

H₁: Al menos uno es diferente.

5.2. Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

5.3. Cálculo del estadístico de prueba

Estadísticos de prueba^{a,b}

| PesoVastago | |
|---------------------|--------|
| H de Kruskal-Wallis | 20,789 |
| gl | 7 |
| Sig. asintótica | ,004 |

a. Prueba de Kruskal Wallis

b. Variable de agrupación:
Tratamiento

$$P = 0.004 < 0.05$$

Comparación por parejas

5.4. Regla de decisión

Ho: Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H1: Los valores entre grupos son diferentes $p \leq 0.05$

5.5. Decisión sobre la H_0

$$P = 0.004 < 0.05$$

Se rechaza la Ho.

6. Redacción de la conclusión

Si existe evidencia muestral suficiente para sustentar la aseveración de que el peso del vástago en plantas de ajo, con fertilización difiere con el peso sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo.

Anexo 9. Prueba estadística del número de hojas del vástago a los 80 y 150 días.

Prueba de Hipótesis

1. Hipótesis a probar:

El número de hojas del vástago de plantas de ajo, con fertilización difiere con el número de hojas sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo.

2. Evaluación de la normalidad:

Pruebas de normalidad

| | Tratamiento | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|---------------|-------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| ConverNohojas | S/F ChD80 | ,492 | 6 | ,000 | ,496 | 6 | ,000 |
| | C/F ChD80 | ,492 | 6 | ,000 | ,496 | 6 | ,000 |
| | S/F VtD80 | ,344 | 6 | ,025 | ,825 | 6 | ,098 |
| | C/F VtD80 | ,288 | 6 | ,130 | ,818 | 6 | ,085 |
| | S/F ChD150 | ,441 | 4 | . | ,630 | 4 | ,001 |
| | C/F ChD150 | ,441 | 4 | . | ,630 | 4 | ,001 |
| | S/F VtD150 | ,307 | 4 | . | ,729 | 4 | ,024 |
| | C/F VtD150 | ,367 | 5 | ,026 | ,684 | 5 | ,006 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

H₀: Los datos presentan distribución normal ($p > 0.05$)

H₁: Los datos no presentan distribución normal ($p < 0.05$)

Conclusión: Según SW, los datos no presentan una distribución normal a excepción de los tratamientos SFVTD80, CFVTD80

3. Evaluación de la igualdad de varianzas:

No corresponde

4. Tipo de prueba a aplicar:

Prueba no paramétrica para muestras independientes de Kruskal Wallis

5. Procedimiento

5.1. Expresión simbólica de las hipótesis

H₀: $Me_{SFCh80} = Me_{CFCh80} = Me_{SFCh150} = Me_{CFCh150} = Me_{SFVT80} = Me_{CFVT80} = Me_{SFVT150} = Me_{CFVT150}$

H₁: Al menos uno es diferente.

5.2. Nivel de significancia

$\alpha = 0.05$

5.3. Cálculo del estadístico de prueba

Resumen de prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes

| | |
|------------------------------------|---------------------|
| N total | 41 |
| Estadístico de prueba | 33,267 ^a |
| Grado de libertad | 7 |
| Sig. asintótica (prueba bilateral) | ,000 |

a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

$$P = 0.000 < 0.05$$

Cuadro de Kruskal Wallis comparación de parejas

5.4. Regla de decisión

H₀: Los valores entre grupos son iguales $p > 0.05$

H₁: Los valores entre grupos son diferentes $p \leq 0.05$

5.5. Decisión sobre la H₀

$$P = 0.000 < 0.05$$

Se rechaza la H₀.

6. Redacción de la conclusión

Si existe evidencia muestral suficiente para sustentar la aseveración de que el número de hojas del vástago en plantas de ajo, con fertilización difiere con el número de hojas sin fertilización a los 80 y 150 días de cultivo.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LOZANO SULCA YIMI TOM, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Efecto de fertilizantes químicos en la biodisponibilidad de metales pesados, para cultivo del Ajo, en suelos agrícolas de Chilina y Valle de Tambo", cuyo autor es QUISPE QUISPE ARLETH YAJAIRA, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 20 de Junio del 2022

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|---|---|
| LOZANO SULCA YIMI TOM DNI: 41134872 ORCID 0000-0002-0803-1261 | Firmado digitalmente por: YTLOZANOS el 11-07- 2022 17:33:44 |

Código documento Trilce: TRI - 0308642