



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Fitoacumulacion en *Solanum nigrum* (mortiño) aplicando *Trichoderma* spp  
en suelos contaminados con cadmio**

**YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER  
INGENIERO AMBIENTAL**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Fitoacumulacion en *Solanum nigrum* (mortiño) aplicando  
*Trichoderma* spp en suelos contaminados con cadmio**

**YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER  
INGENIERO AMBIENTAL**

**MACHALA  
2023**



**UTMACH**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

**Fitoacumulacion en Solanum nigrum (mortiño) aplicando  
Trichoderma spp en suelos contaminados con cadmio**

**YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER  
INGENIERO AMBIENTAL**

**MAZA MAZA JAIME ENRIQUE**

**MACHALA  
2023**

# RONALD\_TESIS

*por* Ronald Yaguana Eras

---

**Fecha de entrega:** 04-mar-2024 07:19p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2311712600

**Nombre del archivo:** Turni\_YAGUANA.docx (87.58K)

**Total de palabras:** 6378

**Total de caracteres:** 33295

# RONALD\_TESIS

---

## INFORME DE ORIGINALIDAD

---

9%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

---

## FUENTES PRIMARIAS

---

1	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	1%
2	<a href="http://spij.minjus.gob.pe">spij.minjus.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1%
3	<a href="http://knowledge.unccd.int">knowledge.unccd.int</a> Fuente de Internet	<1%
4	<a href="http://1library.co">1library.co</a> Fuente de Internet	<1%
5	<a href="http://bibdigital.epn.edu.ec">bibdigital.epn.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
6	<a href="http://www.oalib.com">www.oalib.com</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1%
8	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad Europea de Madrid Trabajo del estudiante	<1%

---

10	<a href="http://bibliotecadigital.udea.edu.co">bibliotecadigital.udea.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://landportal.org">landportal.org</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.iica.int">www.iica.int</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://maeguayas.files.wordpress.com">maeguayas.files.wordpress.com</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://repositorio.unapiquitos.edu.pe">repositorio.unapiquitos.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://us.oneworld.net">us.oneworld.net</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://moam.info">moam.info</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://renati.sunedu.gob.pe">renati.sunedu.gob.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://vm02.ecologic.eu">vm02.ecologic.eu</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://www.journaltoacs.ac.uk">www.journaltoacs.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
21	<a href="http://www.knowledgeatwharton.com.es">www.knowledgeatwharton.com.es</a> Fuente de Internet	<1 %

22

[www.polska-wies.pl](http://www.polska-wies.pl)

Fuente de Internet

&lt;1 %

23

[www.zonatermal.com.ar](http://www.zonatermal.com.ar)

Fuente de Internet

&lt;1 %

24

[www2.zoetisus.com](http://www2.zoetisus.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

25

[dokumen.tips](http://dokumen.tips)

Fuente de Internet

&lt;1 %

26

[revistamvz.unicordoba.edu.co](http://revistamvz.unicordoba.edu.co)

Fuente de Internet

&lt;1 %

27

[revistas.tec.ac.cr](http://revistas.tec.ac.cr)

Fuente de Internet

&lt;1 %

28

[rua.ua.es](http://rua.ua.es)

Fuente de Internet

&lt;1 %

29

[www.alltech.com](http://www.alltech.com)

Fuente de Internet

&lt;1 %

30

[www.gobernabilidad.cl](http://www.gobernabilidad.cl)

Fuente de Internet

&lt;1 %

31

[www.produccioncientificaluz.org](http://www.produccioncientificaluz.org)

Fuente de Internet

&lt;1 %

32

[cgspace.cgiar.org](http://cgspace.cgiar.org)

Fuente de Internet

&lt;1 %

33

[doczz.es](http://doczz.es)

Fuente de Internet

&lt;1 %

34	<a href="http://doczz.net">doczz.net</a> Fuente de Internet	<1 %
35	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<1 %
36	<a href="http://maeimbabura.files.wordpress.com">maeimbabura.files.wordpress.com</a> Fuente de Internet	<1 %
37	<a href="http://repositorio.utc.edu.ec">repositorio.utc.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
38	<a href="http://www.gloobal.net">www.gloobal.net</a> Fuente de Internet	<1 %
39	<a href="http://www.ipsenespanol.org">www.ipsenespanol.org</a> Fuente de Internet	<1 %
40	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
41	<a href="http://zagan.unizar.es">zagan.unizar.es</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Fitoacumulacion en Solanum nigrum (mortiño) aplicando Trichoderma spp en suelos contaminados con cadmio, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.



---

YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER

0706650884



# UTMACH

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Tema:

Fitoacumulación en *Solanum nigrum* (mortiño) aplicando  
*Trichoderma spp* en suelos contaminados con cadmio

Autor:

RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS

Título a obtener

INGENIERO AMBIENTAL

Docente Tutor

ING. AGR. MAZA MAZA JAIME ENRIQUE, MGS

MACHALA

2023

## **DEDICATORIA**

Este trabajo es dedicado principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta este punto tan importante y especial de mi formación como profesional.

A mis padres que siempre me han apoyado incondicionalmente, tanto en mi formación humana como académica, con sus palabras y consejos, que siempre han sabido guiarme por el buen camino.

A mis hermanos, familiares y amigos que han sabido aportar dentro de este proceso de distinta forma.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi gratitud a Dios por brindarme la vida, fortaleza y capacidad para culminar con éxito mi carrera profesional, a mis padres y familia que estuvieron presentes durante todo el proceso de vida universitaria siendo pilar fundamental para lograr alcanzar esta meta.

A mis docentes por brindarme los conocimientos y experiencias dentro de esta carrera, que con su paciencia y dedicación se logró superar los obstáculos que se presentaron.

Expreso mi gratitud al Ing. Jaime Enrique Maza Maza, tutor de tesis por su invaluable guía durante mi formación académica y el desarrollo de la presente investigación, su constante orientación, paciencia y dedicación fueron fundamentales para la culminación exitosa de este trabajo.

Agradezco al Dr. Hugo Italo Romero Bonilla por la orientación y apertura del laboratorio para la realización de pruebas y análisis requeridos por la investigación, su experiencia y conocimiento fueron esenciales para la obtención de resultados confiables.

De igual manera reconozco mi gratitud a la Universidad Técnica de Machala que me abrió las puertas para formarme profesionalmente y alcanzar esta meta en mi vida, la infraestructura, recursos y el acompañamiento del equipo docente me permitieron desarrollar las habilidades y conocimientos necesarios para realizar este proyecto de investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	10
ABSTRACT .....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	12
II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
III. JUSTIFICACIÓN.....	16
IV. OBJETIVOS.....	17
A. <i>Objetivo general</i> .....	17
B. <i>Objetivos específicos</i> .....	17
V. HIPÓTESIS .....	18
VI. MARCO TEÓRICO .....	19
A. Suelo .....	19
1. Contaminación del suelo.....	19
B. Metales pesados:.....	19
1. Contaminación por metales pesados.....	20
C. Cadmio.....	21
1. El cadmio en la vegetación .....	21
2. Normativa respecto al cadmio .....	22
D. Técnicas de remediación de suelos por contaminación de metales.....	23
1. Técnicas de remediación físico-químicas .....	23
2. Técnicas de remediación biológicas .....	23
E. Fitorremediación.....	24
1. Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados .....	24
2. Ventajas y desventajas de la fitorremediación.....	25
F. <i>Plantas hiperacumuladoras</i> .....	26
G. <i>Solanum nigrum L</i> .....	26
H. <i>Trichoderma spp</i> .....	26

VII. MATERIALES Y MÉTODOS .....	27
A. Ubicación del estudio .....	27
B. Diseño de la investigación.....	28
C. Proceso metodológico.....	29
1. Selección y preparación de la especie herbácea .....	29
2. Preparación del sustrato .....	29
3. Preparación del inoculante biológico.....	30
4. Preparación de la dosis de <i>Trichoderma spp</i> por tratamiento.....	30
5. Instalación del experimento .....	31
6. Variables de estudio.....	31
D. Análisis de la captación de Cd en hojas y raíces de <i>Solanum nigrum</i> .....	32
E. Determinación de Cd en Suelo .....	33
F. Análisis estadístico .....	33
VIII. RESULTADOS .....	34
A. Concentración inicial y final de cadmio en el suelo.....	34
B. Efecto del <i>Trichoderma Spp</i> en la fisiología del <i>Solanum nigrum</i> .....	34
1. Longitud del tallo.....	34
2. Número de Hojas .....	36
3. Desarrollo de raíces.....	37
C. Captación de Cd en las raíces y hojas de <i>Solanum nigrum</i> .....	39
1. Captación de Cd en hojas.....	39
2. Captación de Cd en raíces.....	40
IX. DISCUSIÓN.....	41
A. Capacidad de <i>Solanum nigrum</i> para la fitoacumulación de suelos contaminados con Cd.....	41
B. Influencia del Cd dentro del crecimiento fisiológico de <i>Solanum nigrum</i> .....	41
C. Fitoacumulación de Cd en las raíces y hojas de <i>Solanum nigrum</i> .....	42

X. CONCLUSIONES .....	45
XI. RECOMENDACIONES .....	46
REFERENCIAS .....	47
ANEXOS .....	53

## LISTA DE TABLAS

TABLA I SÍNTOMAS DE TOXICIDAD EN PLANTAS INDUCIDOS POR CADMIO .....	21
TABLA II NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CADMIO EN LA UNIÓN EUROPEA EN CACAO Y PRODUCTOS DE CHOCOLATE .....	23
TABLA III TRATAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	28
TABLA IV RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL SUELO .....	34
TABLA V CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS SEGÚN EL USO DEL SUELO- VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES.....	34
TABLA VI ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA LONGITUD DEL TALLO .....	35
TABLA VII ANOVA DE LA LONGITUD DEL TALLO .....	36
TABLA VIII ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL N° DE HOJA.....	37
TABLA IX ANOVA DEL N° DE HOJAS .....	37
TABLA X ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE CADMIO EN HOJAS .....	39
TABLA XI ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE CADMIO EN RAÍCES .....	40

## LISTA DE FIGURAS

<b>Fig 1.</b> Fuentes Agrícolas de contaminación del suelo <b>Fuente:</b> FAO [2], [20].....	19
<b>Fig 2.</b> Fuentes de metales pesados en el suelo <b>Fuente:</b> S.Ashraf, et.al [3].....	20
<b>Fig 3.</b> Diferentes técnicas de remediación de suelos contaminados con metales pesados. <b>Fuente:</b> S.Ashraf, et.al [3].....	24
<b>Fig 4.</b> Representación esquemática de los procesos de fitorremediación. <b>Fuente:</b> Shah & Daverey [30] .....	25
<b>Fig 5.</b> Mapa de Ubicación del estudio <b>Fuente:</b> El Autor .....	27
<b>Fig 6.</b> Distribución de los tratamientos en la investigación <b>Fuente:</b> El autor.....	29
<b>Fig 7.</b> Longitud del tallo de Solanum nigrum en las 16 semanas <b>Fuente:</b> El Autor.....	35
<b>Fig 8.</b> N° de hojas en Solanum nigrum L en las 16 semanas. <b>Fuente:</b> El autor. ....	36
<b>Fig 9.</b> Observación visual y microscópica de raíces a los 75 días <b>Fuente:</b> El Autor.....	38
<b>Fig 10.</b> Observación visual y microscópica de raíces a los 125 días <b>Fuente:</b> El Autor. ....	39
<b>Fig 11.</b> Concentración de cadmio en el suelo <b>Fuente:</b> el autor .....	41
<b>Fig 12.</b> Análisis del contenido de Cd en las hojas a los 75 y 125 días en los diferentes tratamientos y el testigo. <b>Fuente:</b> El Autor .....	43
<b>Fig 13.</b> Análisis del contenido de Cd en las raíces a los 75 y 125 días en los diferentes tratamientos y el testigo. <b>Fuente:</b> El Autor .....	43

## SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

<b>Cd</b>	Cadmio
<b>EPA</b>	Agencia Estatal de Protección Ambiental de los Estados Unidos
<b>FAO</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>Fig</b>	Figura
<b>Kg</b>	Kilogramo
<b>L</b>	Litro
<b>mg</b>	miligramo
<b>ODS</b>	Objetivos de Desarrollo Sostenible
<b>OMC</b>	Organización Mundial de Comercio
<b>OMS</b>	Organización Mundial de la Salud
<b>PIB</b>	Producto Interno Bruto
<b>SPSS</b>	Statistical Package for Social Sciences
<b>TULSMA</b>	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente.

## RESUMEN

El metal pesado de cadmio (Cd) se presenta en la agricultura como un elemento no esencial, lo que ha motivado a la sociedad a buscar tecnologías limpias a través de la fitorremediación. Por tal motivo, la investigación tiene como objetivo evaluar la capacidad de fitoacumulación en *Solanum nigrum* (mortiño) en suelos contaminados con cadmio, mediante la aplicación de *Trichoderma spp* y análisis de absorción en diferentes etapas fisiológicas. Se aplicó Cd al suelo de macetas donde creció la planta, además se establecieron tres grupos, un testigo y 2 tratamientos que recibieron *Trichoderma spp* en dosis de 1cc y 2 cc por planta. Se evaluó la captación de cadmio en las partes vegetativas (raíz y hoja) a los 75 y 125 días de edad de la planta. Los resultados revelaron que *Solanum nigrum* capta Cd de forma natural y que al aplicarle el *Trichoderma spp* en diferentes dosis, su capacidad de captación aceleró. Los tratamientos de *Trichoderma spp* con dosis de 1cc reflejaron mayor captación de Cd en las hojas con 22.77 mg/kg. En cambio, con el tratamiento de 2cc su mayor captación fue en las raíces con 14.07 mg/kg. En conclusión, el *Solanum nigrum* es apto para capturar Cd del suelo y al aplicar *Trichoderma spp* en dosis de 1cc resulta más eficiente para realizar la fitoacumulación de cadmio en suelos contaminados.

**Palabras clave:** Fitorremediación, Fitoacumulación, *Solanum nigrum*, *Trichoderma spp*, Cadmio, Suelo

### ABSTRACT

The heavy metal cadmium (Cd) is present in agriculture as a non-essential element, which has motivated society to seek clean technologies through phytoremediation. For this reason, the aim of this research is to evaluate the phytoaccumulation capacity of *Solanum nigrum* (mortiño) in cadmium-contaminated soils, through the application of *Trichoderma* spp. and the analysis of absorption at different physiological stages. Cd was applied to the potting soil where the plant grew, and three groups were established, a control and two treatments that received *Trichoderma* spp in doses of 1cc and 2 cc per plant. Cadmium uptake was evaluated in the vegetative parts (root and leaf) at 75 and 125 days of plant age. The results revealed that *Solanum nigrum* uptakes Cd naturally and that when *Trichoderma* spp. was applied at different doses, its uptake capacity accelerated. The treatments of *Trichoderma* spp with a dose of 1cc showed higher Cd uptake in the leaves with 22.77 mg/kg. On the other hand, with the 2cc treatment, the highest uptake was in the roots with 14.07 mg/kg. In conclusion, *Solanum nigrum* is apt to capture Cd from the soil and the application of *Trichoderma* spp at a dose of 1cc is more efficient for the phytoaccumulation of cadmium in contaminated soils.

**Keywords-** Phytoremediation, Phytoaccumulation, *Solanum nigrum*, *Trichoderma* spp, Cadmium, Soil

## I. INTRODUCCIÓN

El suelo en los últimos años se ha considerado como un depósito para desechos humanos y animales por la capacidad de regeneración que presenta, esto junto los procesos de erosión actividad minera contaminación de aguas e industrialización aportan a la degradación del mismo perdiendo sus capacidades físicas químicas que aportan al desarrollo de la vida [1].

La reducción de los servicios ecosistémicos del suelo se origina en el incremento de diversas acciones agropecuarias, industriales y domésticas, constituyendo las causas de la contaminación del suelo [2]. La alta concentración de metales pesados en la capa superficial del suelo limita la absorción de nutrientes por parte de las plantas, limitando su crecimiento y productividad [3].

Los altos niveles de concentración en suelos generan problemas de contaminación a nivel mundial, aunque este problema se presenta desde la antigüedad su presencia aumento a partir de la revolución industrial. Los metales pesados se encuentran de forma natural en el medio ambiente y las diferentes actividades de origen antropogénico favorecen a la concentración de los mismos [4], [5].

Según Ashraf, *et al.* [3], indica que en el año 2016 la Agencia estatal de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), indica que alrededor de 10 millones de personas en el mundo tienen problemas a causa de la contaminación.

Los metales pesados se presentan dentro de las actividades agropecuaria en cantidades bajas clasificándose en esenciales como el Cr, Fe, Mn, Ni, Co, Cu, y Zn. No obstante, también se presentan elementos no esenciales, siendo uno de ellos el Cd que al aumentar su concentración se vuelve peligroso para los organismos vivos [6]. Las plantas retienen este metal al absorberlo a través de sus raíces, a menudo confundiéndolos con los micronutrientes esenciales que los transportan a través de sus tejidos corticales. Los metales al ingresar en la cadena alimenticia se acumulan en órganos como el hígado, los tejidos musculares y los huesos, amenazando a la salud de los seres vivos a mediano y largo plazo [7].

La investigación contribuirá a mitigar estas amenazas a través del proceso de fitoacumulación que es parte de la fitorremediación en donde resulta una técnica con visión prometedora en el tratamiento de los metales pesados en suelos contaminados, que

no alteran las propiedades físico químicas, son de bajo costo y representan beneficio ecológico [8]. En 1983 se introdujo por primera vez el concepto de aplicar plantas para la descontaminación de metales pesados en los suelos, actualmente sigue en pruebas y se puede aplicar en conjunto con otros medios tradicionales para la eliminación de contaminantes [3], [4].

Considerada una tecnología para limpiar los suelos contaminados por metales pesados a través del uso de plantas y acumulándolos en sus ramas, tallos y raíces. La eficiencia dependerá de la capacidad morfológica de la especie vegetal y el nivel de concentración del metal en el suelo [5].

El presente proyecto se estructura en cuatro capítulos, el primer capítulo se enfoca en el análisis del diagnóstico del objeto de estudio, identificación de problema, justificación y objetivos, el segundo capítulo se describe los conceptos utilizados para este proyecto, el tercer capítulo abarca la metodología a utilizar y el cuarto capítulo los resultados del proyecto, además que se finaliza con las conclusiones y recomendaciones en base a los objetivos planteados.

## II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La contaminación del suelo por metales pesados es una grave amenaza para el planeta a nivel global que va en aumento debido a las diferentes actividades naturales y antropogénicas, llegando a introducirse en la cadena alimenticia, obligando a los organismos internacionales como; el Mundial de la Salud (OMS), Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), y Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) a establecer límites máximos permisibles de estos metales en los alimentos de consumo diario [2].

El Cd es un metal pesado que forma parte de la composición natural del suelo. Cuando la concentración aumenta en un área determinada se convierte en una fuente de contaminación dando paso a ingresar en la cadena alimenticia afectando a la salud humana y el recurso suelo [9]. Considerado como contaminante de alta peligrosidad dentro de la salud pública, por su acumulación irreversible en órganos del cuerpo humano como riñones, hígado y testículos [10].

La presencia del Cd en los suelos es producto de las diferentes actividades antrópicas como la agricultura, minería e industria, presente de forma natural a través de la meteorización de las rocas, incendios forestales, erupciones volcánicas entre otros. Según [11] reporta que las elevadas concentraciones de este elemento en los suelos, especialmente en cultivo de cacao, causa un impacto negativo en la agricultura en los últimos años.

La Organización Mundial de Comercio (OMC) mediante el Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias en enero del 2019, puso en vigencia los límites máximos permitidos para metales pesados como el Cd de 0,6 mg/kg para productos de cacao y sus derivados, límites que fueron emitidos por la Unión Europea en 2013 [11]. Por otro lado, el Codex Alimentarius, que es un conjunto de normas internacionales desarrolladas por las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), y la Mundial de la Salud (OMS), menciona que para prevenir la contaminación por Cd en los cultivos de cacao deben situarse en un suelo agrícola donde no se supere 1,4 mg/kg de contenido de este metal, y el agua con el que se riega que no sea mayor a 0,005 mg/L [12].

La agricultura para el Ecuador representa una de las principales actividades de la población económicamente activa, utilizando mayormente fertilizantes, fungicidas,

plaguicidas entre otros, que garantizan el crecimiento y calidad del producto para llegar a comercialización local e internacional [13]. El cacao fino y de aroma constituye uno de los principales productos de exportación del país, muy requerido por los mercados de Estados Unidos, Francia, Alemania, Bélgica y España. Estudios realizados en suelos agrícolas de cacao revelan que los niveles de Cd se centran entre 0,2 y 1,1 mg/kg, sobrepasando los límites de concentración de este elemento [14].

La calidad de los sistemas agrícolas ecuatorianos se ve influenciada también por el empleo de agua para riego de baja calidad y la aplicación excesiva de fertilizantes y pesticidas que contienen oligoelementos como plomo(Pb), cobre(Cu), cadmio(Cd), y mercurio (Hg)[7], lo cual favorecen al aumento de los niveles de contaminación por metales pesados en el suelo [3].

La conservación de suelos agrícolas en Ecuador aportan con el 8% del PIB contribuyendo así a la generación de empleo en el sector rural y disminución de la pobreza en el campo [15]. Destacando la importancia de conservar los suelos libres de contaminantes y seguir aportando con la economía de los ecuatorianos.

### III. JUSTIFICACIÓN

El estado ecuatoriano en la constitución del 2008 reconoce la relación Estado, sociedad, naturaleza y mercado, enfocándose en el Buen Vivir, mejorando los sistemas de organización, garantizando los derechos humanos y reconociendo los de la naturaleza, entre otros. Más del 64% de la producción agrícola ecuatoriana se centra en los pequeños productores que emplea el 28% de la Población Económicamente activa en Ecuador [16].

Par el Ecuador el mercado europeo es uno de los principales en la exportación de cacao, por su reconocido sabor y fino aroma, a pesar de ello se ha registrado en los granos de cacao trazas de metales como el Cd superando los límites establecidos por la Unión Europea [17].

La presencia del Cd en suelos agrícolas, se debe a la utilización de agroquímicos para mejorar la producción y los diversos procesos industriales[9]. La remediación de metales pesados en los suelos contaminados se puede dar por tratamientos in situ o ex situ, comúnmente la descontaminación ex situ implica procesos físicos químicos con alto valor económico, mientras que el tratamiento in situ implica remediación por plantas , con bajo valor económico [3].

La fitorremediación es un tratamiento in situ que utiliza tecnología limpia para los suelos contaminados mediante el uso de plantas, además que con su aplicación minimizamos el impacto al medio ambiente y contribuimos al desarrollo sostenible de los recursos naturales [5].

Es por eso que la presente investigación atribuye al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en los objetivos 3, 12 y 15 que se enfocan en garantizar una vida sana, producción sostenible y uso sostenible de los ecosistemas evitando la degradación del suelo y pérdidas de biodiversidad [18].

También se alinea a la política pública Agropecuaria y Plan Nacional 2020-2030, en el eje de Sostenibilidad Ambiental, Adaptación y Mitigación al Cambio Climático, donde se promueve la gestión sostenible del suelo a través de la implementación de medidas sostenibles y amigables con el medio ambiente [19].

## IV. OBJETIVOS

### A. *Objetivo general*

Evaluar la capacidad de fitoacumulación en *Solanum nigrum* (mortiño) en suelos contaminados con cadmio, mediante la aplicación de *Trichoderma* spp y análisis de absorción en diferentes etapas fisiológicas para aportar en estrategias y programas de remediación de suelos que permitan un desarrollo productivo sostenible

### B. *Objetivos específicos*

- Evaluar el contenido de fitoacumulación de Cd en *Solanum nigrum* en relación a la normativa de calidad ambiental del recurso suelo y remediación para suelos contaminados.
- Analizar el efecto de la aplicación de *Trichoderma* spp en la capacidad de fitoacumulación de Cd en *Solanum nigrum* en suelos contaminados con Cd.
- Comparar la capacidad de fitoacumulación de cadmio en *Solanum nigrum* en diferentes etapas fisiológicas.

## V. HIPÓTESIS

La especie *Solanum nigrum* presenta la capacidad para extraer el Cd de suelos contaminados, al aplicar enmiendas orgánicas como *Trichoderma spp* obtendremos más captación del cadmio en menor tiempo.

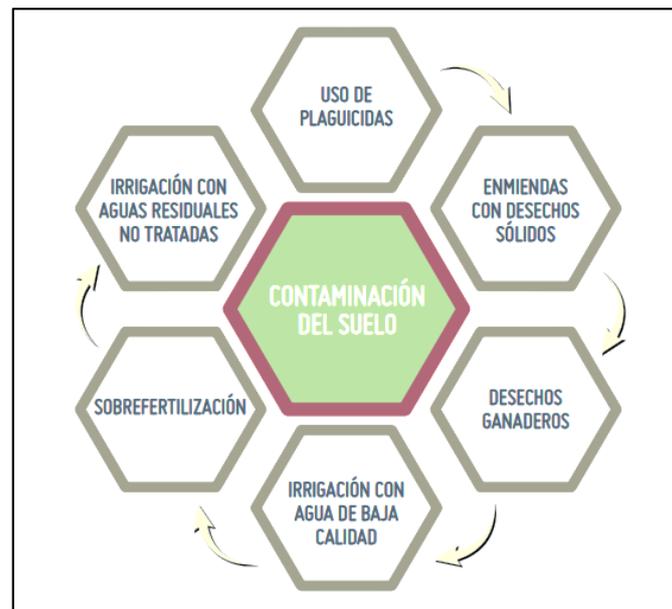
## VI. MARCO TEÓRICO

### A. Suelo

Según FAO [20] Los suelos aportan nutrientes como el nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S) y demás oligoelementos que ayudan a producir biomasa, la fuente importante en la producción de energía y fibra dentro del suministro de alimentos.

#### 1. Contaminación del suelo

Según la FAO[2], explica que la contaminación del suelo es la presencia de un químico o sustancia que se encuentra en concentraciones elevadas y/o que no pertenece a ninguno de sus componentes físicos químicos, además considerada en Europa y Asia como la tercera amenaza más importante para el suelo. Toma en cuenta que la contaminación se da por fuentes naturales y antropogénicas, dentro de la cual destaca la actividad agrícola aportando a la contaminación con diversas fuentes que se explican en la figura 1 [2], [20].



**Fig 1.** Fuentes Agrícolas de contaminación del suelo

**Fuente:** FAO [2], [20]

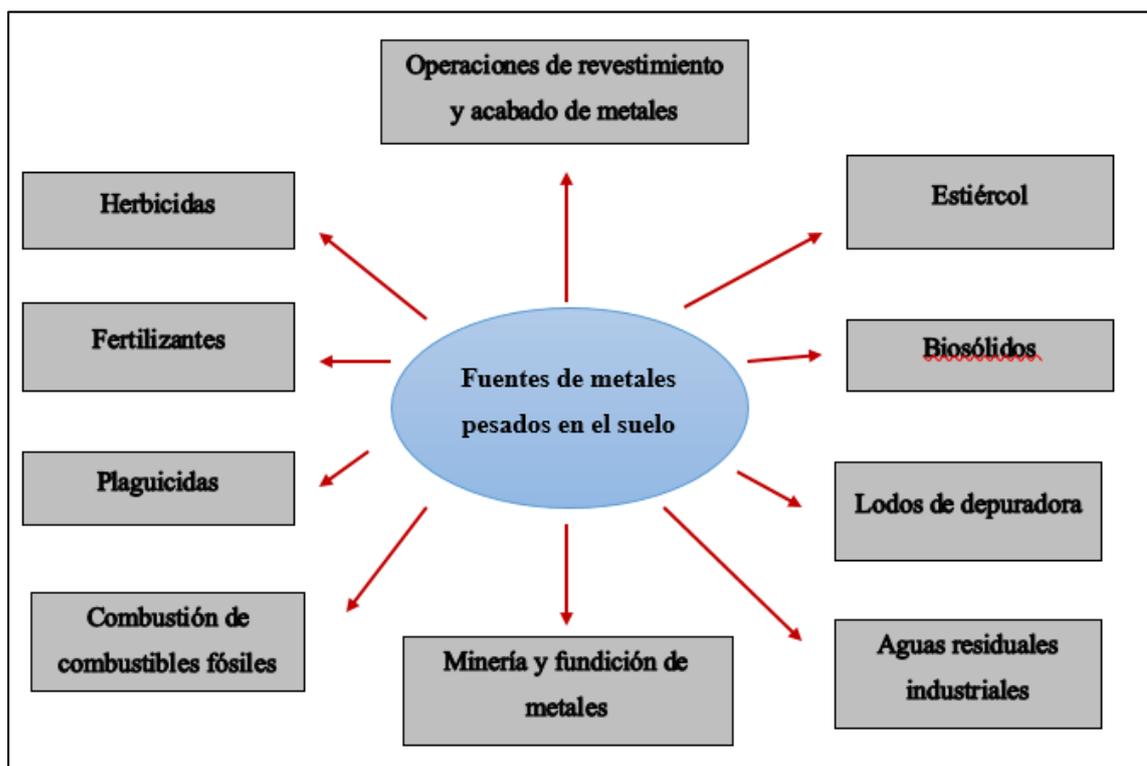
### B. Metales pesados:

Los metales pesados incluyen algunos metaloides, metales de transición, metales básicos, entre los cuales se consideran de mayor preocupación el plomo (Pb), mercurio

(Hg), el cadmio (Cd) y el cromo (Cr), que son los más tóxicos debido a su impacto en el medio ambiente[6].

Según Trujillo [1] los metales pesados son productos de diversos agroquímicos utilizados para el control de malezas y plagas, entre los cuales tenemos al cadmio, cromo, manganeso, cobre y zinc. Cuando se encuentran en bajas cantidades son esenciales para las plantas como el manganeso, cobre y zinc, pero resultan contaminantes para los humanos.

Los metales pesados se pueden liberar de diferentes formas al suelo tal y como se muestran en la Figura 2.



**Fig 2.** Fuentes de metales pesados en el suelo

**Fuente:** S.Ashraf, et.al [3]

## 1. Contaminación por metales pesados

Son todas aquellas actividades resultantes de la actividad humana que permiten el ingreso de metales pesados en el suelo como los residuos de aguas domésticas e industriales, aplicación de agroquímicos, actividades mineras y la fabricación de combustibles [21].

La contaminación también se presenta de forma natural a través de la meteorización de la roca, erupciones volcánicas, condiciones de meteorización del ecosistema, arrastre y deposición de sedimentos por el agua de los ríos [11].

### C. Cadmio

Se considere un oligoelemento sin importancia que se desconoce la relación fisiológica en plantas y seres vivos. Naturalmente se lo encuentra en el suelo en concentraciones inferiores ,a 1,1 mg/kg, su absorción por las plantas es fácil que llega a todas las partes comestibles, llegando a introducirse en la cadena alimenticia [22]. Se encuentra en séptimo lugar en la lista de contaminantes más tóxicos clasificado en el grupo de carcinógeno, debido a su bioacumulación y toxicidad [23].

Las actividades mineras, quema de combustibles fósiles y cenizas volcánicas elevan los niveles altos de cadmio en el aire, ponen en riesgo a la salud humana principalmente problemas respiratorios, daños al sistema inmunológico, desórdenes psicológicos y aumento en riesgo de cáncer [10].

#### 1. El cadmio en la vegetación

El principal síntoma de contaminación por cadmio en las plantas es el tamaño de crecimiento, hojas arrugadas, y coloración marrón rojiza [24].

En la TABLA I se muestran diferentes efectos del Cd en la toxicidad de las plantas, datos establecidos por diferentes autores.

TABLA I  
SÍNTOMAS DE TOXICIDAD EN PLANTAS INDUCIDOS POR CADMIO

Parámetros	Efectos / Referencias
<b>Fotosíntesis</b>	Muerte de la planta (Wang & Zhou, 2005).
	Variación en el follaje (Yllanes et al., 2014).
	Incapaz de asimilar fotones (Taiz & Zeiger, 2006).
	Imposibilita la conversión de energía (Padmaja et al., 1990).
	Impide las reacciones químicas de la fotosíntesis
	Imposibilita el crecimiento de la parte radicular
<b>Peso fresco y masa seca</b>	Afecta a los procesos del crecimiento (Maksymiec & Krupa, 2002)
	Disminución de la masa fresca en <i>Vigna radiata</i> (Shen et al., 1990)
	Disminución de la raíz y brotes en <i>Vigna ambacensis</i> (Al Yemens, 2001).
	Decrecimiento en la masa seca de <i>Cicer arietinum</i> (Wool, 1983) (Rana & Ahmad, 2002).

<b>Proteína</b>	Síntesis de sustancias nocivas a la estructura (Pontier et al., 1999).
<b>Anhidrasa carbónica</b>	Retarda la actividad de la anhidrasa carbónica (Siedlecka & Krupa, 1996).
<b>Prolina</b>	Acelera la producción de prolina en Zea mays L (Barceló & Gunsé, 2006).
<b>Peroxidación lípida</b>	Incrementa estrés oxidativo y la posible causa de daños a otros órganos.
<b>Concentraciones celulares</b>	Variación en la concentración de oligoelementos por el organismo (Zhang, Fukami & Sekimoto, 2000).
<b>Ultraestructura de la raíz</b>	Disminución en el tamaño del crecimiento de la raíz, incremento en el volumen de las células de la corteza (Ouzounidou, 1995) (Barcelo, Poschenrieder & Prasad, 2004).

**Fuente:** López [24]

## 2. Normativa respecto al cadmio

- En el Manual Técnico para el Registro y Control de Fertilizantes, Enmiendas de suelo y Productos Afines De Uso Agrícola 2020, indica los límites máximos permisibles de metales pesados que pueden contener dichos fertilizantes, enmiendas de suelo para lo cual se establece como máxima concentración de Cd 1.5 mg/kg [25] .
- En el Acuerdo Ministerial 097-A la Reforma al Texto Unificado legislación Secundaria, el Libro VI del TULSMA, Anexo 2: Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y Criterios de Remediación para Suelos Contaminados se establece los límites máximos permisibles de Criterios de remediación donde establecen según el uso de suelo agrícola al cadmio el valor de 2 mg/kg [26].
- Respecto al consumo de cd a través de cacao y sus productos la Unión Europea estableció los siguientes niveles máximos permisibles que se observan en la TABLA II.

TABLA II  
NIVELES MÁXIMOS PERMISIBLES DE CADMIO EN LA UNIÓN EUROPEA EN CACAO Y PRODUCTOS DE CHOCOLATE

Producto	Nivel máximo permisible (mg kg-1)
Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao < 30%	0,10
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao < 50%; chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao $\geq$ 30%	0,30
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao $\geq$ 50%	0,80
Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber)	0,60

**Fuente:** Reglamento de la Comisión Europea 488/2014[27], [9]

#### **D. Técnicas de remediación de suelos por contaminación de metales**

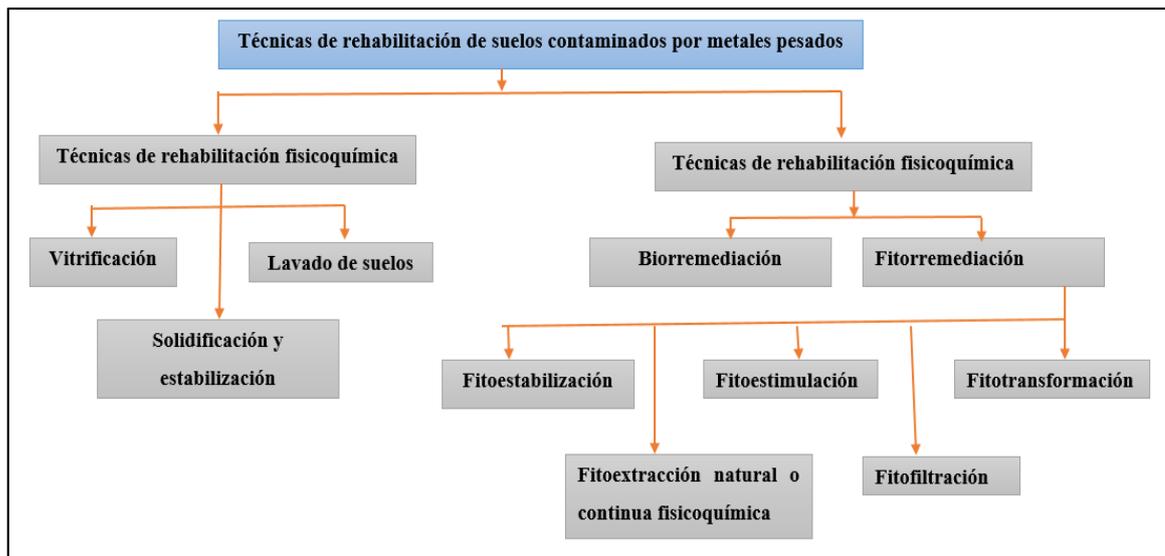
Existen diferentes técnicas para remediar suelos contaminados por metales pesados, en donde se buscan la eliminación completa del contaminante o la transformación en una forma menos contaminante. En la figura 3 se explican las diferentes técnicas para remediación de suelos contaminados.

##### **1. Técnicas de remediación físico-químicas**

Estos métodos incluyen el reemplazo del suelo y procesos de desorción térmica, entre los cuales tenemos la solidificación y estabilización a través de aglutinantes; la vitrificación a través del calentamiento del suelo para volatizar y retener ciertos metales; y el lavado de suelos donde se aplican solventes y variedad de métodos mecánicos [3].

##### **2. Técnicas de remediación biológicas**

Estos métodos ayudan a recuperar los suelos contaminados de forma sustentable en donde se destacan la biorremediación que utiliza diversos microorganismos para estabilizar metales y diluirlos; la fitorremediación que también se la conoce como tecnología verde en donde a través de las plantas se busca retener y almacenar concentraciones de metales en un suelo contaminado [3]. La técnica de la fitorremediación se clasifica en algunas subclases como son la fitoestabilización, fitoestimulación, fitotransformación, Fitofiltración y fitoextracción.



**Fig 3.**Diferentes técnicas de remediación de suelos contaminados con metales pesados.

**Fuente:** S.Ashraf, et.al [3]

### **E. Fitorremediación:**

La fitorremediación es una práctica biotecnológica que se utiliza para tratar aguas y suelos contaminados al absorber o desintegrar diferentes sustancias contaminantes. Es amigable con el medio ambiente dado que limita la movilidad y filtración de metales pesados en el entorno[28], [29].

Según López & Morales [8] es una técnica que no daña las propiedades físico-químicas del suelo en donde se puede aplicar plantas que presentan la capacidad de acumulación de metales pesados en las raíces y partes aéreas a través de procesos de fitoextracción, fitoestabilización y fitovolatilización.

#### **1. Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados**

Es una serie de procesos que implica conducir a los metales por pasos como la absorción del metal (fitoextracción), acumulación y transferencia (fitoacumulación), emisión a la atmósfera (fitovolatilización) y estabilización en la zona radicular (fitoestabilización, tal y como se puede observar en la figura 4, [30].

##### **a) Fitoextracción o fitoacumulación**

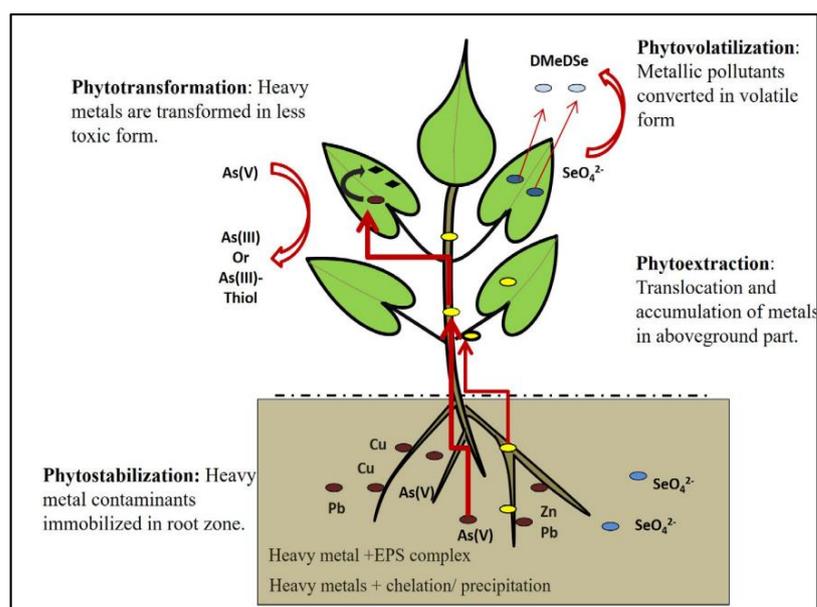
Es un método en el cual los diferentes contaminantes son concentrados, conducidos por las raíces hasta el tallo y hojas de las plantas. Las diferentes especies de plantas que utilizan este proceso tienen la capacidad de acumular diferentes contaminantes y producir biomasa.[8].

## b) Fitoestabilización

Este proceso se conoce como la inmovilización del metal pesado por las raíces de las plantas, se desarrolla en el mismo lugar y el objetivo es evitar que el contaminante se disperse lo que podría llegar hasta las aguas subterráneas [30].

## c) Fitovolatilización.

Durante este proceso las plantas absorben los metales pasados a través de la xilema y los transforman en formas volátiles que se liberan al medio ambiente por las estomas, los metales que pueden ser volatilizados son el mercurio, selenio y arsénico [30].



**Fig 4.** Representación esquemática de los procesos de fitorremediación.  
**Fuente:** Shah & Daverey [30]

## 2. Ventajas y desventajas de la fitorremediación

Según López & Morales [8], presentan las siguientes ventajas y desventajas de la fitorremediación.

### a) Ventajas:

- El bajo costo que representa, este valor puede ser entre \$10/m<sup>3</sup> a \$440/m<sup>3</sup>, esto representa gran diferencia en comparación a otros métodos como la extracción, remediación ex situ, lavado de suelo entre otros [30].
- Es amigable con el medioambiente, en vista que no tiene impactos negativos sobre el suelo [31].
- Se puede utilizar en la producción de bioenergía la biomasa vegetal cosechada [3].

### **b) Desventajas**

- Requiere un periodo de tiempo largo desde meses hasta años, dependiendo directamente de los ciclos biológicos de cada planta que tenga la capacidad de remover el contaminante del suelo [30].
- El tratamiento, almacenamiento y eliminación de la biomasa representa un problema después de haber cumplido su función [31].
- Los metales fuertemente ligados al suelo son difíciles de remover, disminuyendo la eficacia de la fitorremediación [31].

### **F. Plantas hiperacumuladoras**

Según [32] las plantas hiperacumuladoras son materiales de la fitorremediación, las mismas que crecen lentamente y tienen una baja biomasa es por esto que no se puede utilizar el potencial máximo a la fitorremediación.

Entre las plantas hiperacumuladoras tenemos *Crassocephalum crepidioides* (Espinaca de Okinawa), *Galinsoga parviflora* (Manzanilla silvestre), *Sigesbeckia orientalis* (Hierba india), y *Solanum nigrum* (Hierba mora, mortiño), al ser evaluadas en cultivos de uva para disminuir la contaminación por cadmio dio como resultado más óptimo la utilización de *Galinsoga parviflora*, *Sigesbeckia orientalis*[32].

### **G. *Solanum nigrum* L.**

Es una especie vegetal perenne o anual muchas de las veces se lo encuentran como maleza que crece en varias zonas como en Asia, Europa y América. Se lo considera un hiperacumulador de cadmio por su rápida tasa de crecimiento y generación de biomasa [33], [34].

### **H. *Trichoderma* spp**

El género *Trichoderma* spp, pertenece a la familia de hongos Hypocreaceae, es capaz de controlar diferentes enfermedades que se pueden presentar en las raíces de la planta y su fruta, su aplicación es directamente al suelo y se ha demostrado que ayuda aumentando la longitud de la raíz principal y secundarias, brindando la capacidad de absorber más nutriente[35].

La mayoría de este género de hongos son de uso agrícola y presenta competencia por espacio frente algunos patógenos, teniendo en consideración que algunos presentan sensibilidad a factores como el agua, pH, compactación y luminosidad [36].

## VII. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Ubicación del estudio

La presente investigación se realizó en la ciudad de Machala, provincia de El Oro, situado en las coordenadas (E; 620867.32 m-S; 9636745.49 m) a nivel experimental utilizando los recursos del Laboratorio de Aplicaciones electro analíticas y Bioenergía de la Facultad de Ciencias Químicas y la Salud de la Universidad Técnica de Machala figura 5.

Las condiciones climáticas que presenta es una temperatura que varía entre los 18°C a 34°C, con un clima cálido-tropical. Durante la temporada de lluvia se alcanzan altas temperaturas.

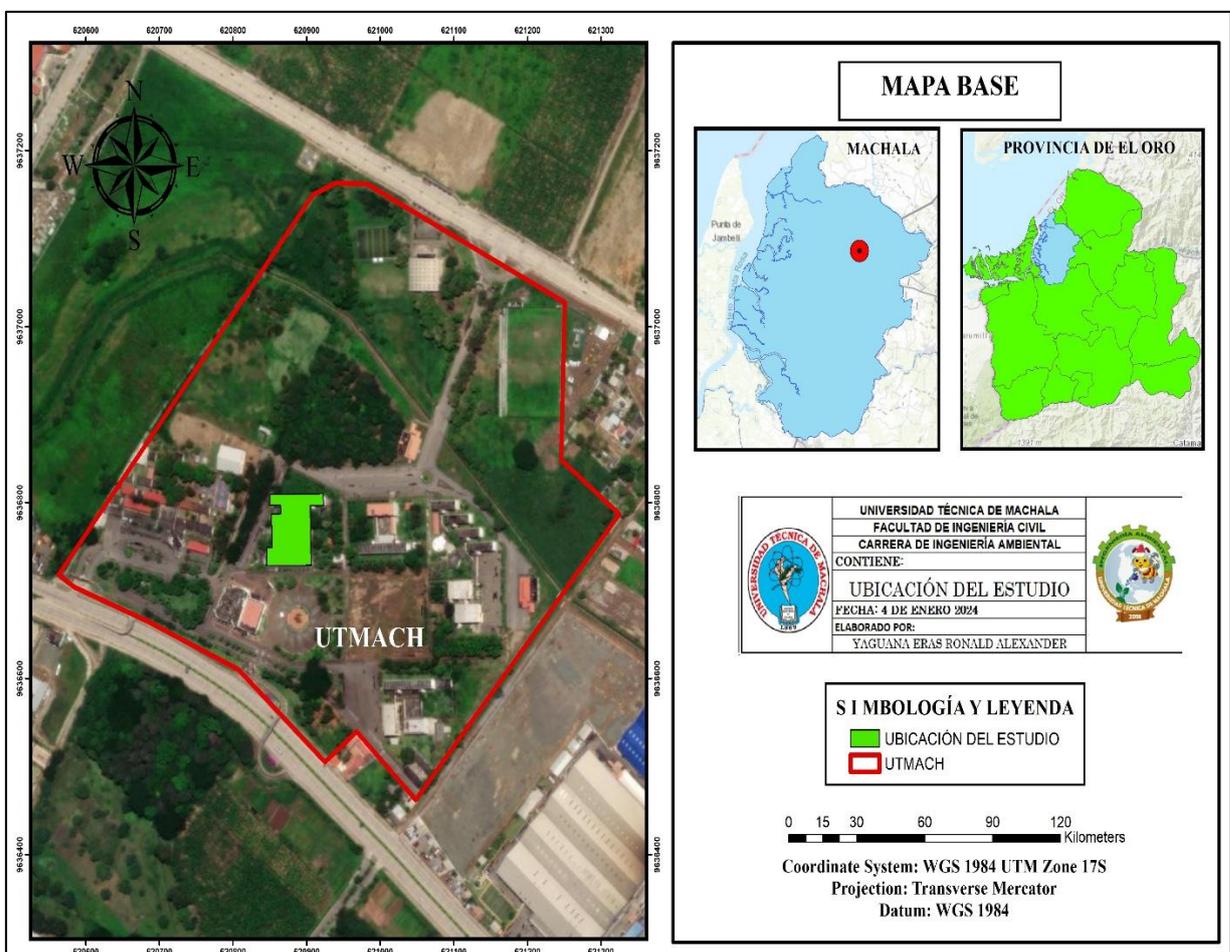


Fig 5. Mapa de Ubicación del estudio

Fuente: El Autor

## B. Diseño de la investigación

La investigación es de carácter experimental, tomando como referencia información bibliográfica donde se obtuvo la base de la investigación y los métodos que otros estudios e investigaciones habían aplicado[37], [38].

El diseño conto con 3 tratamientos (T) con la especie *Solanum nigrum* 4 repeticiones (A, B, C y D) con el mismo tipo de suelo y 3 dosificaciones con el bioestimulante de *Trichoderma spp* dando un total de 12 unidades experimentales, tal como se explica en la TABLA III y figura 6.

TABLA III  
TRATAMIENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

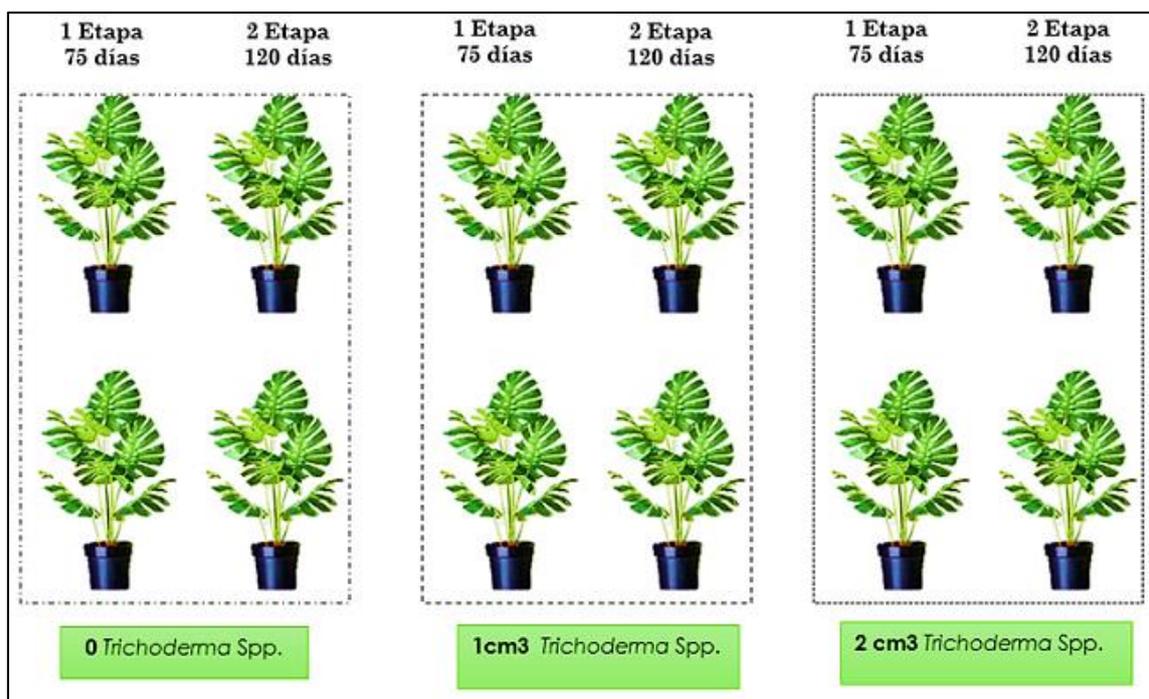
Especie	Suelo contaminado	Bioestimulante	Dosis	Tratamiento
A1	B1	C1	D0	T0= A1+B1+C1+D0
			D1	T1= A1+B1+C1+D1
			D2	T2 =A1+B1+C1+D2

Fuente: El autor

**A1**= *Solanum Nigrum*; **B1**= Suelo con cadmio 17,87 mg/kg; **C1**= *Trichoderma spp*; **T0**=Testigo;

**T1**= Tratamiento 1; **T2**= Tratamiento 2

**D0**= 0 cc (Testigo); **D1**= 1cc de *Trichoderma spp*; **D2**= 2cc de *Trichoderma spp*



**Fig 6.** Distribución de los tratamientos en la investigación

**Fuente:** El autor

### C. Proceso metodológico

#### 1. Selección y preparación de la especie herbácea

La especie *Solanum nigrum*, conocido como mortiño se la referencia por su capacidad de planta hiperacumuladora [33],[37]. La semilla fue recolectada de forma natural tal y como se presenta en la vegetación arbustiva en lotes baldíos de la ciudad de Machala. Par su proceso de germinación las semillas fueron expuesta al sol durante una semana [37], para posteriormente ser trasplantadas en macetas de 1kg de suelo.

#### 2. Preparación del sustrato

La recolección de suelo se la realizó bajo un muestreo al azar en la finca cacaotera del sector Bella María del cantón Santa Rosa, provincia de El Oro, situado en las coordenadas (E;618276.04 m-S; 9617180.03 m). La toma de muestras en este lugar se debe a la problemática del elemento Cd que existe en este monocultivo. Una vez obtenida las muestras de suelo, estas fueron mezcladas con un patrón de Cd de 1000 ppm de la marca Inorganic Ventures, se utilizó la siguiente formula:

Tomando como referencia la concentración de cadmio aplicado al suelo de 15mg/Kg [38], en la fitoextracción de cadmio del suelo con *Amaranthus hybridus L.* se acondicionó el suelo para las mismas cantidades.

En cada kilogramo de suelo se aplicó cadmio diluido en agua destilada del patrón referencial:

Formula de disolución de soluciones concentradas:

$$C1*V1=C2*V2$$

C1 = concentración molar de la disolución.

V1 = volumen de la alícuota por tomar de la disolución.

C2 = concentración molar de la disolución diluida.

V2 = volumen de la disolución diluida.

$$C1 = 1000 \text{ ppm}$$

$$1000 \text{ ppm} * V1 = 15 \text{ ppm} * 1000 \text{ ml}$$

$$V1 = ?$$

$$V1 = \frac{15 \text{ ppm} * 1000 \text{ ml}}{1000 \text{ ppm}}$$

$$C2 = 15 \text{ ppm.}$$

$$V1 = 15 \text{ ml.}$$

$$V2 = 1000 \text{ ml}$$

La mezcla se dejó reposar en envases por una semana para garantizar su concentración.

### 3. Preparación del inoculante biológico.

Trichoplus es un complejo de microorganismos beneficiosos que está constituido por varias especies y diferentes cepas del hongo trichoderma [39]. Para preparar el hongo *trichoderma spp* se utilizó instrumentos del laboratorio como matraz aforado de 100 ml, pipeta graduada de 10 ml.

La preparación del producto según las indicaciones es 2 a 4 L del producto por cada 20 L de agua en un área de 1 hectárea (10000 m<sup>2</sup>), tomando como referencia los 4 litros que nos indica, utiliza 0,0004 L del producto y 0,002 L de agua por cada metro cuadrado. Considerando que las 12 unidades experimentales cubren un área de 2m<sup>2</sup> el hongo se debe preparar con 0,0008 L (0,8 cc) del producto y 0,004 L (4 cc) de agua.

### 4. Preparación de la dosis de *Trichoderma spp* por tratamiento.

La enmienda biológica de *Trichoderma spp* se la obtuvo con el nombre comercial de Trichoplus, de acuerdo a la ficha técnica del producto, señala que por hectárea se utiliza 1,5 L del producto en 20 L de agua, adicional la Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar indican que en una hectárea comúnmente entran 30 000 plantas [40].

Se calculó la dosis que reciben las plantas al aplicar 4 L de trichoplus en 20 litros de agua por hectárea, Además, se consideró el número de plantas por hectárea, dando como resultado una dosis de 0,8 cc por planta.

DP: Dosificación por planta

PT: Población total por planta por hectárea.

$$DP = \frac{1*DT}{PT}$$

DT: Dosificación por hectárea de cultivo.

1: Constante

$$DP = \frac{1*24}{30000}$$

DP: ?

PT: 30 000

$$DP = 0,0008 \text{ l (0,8 CC)}$$

DT: 24 L

Tomando como referencia este resultado, se establece 1 testigo y 2 tratamientos con distinta cantidad de dosis para aplicar por planta los cuales son 0.0 cc, 1cc y 2 cc. Cada tratamiento cuenta de 4 repeticiones.

## 5. Instalación del experimento

Se utilizaron macetas de 2 kg, en donde se empezó preparando la disolución de Cd requerida en 1000 ml de agua destilada y 1 kg de suelo, se dejó reposar 1 semana y posteriormente al fraguado de la disolución se procedió con el trasplante de las plántulas.

A la quinta semana del trasplante, una vez adaptada las plantas se procedió a la aplicación de dosis de *Trichoderma spp* de cada tratamiento, de acuerdo a las indicaciones del producto la aplicación se la realizo por 3 ocasiones consecutivas cada 10 días.

## 6. Variables de estudio

Para comprobar la absorción de Cd en el *Solanum nigrum*, se consideró 2 partes estructurales de la planta como fueron la raíz y las hojas. Estos dos órganos se evaluaron en relación a las etapas fisiológicas de crecimiento vegetativo inicial (75 días) y crecimiento vegetativo final (125 días), esto basado en la referencia la investigación realizada por Ortiz, Calzada & otros [38], [37].

En complemento al análisis anterior descrito, también se consideró otras variables de estudio como fueron; el crecimiento de la longitud del tallo, número de hoja y crecimiento radicular. Con respecto a las dos primeras variables los datos fueron

recolectados semanalmente y para la raíz se observó de manera visual los cambios de crecimiento para cada uno de los tratamientos para las dos etapas fisiológicas de estudio. Para esta última medición cualitativa se utilizó un microscopio óptico Boeco Germany con el lente EA 10/0.25.

#### **D. Análisis de la captación de Cd en hojas y raíces de *Solanum nigrum***

Obtenidas las muestras de raíz y hoja estas fueron depositadas en fundas ziploc siguiendo las indicaciones para ser enviadas al laboratorio acreditado de ANAVANLAB ubicado en la ciudad de Quito, Ecuador, El método aplicado en este análisis fue el de espectrometría de masas por plasma acoplado inductivamente (ICP-MS), que se basa en el acoplamiento de un método para generar iones (plasma acoplado inductivamente) y un método para separar y detectar los iones (espectrómetro de masas). A continuación, se detalla el proceso del análisis:

Recolección, preservación y almacenamiento:

- Las muestras deben ser recolectadas en fundas plásticas o envases de los siguientes materiales: HDPE, LDPE, PFA, PTFE, PP o cualquier otro que se garantice sea libre de metales.
- Luego de la recolección las muestras fueron refrigeradas aproximadamente a ( $4^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ).
- Luego de la recolección las muestras de raíz y hojas fueron almacenadas asegurando que no exista contaminación cruzada.

Preparación de muestras:

- Las muestras deben estar a temperatura ambiente entre ( $15$  a  $30$ )  $^{\circ}\text{C}$  y humedad relativa entre ( $20$  a  $80$ ) %.
- Se homogenizó previamente las muestras antes de ser analizadas.
- Se retiró todo material extraño de las muestras de estudio como: suelo, insectos, etc.
- Las muestras de raíz y hojas fueron transformadas en forma líquida para su posterior análisis de proceso.
- Las muestras líquidas fueron transportadas a través de una manguera mediante una bomba peristáltica hasta el sistema nebulizador donde es transformada en aerosol gracias a la acción del argón.

- Para el análisis por ICP-MS las muestras, fueron tratadas previamente con una digestión ácida y registrar en el formato correspondiente. Cada 10 muestras se realiza la digestión por duplicado para los controles de repetibilidad y reproducibilidad.

### **E. Determinación de Cd en Suelo**

Para la determinación de Cd en el suelo contaminado, se recolecto muestras antes de la siembra y al finalizar el tratamiento. Las muestras se analizaron en el laboratorio Aguibulab, la metodología empleada fue EPA 3050 B en la espectrometría de Masa con Plasma Acoplado Inductivamente. A continuación, se detalla el proceso del análisis:

Preparación de la muestra:

La muestra fue cuarteada y se toma una porción homogénea de aproximadamente 20 g de muestra, se colocó en una caja Petri, para posterior ser llevada a secar toda una noche en una estufa a 104°C, luego se pulverizo y tamizo en una malla de 2 mm de diámetro.

Se procedió a digerir la muestra, bajo la metodología EPA 3050 B, de la cual se obtuvo 50 ml del digestado.

Análisis del parámetro:

Una vez encendido el equipo (ICP), se analizó la curva de calibración para el parámetro de Cd. Posteriormente se inyecta la muestra y se obtiene el valor de concentración en ug/l.

### **F. Análisis estadístico**

El análisis estadístico se realizó con el software SPSS versión 25 que es utilizado para la realización de captura y análisis de datos donde se puede crear tablas y gráficas con data compleja.

Se realizó un análisis descriptivo de los valores de medias, desviación estándar, máximos y mínimos de la longitud del tallo y el número de hojas. Posterior se realizó una prueba de ANOVA para evaluar el nivel de significancia de cada uno de los tratamientos con un error probabilístico de 0,05.

## VIII. RESULTADOS

### A. Concentración inicial y final de cadmio en el suelo.

En la TABLA IV se indican los resultados del análisis de la concentración de Cd inicial y final que se realizó en el suelo de estudio experimental. La concentración inicial sometido a un proceso de contaminación controlada de Cd en el suelo fue de 17,87 mg/kg y la concentración final que concluyo a los 125 días de tratamiento (etapa vegetativa) su valor se redujo a 5,55 mg/kg.

Al comparar el análisis final del resultado con la normativa nacional del TULSMA TABLA V, se evidencio que los valores con respecto al uso de suelo industrial y comercial están por debajo por los límites máximos permisible. En cambio, para el suelo agrícola y residencial los valores estuvieron por encima de los valores establecidos por la normativa.

TABLA IV  
RESULTADOS DEL ANÁLISIS DEL SUELO

Parámetro	Expresado como	Unidad	Concentración Inicial	Concentración Final
Cadmio	Cd	mg/kg	17,87	5,55

Fuente: El autor

TABLA V  
CRITERIOS DE REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS SEGÚN EL USO DEL SUELO- VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES

Parámetro	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible			
			Uso del suelo			
			Agrícola	Industrial	Residencial	Comercial
Cadmio	Cd	mg/kg	2	10	4	10

Fuente: TULSMA [26]

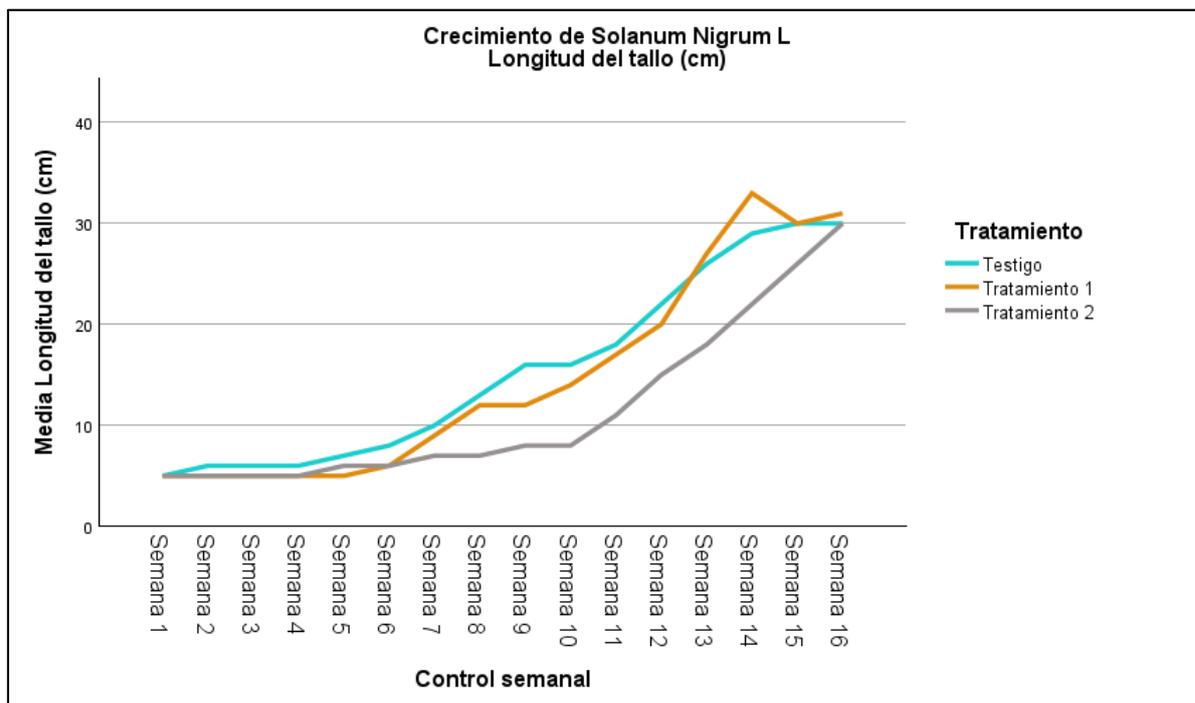
### B. Efecto del *Trichoderma Spp* en la fisiología del *Solanum nigrum*

Los resultados de este análisis se enfocan en los órganos fisiológicos del *Solanum nigrum*, como son la longitud del tallo, el número de hojas y la raíz.

#### 1. Longitud del tallo

En la figura.7, los resultados reflejan el crecimiento de la longitud del tallo en las 16 semanas de control. El tratamiento 1 alcanzó el máximo valor de 33 cm en la semana

14 y el tratamiento 2, al igual que el testigo llegaron a alcanzar una altura máximo de 30cm. en la semana 16.



**Fig 7.** Longitud del tallo de *Solanum nigrum* en las 16 semanas

**Fuente:** El Autor

En la TABLA VI se refleja el análisis descriptivo de la longitud del tallo evaluada durante las 16 semanas. EL grupo testigo presenta la mayor longitud promedio del tallo (15,50 cm), seguido por el grupo tratamiento 1 (14,75 cm) y tratamiento 2 (11,50 cm). El tratamiento 2 presenta la desviación estándar más cercana a la media (8,21), mientras que no hay diferencias significativas en el testigo y tratamiento 1. El valor mínimo de longitud para cada grupo fue de 5 cm, mientras que el valor máximo se encuentra en el tratamiento 2 con 33 cm.

**TABLA VI**  
ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE LA LONGITUD DEL TALLO

	N	Media	Desv. Estándar	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
<b>Testigo</b>	16	15,50	9,338	2,335	10,52	20,48	5	30
<b>Tratamiento 1</b>	16	14,75	10,370	2,592	9,22	20,28	5	33
<b>Tratamiento 2</b>	16	11,50	8,214	2,053	7,12	15,88	5	30
<b>Total</b>	48	13,92	9,314	1,344	11,21	16,62	5	33

**Fuente:** El autor

El análisis de ANOVA de la TABLA VII, que evalúa la longitud del tallo durante 16 semanas, arroja un valor de significancia de 0,44. Este valor es superior al nivel de significancia preestablecido (0, 05), lo que indica que no existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la longitud del tallo.

TABLA VII  
ANOVA DE LA LONGITUD DEL TALLO

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	144,667	2	72,333	,828	,444
<b>Dentro de grupos</b>	3933,000	45	87,400		
<b>Total</b>	4077,667	47			

Fuente: El autor

## 2. Número de Hojas

En la figura 8 se reflejan los resultados del número de hojas desarrolladas durante las 16 semanas de control. El tratamiento 2 desarrollo una cantidad máxima de 17 hojas en comparación al tratamiento 1 y el testigo que desarrollaron 14 y 15 respectivamente.

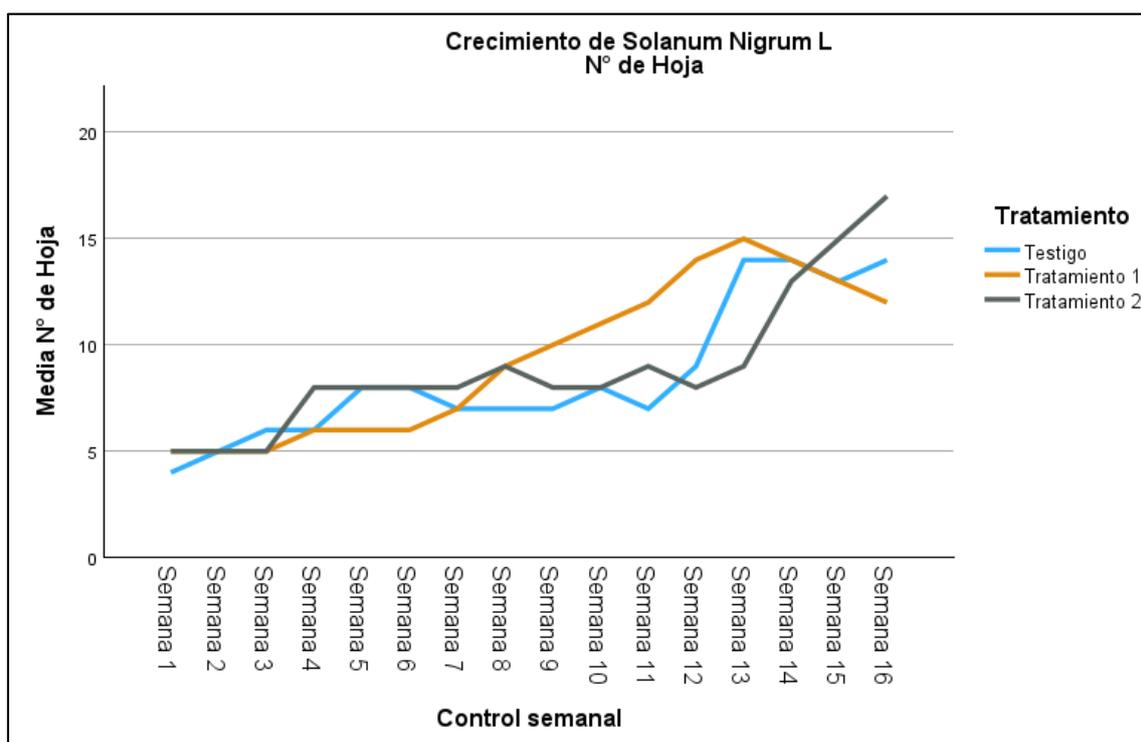


Fig 8. N° de hojas en *Solanum nigrum* L en las 16 semanas.

Fuente: El autor.

En la TABLA VIII se refleja el análisis descriptivo del desarrollo de hojas evaluada durante las 16 semanas. EL grupo tratamiento 1 presenta el mayor promedio del número de hojas (9,38), seguido por el grupo tratamiento 2 (8,94) y el testigo (8,56). El testigo presenta la desviación estándar más cercana a la media (3,32), mientras que no hay diferencias significativas en la desviación estándar entre los grupos testigo y tratamiento 2. El valor mínimo es 4 para el testigo y es 5 para los tratamientos 1 y 2, mientras que el valor máximo se encuentra en el tratamiento 2 con 17.

TABLA VIII  
ANÁLISIS DESCRIPTIVO DEL N° DE HOJA

	N	Media	Desv. Estándar	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
<b>Testigo</b>	16	8,56	3,326	,832	6,79	10,33	4	14
<b>Tratamiento 1</b>	16	9,38	3,667	,917	7,42	11,33	5	15
<b>Tratamiento 2</b>	16	8,94	3,376	,844	7,14	10,74	5	17
<b>Total</b>	48	8,96	3,402	,491	7,97	9,95	4	17

Fuente: El autor

El análisis de ANOVA de la TABLA IX, que corresponden al desarrollo de hojas durante las 16 semanas, arroja un valor de significancia de 0,803. Este valor es superior al nivel de significancia preestablecido (0, 05), lo que indica que no existe diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al número de hojas que desarrollaron.

TABLA IX  
ANOVA DEL N° DE HOJAS

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
<b>Entre grupos</b>	5,292	2	2,646	,221	,803
<b>Dentro de grupos</b>	538,625	45	11,969		
<b>Total</b>	543,917	47			

Fuente: El autor

### 3. Desarrollo de raíces

Este análisis se lo realizó bajo las dos etapas de estudio; crecimiento vegetativo inicial (75 días) y crecimiento vegetativo final (125 días).

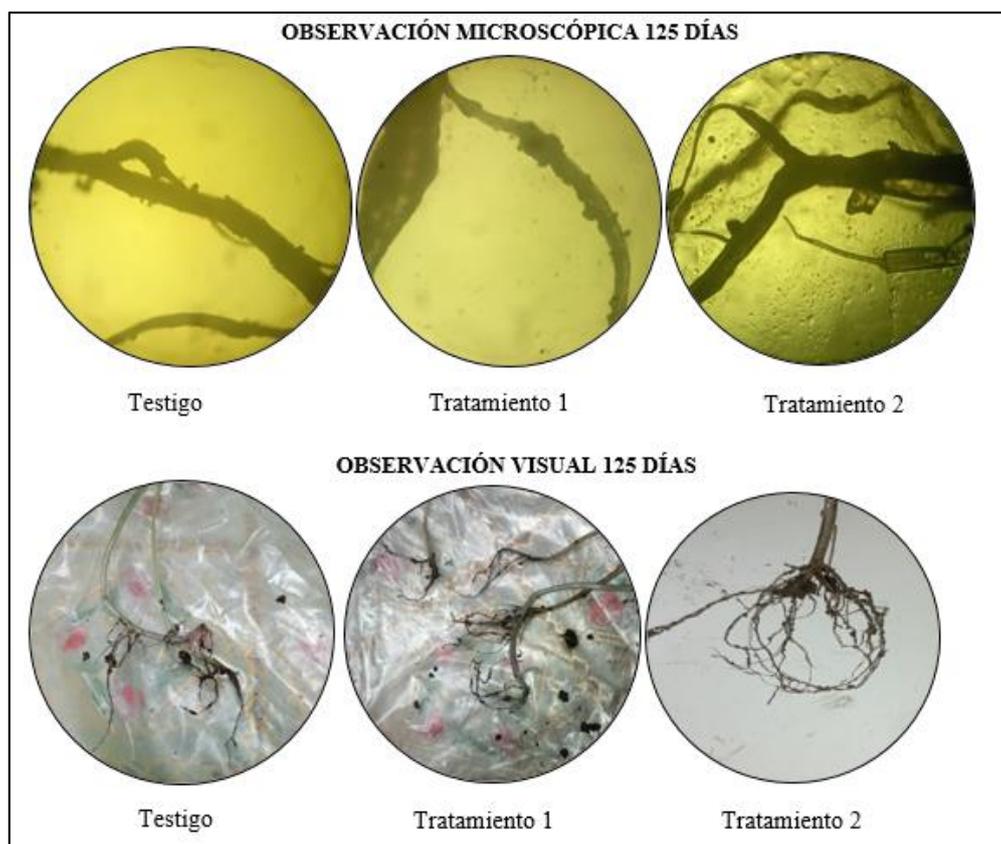
La figura 9 refleja el análisis visual de cambio en las raíces de los diferentes tratamientos a los 75 días. Se observó que el tratamiento 2 tiene un mayor crecimiento de los pelos radiculares en comparación con el tratamiento 1 y el testigo. De acuerdo a lo

observado en el microscopio se considera un crecimiento del 40% para el tratamiento 2 y 30 % para el tratamiento 1 y el testigo.



**Fig 9.** Observación visual y microscópica de raíces a los 75 días  
**Fuente:** El Autor

La figura 10 muestra un análisis cualitativo de las raíces de los diferentes tratamientos realizado a los 125 días. Se observó que en el tratamiento 2 el crecimiento radicular fue más abundante en comparación con el tratamiento 1 y el testigo. De acuerdo a lo observado en el microscopio se considera un crecimiento del 50% para el tratamiento 2 y 25 % para el tratamiento 1 y el testigo.



**Fig 10.** Observación visual y microscópica de raíces a los 125 días

**Fuente:** El Autor

### C. Captación de Cd en las raíces y hojas de *Solanum nigrum*

#### 1. Captación de Cd en hojas

En la TABLA X, de acuerdo a las etapas fisiológicas de estudio. Los resultados revelaron a los 75 días una mayor captación de Cd de 4.18 mg/kg en el tratamiento 2, correspondiendo al 41%. En cambio, en el tratamiento 1 y el testigo la captación de Cd fue menor de 3.02 y 2.90 mg/kg, correspondiendo al 30% y 29% respectivamente.

Los resultados a los 125 días revelan una mayor captación de Cd de 22.77 mg/kg en el tratamiento 1, correspondiendo al 62%. En cambio, en el tratamiento 2 y el testigo la captación de Cd fue menor de 6.17 y 7.84 mg/kg, correspondiendo al 17% y 21% respectivamente.

TABLA X  
ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE CADMIO EN HOJAS

Días	Contenido de Cadmio en Hojas mg/kg					
	Testigo	%	Tratamiento 1	%	Tratamiento 2	%
75	2.90	29	3.02	30	4.18	41
125	7.84	21	22.77	62	6.17	17

**Fuente:** El autor

## 2. Captación de Cd en raíces

En la TABLA XI, de acuerdo las etapas fisiológicas de estudio. Los resultados revelaron a los 75 días una mayor captación de Cd de 4.28 mg/kg en el tratamiento 2, correspondiendo al 55 %. En cambio, en el tratamiento 1 y el testigo la captación de Cd fue menor de 2.13 y 1.3 mg/kg, correspondiendo al 32 y 30 % respectivamente.

Los resultados a los 125 días revelan una mayor captación de Cd de 14.07 mg/kg en el tratamiento 2, correspondiendo al 58%. En cambio, en el tratamiento 1 y el testigo la captación de Cd fue menor de 12.02 y 11.08 mg/kg, correspondiendo al 32% y 30% respectivamente. Estos valores se sintetizan en la figura 12.

TABLA XI  
ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE CADMIO EN RAÍCES

<b>Contenido de Cadmio en Raíces mg/kg</b>						
Días	Testigo	%	Tratamiento 1	%	Tratamiento 2	%
<b>75</b>	1.34	17	2.13	28	4.28	55
<b>125</b>	11.08	30	12.02	32	14.07	38

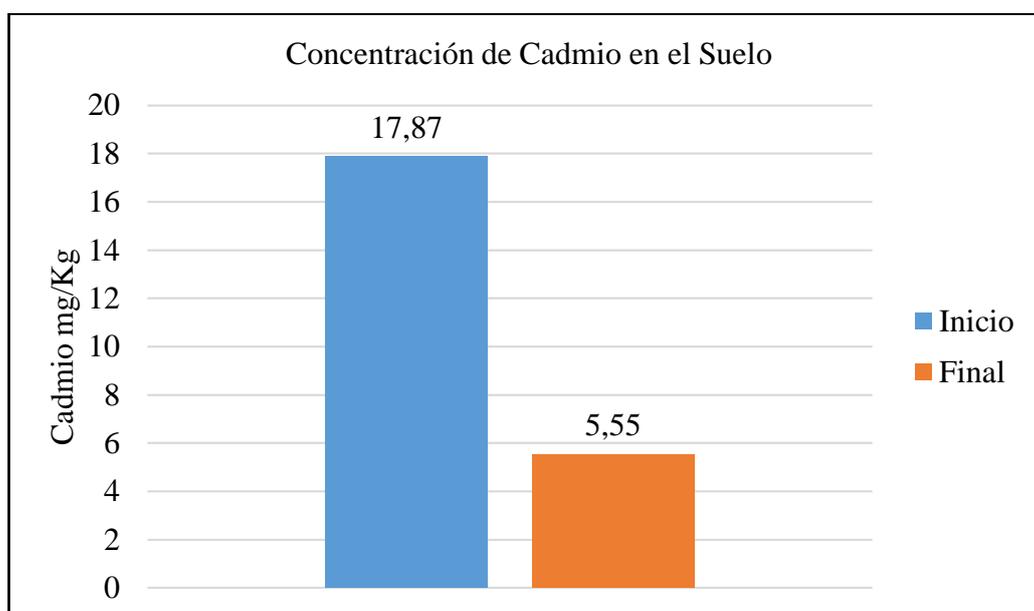
Fuente: El autor

## IX. DISCUSIÓN

### A. Capacidad de *Solanum nigrum* para la fitoacumulación de suelos contaminados con Cd

*Solanum nigrum* a los 125 días demostró ser una especie hiperacumuladora de Cd [41]. La captación de Cd del suelo fue cerca del 70% por parte de *Solanum nigrum* sin embargo esta captación no alcanza para que el suelo se encuentre por debajo de los límites máximos permisibles establecidos para el suelo de uso agrícola según la TABLA V, en donde nos indica los límites establecidos por el TULSMA [26].

La captación de Cd del suelo por parte de *Solanum nigrum* se debe a que aún no se llegó a la etapa de floración de la planta en donde se revela que es la fase de mayor concentración de Cd por parte de la especie [42].



**Fig 11.** Concentración de cadmio en el suelo  
Fuente: el autor

### B. Influencia del Cd dentro del crecimiento fisiológico de *Solanum nigrum*

Los resultados del análisis del crecimiento (TABLA VI hasta la TABLA IX) de la longitud del tallo y desarrollo de hojas en *Solanum nigrum* durante la investigación no se observaron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos y el testigo. Esto se debe a que el Cd no modifica significativamente las partes fisiológicas como tallo y hojas de *Solanum nigrum*, se lo puede corroborar en el estudio realizado por [43] en donde evaluaron la capacidad de *Solanum diphyllum* para remediar suelos contaminados con Cd al aplicarle pajas de otras especies del género *Solanum spp* entre ellas *Solanum nigrum* resultando que no se obtiene gran diferencia significativa en cuanto a la

generación de biomasa. Además [44] en su estudio indica que la especie es tolerante a un suelo contaminado por 25 mg/kg de Cd.

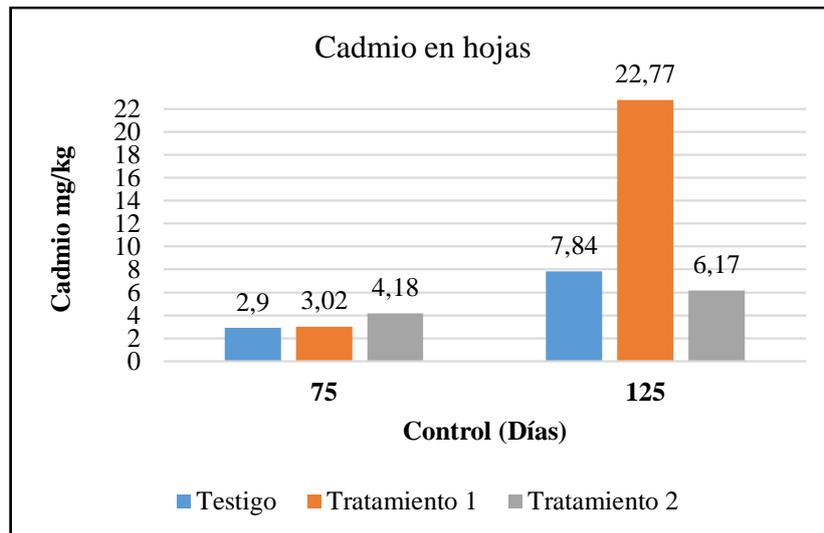
Adicionalmente se lo puede considerar como un monocultivo al estar establecido en una área limitada que no compartía espacio con otras especies, en base a eso [45] nos afirma que cuando se establece como monocultivo *Solanum nigrum* no presenta generación de biomasa de tallo y hojas a diferencia de cuando se lo intercala con otras especies de *Solanum*.

Los tratamientos a los que se aplicó *Trichoderma spp* demostraron más captación de cadmio en sus análisis de raíces y hojas a comparación del testigo, que tuvo una menor captación. Esto se debe a que *Trichoderma spp* amplifica el área de contacto entre la rizosfera y el suelo, aumenta la secreción de enzimas y promueve la actividad enzimática del suelo, lo que a su vez ayuda a la reparación del suelo y al crecimiento de la planta [46].

Las observaciones visuales y microscópicas realizadas a los 75 y 125 días, revelaron un mayor crecimiento en raíces tratadas con *Trichoderma spp* en comparación con el testigo que presentó un crecimiento radicular menor. Este resultado se explica por la capacidad de *Trichoderma spp* para colonizar las raíces de las plantas a través de sus micelios. Esta simbiosis micorrízica expande el área de contacto de absorción de la raíz, facilitando la asimilación de nutrientes y su desintegración rápida para aprovechamiento, tal como lo indica [35].

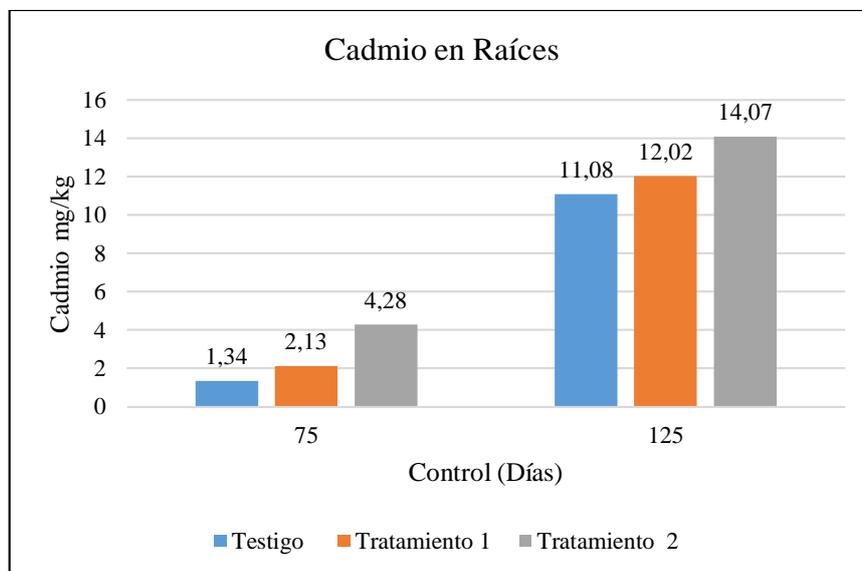
### **C. Fitoacumulación de Cd en las raíces y hojas de *Solanum nigrum***

Los resultados de la investigación en cuanto a la captación de Cd en la raíz y hojas de *Solanum nigrum* (Fig. 12 y Fig.13) los tratamientos a los que se aplicó *Trichoderma spp* las hojas mostraron una mayor capacidad para acumular Cd en comparación a las raíces, permitiéndola clasificar como hiperacumuladora de acuerdo a la definición de [30], [45]. Esta definición establece que las plantas hiperacumuladoras secuestran metales pesados en sus tejidos por encima del suelo, excluyendo de esta categoría a las que acumulan metales en tejidos subterráneos.



**Fig 12.** Análisis del contenido de Cd en las hojas a los 75 y 125 días en los diferentes tratamientos y el testigo.

**Fuente:** El Autor



**Fig 13.** Análisis del contenido de Cd en las raíces a los 75 y 125 días en los diferentes tratamientos y el testigo.

**Fuente:** El Autor

Adicionalmente [32] respalda esta clasificación al demostrar que la intercalación de cultivos con *Solanum nigrum* aumenta la biomasa y beneficia a las plantas con las que comparte terreno, gracias a la capacidad que tiene para retener metales presentes en el suelo, impidiendo que afecte al crecimiento de las otras especies.

La captación de Cd en *Solanum nigrum* en este estudio superó la observada por [37] en donde evaluó la acumulación de Cd en un periodo de 9 semanas. Sin embargo estos

resultados fueron menores en comparación al estudio [42], esto se debe que la planta acumula más en la época de floración, según [44].

Las hojas de *Solanum nigrum* presentaron una mayor captación de Cd que las raíces durante el periodo de análisis. Este resultado se explica por la tendencia del Cd a concentrarse en la parte aérea de la planta, incluyendo brotes y hojas. Según [47], las plantas emplean un mecanismo de desintoxicación para los metales pesados, hiperacumulándolos y bombeándolos hacia las vacuolas epidérmicas, que se encuentran principalmente en las partes aéreas.

Adicionalmente[48], indica normalmente los mecanismo de absorción de las plantas suele ser en raíz, hojas, frutos y semillas. En el caso del Cd, este orden se ve modificado debido a la estrategia de desintoxicación de las plantas, que implica su acumulación en las vacuolas epidérmicas de las partes aéreas.

Según [49], indica que el extracto las hojas de *Solanum nigrum* puede influir positivamente en el metabolismo de plantas expuestas a estrés por Cd, como se observó en su estudio con la especie *Datura innoxia*.

## X. CONCLUSIONES

*Solanum nigrum* es una planta idónea para la fitorremediación de suelos contaminados con Cd, por su capacidad natural de hiperacumulación. Esta capacidad se ve potenciada por la aplicación de enmiendas biológicas como *Trichoderma spp* que actúan como bioestimulante del crecimiento vegetal y aumentan la absorción del Cd.

*Trichoderma spp* actúa como bioestimulante para el crecimiento de *Solanum nigrum* lo que proporciona mayor ayuda a la captación de nutrientes y desarrollo radicular. Este crecimiento beneficia la capacidad hiperacumuladora de la planta para el Cd. Es importante respetar la dosis de *Trichoderma spp* recomendada por el fabricante, puesto que la aplicación de una dosis excesiva puede generar estrés en la planta, reduciendo su ciclo de vida y exponiéndolas a plagas.

*Solanum nigrum* a medida que avanza en sus etapas fisiológicas aumenta la capacidad de acumulación, demostrado bibliográficamente que en la fase de floración la captura es mayor. En este estudio la comparación a los 75 días y 125 días se demostró una mayor captura de Cd de forma natural y aplicando *Trichoderma spp* como bioestimulante. Si bien la dosis del tratamiento 2 presentó una mayor captación inicial en raíces, pero se observó una pérdida de hojas y una disminución en la vitalidad de la planta al final del estudio.

La aplicación de *Solanum nigrum* y *Trichoderma spp* para la fitorremediación de suelo contaminados con Cd resulta un alternativa prometedora, sostenible y económica, por la capacidad de acumulación de la planta y la simbiosis micorrizica que se presenta. Además de una fácil implementación, generando un menor impacto ambiental.

## XI. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar este estudio a nivel territorial en un área más amplia que cuente con niveles de Cd presente en el suelo similares a los presentados, asegurándose la correcta interacción entre las especies para tener resultados óptimos.

Se recomienda respetar la dosis de *Trichoderma spp.*, recomendada por el fabricante para cultivos similares, puesto que un exceso de aplicación produce estrés y reduce el ciclo de vida de la planta.

Se recomienda realizar estudios previos para determinar la dosis óptima de *Trichoderma spp.* en función del tipo de suelo, la concentración de Cd y las condiciones climáticas.

Se recomienda seguir estudiando esta especie, especialmente en la de floración, para de esta manera poder completar un análisis integral en todas sus etapas fisiológica del *Solanum nigrum*.

*Solanum nigrum* es susceptible a plagas que pueden afectar su desarrollo y capacidad de fitoextracción. Se recomienda implementar medidas de control de plagas, como el uso de insecticidas orgánicos o trampas de manera preventiva y oportuna.

Es importante considerar el impacto ambiental de la fitorremediación a largo plazo. Se deben realizar estudios para evaluar la posible acumulación de Cd en la cadena alimentaria y el efecto de la fitorremediación en la microbiota del suelo.

Es importante optimizar las estrategias de fitorremediación para aumentar su eficacia y acelerar la limpieza ambiental.

## REFERENCIAS

- [1] A. Torrente Trujillo, L. V. Calderón Manchola, y E. M. Joven Santofimio, “Metales en suelos productores de arroz del distrito Juncal, Huila-Colombia”, *Suelos Ecuat.*, vol. 50, n.o 1y2, pp. 1-12, dic. 2020, doi: 10.47864/SE (50)2020p1-12\_121.
- [2] N. R. Eugenio et al., “*La contaminación del suelo: una realidad oculta*”. FAO, 2019. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>
- [3] S. Ashraf, Q. Ali, Z. A. Zahir, S. Ashraf, y H. N. Asghar, “Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils”, *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 174, pp. 714-727, jun. 2019, doi: 10.1016/j.ecoenv.2019.02.068.
- [4] S. Khalid, M. Shahid, N. K. Niazi, B. Murtaza, I. Bibi, y C. Dumat, “A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils”, *J. Geochem. Explor.*, vol. 182, pp. 247-268, nov. 2017, doi: 10.1016/j.gexplo.2016.11.021.
- [5] S. M. Shehata, R. K. Badawy, y Y. I. E. Aboulsoud, “Phytoremediation of some heavy metals in contaminated soil”, *Bull. Natl. Res. Cent.*, vol. 43, n.o 1, p. 189, dic. 2019, doi: 10.1186/s42269-019-0214-7.
- [6] G. Sandeep, K. Vijayalatha, y T. Anitha, “Heavy metals and its impact in vegetable crops”, *Int. J. Chem. Stud.*, 2019.
- [7] O. Atiaga, J. Ruales, L. M. Nunes, y X. L. Otero, “Toxic Elements in Soil and Rice in Ecuador”, *Agronomy*, vol. 11, n.o 8, p. 1594, ago. 2021, doi: 10.3390/agronomy11081594.
- [8] M. E. López Hernández y O. E. Morales Hernández, “Fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados: una revisión”, *Rev. Cienc. Tecnol. El Higo*, vol. 12, n.o 2, pp. 15-28, dic. 2022, doi: 10.5377/elhigo.v12i2.15197.
- [9] M. López Ulloa, R. Jaimez, y L. Orozco Aguilar, “Guía 1: El cadmio en el cultivo de cacao. Caja de herramientas para la prevención y mitigación de la contaminación de cadmio en la cadena de cacao-Ecuador”, Quito, 2021. [En línea]. Disponible en: [https://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2022/05/Guia\\_1.pdf](https://cefaecuador.org/wp-content/uploads/2022/05/Guia_1.pdf)
- [10] Organización Mundial de la Salud, “Preventing disease through healthy environments: exposure to cadmium: a major public health concern”. World Health Organization, 2020. [En línea]. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/329480/WHO-CED-PHE-EPE-19.4.3-eng.pdf?sequence=1>

- [11] A. Meter, R. J. Atkinson, y B. Laliberte, *Cadmio en El Cacao de América Latina y El Caribe-Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación*. Roma: Bioersivity International, 2019.
- [12] Codex Alimentarius Comisión, Ed., “Programa conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias comité del CODEX sobre contaminantes de los alimentos. Anteproyecto de código de prácticas para la prevención y reducción de la contaminación por cadmio en los granos de cacao.” 2020. [En línea]. Disponible en: [https://www.fao.org/faowhocodexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-14%252FWD-2020%252Fcf14\\_07s.pdf](https://www.fao.org/faowhocodexalimentarius/shproxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FMeetings%252FCX-735-14%252FWD-2020%252Fcf14_07s.pdf)
- [13] S. L. P. Peralta y H. R. Aguilar, “Aporte del sector agropecuario a la economía del Ecuador. Análisis crítico de su evolución en el período de dolarización. Años 2000 – 2016”.
- [14] S. A. Barrezueta Unda, I. A. Armijos Galarza, y E. A. Vega Mora, “Comparación de niveles de cadmio en hojas, testa y almendra en cultivares de *Theobroma cacao*”, *Cienc. UNEMI*, vol. 14, n.o 37, pp. 73-80, sep. 2021, doi: 10.29076/issn.2528-7737vol14iss37.2021pp73-80p.
- [15] Ministerio de Agricultura y Ganadería “Agricultura, la base de la economía y la alimentación”. 2019 [En línea]. Disponible en: <https://www.agricultura.gob.ec/agricultura-la-base-de-la-economia-y-la-alimentacion/>
- [16] FAO, “Ecuador en una mirada”, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2015. [En línea]. Disponible en: <https://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/>
- [17] D. Argüello, E. Chavez, F. Lauryssen, R. Vanderschueren, E. Smolders, y D. Montalvo, “Soil properties and agronomic factors affecting cadmium concentrations in cacao beans: A nationwide survey in Ecuador”, *Sci. Total Environ.*, vol. 649, pp. 120-127, feb. 2019, doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.08.292.
- [18] OIT, *Objetivos de desarrollo sostenible: manual de referencia sindical sobre la agenda 2030 para el desarrollo sostenible*. Ginebra, 2017.
- [19] Ministerio de Agricultura y Ganadería, “Política y Plan Nacional Agropecuario 2020-2030”. 2021. [En línea]. Disponible en: <https://www.rimisp.org/wp-content/uploads/2021/04/Plan-Nacional-Agropecuario-MAG-2021.pdf>

- [20] FAO and ITPS, *Status of the world's soil resources: main report*. Rome: FAO : ITPS, 2015.
- [21] X. Yan, M. Liu, J. Zhong, J. Guo, y W. Wu, “How Human Activities Affect Heavy Metal Contamination of Soil and Sediment in a Long-Term Reclaimed Area of the Liaohe River Delta, North China”, *Sustainability*, vol. 10, n.o 2, p. 338, ene. 2018, doi: 10.3390/su10020338.
- [22] E. Gutiérrez, E. Chávez, K. H. H. Gamage, D. Argüello, M. B. Galkaduwa, y G. M. Hettiarachchi, “Cadmium fractionation in soils affected by organic matter application: Transfer of cadmium to cacao (*Theobroma cacao L.*) tissues”, *Front. Environ. Sci.*, vol. 10, p. 954521, sep. 2022, doi: 10.3389/fenvs.2022.954521.
- [23] U. Zulfikar et al., “Cadmium Phytotoxicity, Tolerance, and Advanced Remediation Approaches in Agricultural Soils; A Comprehensive Review”, *Front. Plant Sci.*, vol. 13, p. 773815, mar. 2022, doi: 10.3389/fpls.2022.773815.
- [24] P. A. Zúñiga López, “Fitorremediación de suelo agrícola contaminado con cadmio con la especie *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms, en la cuenca baja del Rio Guayas”, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, 2020. [En línea]. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/48750/1/Tesis\\_final\\_Paul\\_Zu%c3%bliga.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/48750/1/Tesis_final_Paul_Zu%c3%bliga.pdf)
- [25] Agrocalidad, “Manual Técnico para el registro y control de fertilizantes, enmiendas de suelo y productos afines de uso agrícola”. 21 de febrero de 2020. [En línea]. Disponible en: <https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/ac6.pdf>
- [26] Ministerio del Ambiente, “Acuerdo: 083-B Refórmese el Libro IX del Texto Unificado de Legislación Secundaria, 097-A Refórmese el Texto Unificado de Legislación Secundaria y 140 Expídese el Marco Institucional para Incentivos Ambientales”, 2015, [En línea]. Disponible en: [https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento\\_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015\\_0.pdf](https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf)
- [27] Comisión Europea, “REGLAMENTO (UE) No 488/2014 DE LA COMISIÓN de 12 de mayo de 2014 que modifica el Reglamento (CE) no 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios”. 13 de mayo de 2014. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/doue/2014/138/L00075-00079.pdf>

- [28] S. H. Awa y T. Hadibarata, “Removal of Heavy Metals in Contaminated Soil by Phytoremediation Mechanism: a Review”, *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 231, n.o 2, p. 47, feb. 2020, doi: 10.1007/s11270-020-4426-0.
- [29] M. Lin, S. Ma, J. Liu, X. Jiang, y D. Dai, “Remediation of Arsenic and Cadmium Co-Contaminated Soil: A Review”, *Sustainability*, vol. 16, n.o 2, p. 687, ene. 2024, doi: 10.3390/su16020687.
- [30] V. Shah y A. Daverey, “Phytoremediation: A multidisciplinary approach to clean up heavy metal contaminated soil”, *Environ. Technol. Innov.*, vol. 18, p. 100774, may 2020, doi: 10.1016/j.eti.2020.100774.
- [31] M. Laghlimi, B. Baghdad, H. E. Hadi, y A. Bouabdli, “Phytoremediation Mechanisms of Heavy Metal Contaminated Soils: A Review”, *Open J. Ecol.*, vol. 05, n.o 08, pp. 375-388, 2015, doi: 10.4236/oje.2015.58031.
- [32] R. Hu et al., “Intercropping with hyperaccumulator plants decreases the cadmium accumulation in grape seedlings”, *Acta Agric. Scand. Sect. B — Soil Plant Sci.*, vol. 69, n.o 4, pp. 304-310, may 2019, doi: 10.1080/09064710.2018.1564786.
- [33] Y. Gao, C. Miao, L. Mao, P. Zhou, Z. Jin, y W. Shi, “Improvement of phytoextraction and antioxidative defense in *Solanum nigrum L.* under cadmium stress by application of cadmium-resistant strain and citric acid”, *J. Hazard. Mater.*, vol. 181, n.o 1-3, pp. 771-777, sep. 2010, doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.05.080.
- [34] P. Shi, K. Zhu, Y. Zhang, y T. Chai, “Growth and Cadmium Accumulation of *Solanum nigrum L.* Seedling were Enhanced by Heavy Metal-Tolerant Strains of *Pseudomonas aeruginosa*”, *Water. Air. Soil Pollut.*, vol. 227, n.o 12, p. 459, dic. 2016, doi: 10.1007/s11270-016-3167-6.
- [35] N. A. Zin y N. A. Badaluddin, “Biological functions of *Trichoderma spp.* for agriculture applications”, *Ann. Agric. Sci.*, vol. 65, n.o 2, pp. 168-178, dic. 2020, doi: 10.1016/j.aos.2020.09.003.
- [36] J. A. Cuenca Sedamanos, J. N. Quevedo Guerrero, I. G. Tuz Guncay, y J. E. Chabla Carillo, “*Trichoderma spp.*: Propagación, dosificación y aplicación en el cultivo de maíz (*Zea mays L.*)”, *Cienc. Agric.*, vol. 19, n.o 3, dic. 2022, doi: 10.19053/01228420.v19.n3.2022.14692.
- [37] R. Ramirez Pisco, D. Giraldo Jiménez, y D. Barrera Cruz, “Fitoextracción de cadmio con hierba mora (*Solanum nigrum L.*) en suelos cultivados con cacao (*Theobroma cacao L.*)”, *Acta Agronómica*, vol. 67, n.o 3, pp. 420-424, jul. 2018, doi: 10.15446/acag.v67n3.68536.

- [38] H. G. Ortiz-Cano, R. Trejo-Calzada, R. D. Valdez-Cepeda, J. G. Arreola-Ávila, A. Flores-Hernández, y B. López-Ariza, “Phytoextraction of lead and cadmium in contaminated soils using Pigweed (*Amaranthus hybridus* L.) and Mycorrhiza”, *Rev. Chapingo Ser. Hortic.*, vol. XV, n.o 2, pp. 161-168, ago. 2009, doi: 10.5154/r.rchsh.2009.15.022.
- [39] Microtech, “Hoja técnica FT-TRICHOPLUS”. Quito, 2019, [En línea]. Disponible en: <https://www.microtech.bio/wp-content/uploads/2019/08/AGR-TRICHOPLUS.pdf>
- [40] Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar “El cultivo de tomate riñón en invernadero (*lycopersicon esculentum*).pdf”. Quito, 2003, [En línea]. Disponible en: [https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1366&context=abya\\_yala](https://digitalrepository.unm.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1366&context=abya_yala)
- [41] R. Kama et al., “Hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. Intercropping Reduced Rice Cadmium Uptake under a High-Bed and Low-Ditch Planting System”, *Plants*, vol. 12, n.o 23, p. 4027, nov. 2023, doi: 10.3390/plants12234027.
- [42] H. Dahmani-Muller, F. Van Oort, B. Gélie, y M. Balabane, “Strategies of heavy metal uptake by three plant species growing near a metal smelter”, *Environ. Pollut.*, vol. 109, n.o 2, pp. 231-238, ago. 2000, doi: 10.1016/S0269-7491(99)00262-6.
- [43] R. Liao y J. Zhu, “Effects of *Solanum spp.* Straw on Cadmium Accumulation of *Solanum diphyllum*”, *Pol. J. Environ. Stud.*, vol. 31, n.o 5, pp. 4189-4196, sep. 2022, doi: 10.15244/pjoes/147822.
- [44] S. Wei, Q. Zhou, y P. V. Koval, “Flowering stage characteristics of cadmium hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. and their significance to phytoremediation”, *Sci. Total Environ.*, vol. 369, n.o 1-3, pp. 441-446, oct. 2006, doi: 10.1016/j.scitotenv.2006.06.014.
- [45] K. Huang et al., “Effects of intercropping with different *Solanum* plants on the physiological characteristics and cadmium accumulation of *Solanum nigrum*”, *Int. J. Environ. Anal. Chem.*, vol. 101, n.o 15, pp. 2835-2847, dic. 2021, doi: 10.1080/03067319.2020.1711898.
- [46] N. Syam, Hidrawati, St. Sabahannur, y A. Nurdin, “Effects of *Trichoderma* and Foliar Fertilizer on the Vegetative Growth of Black Pepper (*Piper nigrum* L.) Seedlings”, *Int. J. Agron.*, vol. 2021, pp. 1-9, jul. 2021, doi: 10.1155/2021/9953239.

- [47] R. Sun, Q. Zhou, y C. Jin, “Cadmium accumulation in relation to organic acids in leaves of *Solanum nigrum L.* as a newly found cadmium hyperaccumulator”, *Plant Soil*, vol. 285, n.o 1-2, pp. 125-134, sep. 2006, doi: 10.1007/s11104-006-0064-6.
- [48] P. Jali, C. Pradhan, y A. B. Das, “Effects of Cadmium Toxicity in Plants: A Review Article”, 2016, doi: 10.36347/sajb.2016.v04i12.003.
- [49] A. H. A. Abeed y F. M. Salama, “Attenuating Effect of an Extract of Cd-Hyperaccumulator *Solanum nigrum* on the Growth and Physio-chemical Changes of *Datura innoxia* Under Cd Stress”, *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, vol. 22, n.o 4, pp. 4868-4882, dic. 2022, doi: 10.1007/s42729-022-00966-x

**ANEXOS***Anexo A. Contaminación del suelo con Cd en laboratorio*

## Anexo B. Resultados del Análisis del suelo



**INFORME DE ENSAYO**  
**No. SU-0031-2023**  
**ANÁLISIS DE CALIDAD DE SUELOS**

DATOS DEL CLIENTE		DATOS DE LA MUESTRA	
<b>Razón Social<sup>(a)</sup>:</b>	YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER	<b>Descripción<sup>(a)</sup>:</b>	YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER
<b>Representante Legal<sup>(a)</sup>:</b>	YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER	<b>Tipo de Muestra<sup>(a)</sup>:</b>	Suelo
<b>Dirección<sup>(a)</sup>:</b>	17 Ava Sur/Nueve de Mayo, Machala, El Oro	<b>Punto de Muestreo<sup>(b)</sup>:</b>	Suelo Cacaotero
<b>Teléfono<sup>(a)</sup>:</b>	0980691494	<b>Código de Muestra:</b>	AG-1592023
<b>Pers. Contacto<sup>(a)</sup>:</b>	Sr. Ronald Yaguana	<b>Tipo de muestreo:</b>	Simple
<b>Orden de Trabajo:</b>	OT-AG-0126-2023	<b>Tomada por:</b>	Cliente
FECHA DE EJECUCIÓN		CONDICIONES AMBIENTALES	
<b>Recepción de Muestra:</b>	25/8/2023 Hora: 12:30	<b>Tempe. de Recepción:</b>	---
<b>F.Toma muestra/Hora:</b>	---	<b>Temperatura:</b>	---
<b>Ejecución de ensayos:</b>	25/8/2023 al 7/9/2023	<b>Humedad Relativa:</b>	---
<b>F.Emisión del Informe:</b>	7/9/2023	<b>Coordenadas:</b>	--- UTM WGS84
<b>Metodología de Toma de Muestra:</b>	---		
<b>Normativa de Calidad (LMP)<sup>(a)</sup>:</b>	---		

TABLA DE RESULTADOS					
Parámetros	Unidades	Resultados	Incertidumbre (K=2)	Criterio de Calidad	Método de Referencia
2 Cadmio	mg/kg	17,8783	± 3,7133	---	PEE-GQM-FQ-33

**NOTAS:**

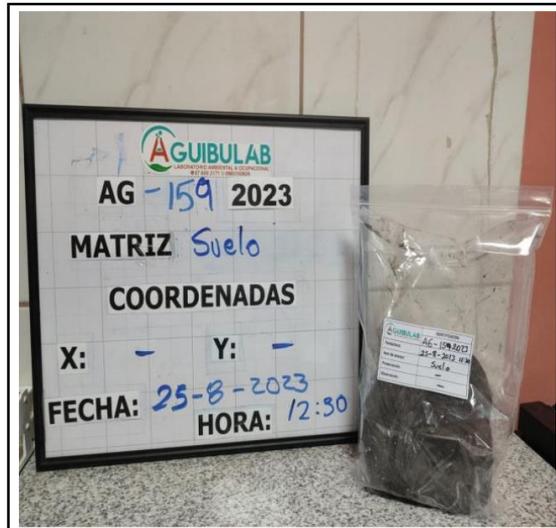
- S.M. Corresponde al método de referencia Standard Methods.
- PE Corresponde al método interno Procedimiento de Ensayo.
- Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
- No se debe reproducir el informe parcial o en su totalidad sin la aprobación escrita del Laboratorio.
- Sin marcación. Parámetro incluido en el alcance de acreditación del laboratorio ante el SAE.
- 1 Parámetro no está incluido en el alcance de acreditación del laboratorio ante el SAE.
- 2 Parámetro subcontratado CON acreditación, evaluación de competencia en base PG-AG-05, Capítulo 5.6
- Resultado emitido por el Laboratorio GRUQUIMAR con código de Acreditación SAE LEN 05-001
- 3 Parámetro subcontratado SIN acreditación, evaluación de competencia en base PG-AG-05, Capítulo 5.6
- 4 Parámetro acreditado cuyo resultado esta fuera del alcance de acreditación del laboratorio ante el SAE, evaluación de competencia en base PG-AG-05, Capítulo 5.6
- 5 Parámetro subcontratado CON acreditación cuyo resultado esta fuera del alcance de acreditación del laboratorio ante el SAE, evaluación de competencia en base PG-AG-05, Capítulo 5.6
- a AGUIBULAB S.A., no se responsabiliza de la información que ha sido proporcionada por el cliente, y que pueda afectar directa o indirectamente a las validez de los resultados del presente informe.
- b La información designada para puntos de toma de muestra es proporcionada directamente por el cliente.
- La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de medida por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %.

**INFORME DE ENSAYO**  
**No. SU-0031-2023**  
**ANÁLISIS DE CALIDAD DE SUELOS**

**EVIDENCIA DE TOMA/RECEPCIÓN DE MUESTRA**

<b>Tipo de Muestra<sup>(a)</sup>:</b>	Suelo	
<b>Descripción<sup>(a)</sup>:</b>	YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER	
<b>Código de muestra:</b>	AG-1592023	
<b>Punto de Muestreo<sup>(b)</sup>:</b>	Suelo Cacaotero	
<b>Tipo de muestreo:</b>	Simple	
<b>Tomada por:</b>	Cliente	
<b>Recepción de Muestra:</b>	25/8/2023	12:30
<b>F.Toma muestra/Hora:</b>	---	---
<b>Coordenadas:</b>	UTM WGS84 ---	
<b>Normativa de Calidad (LMP)<sup>(a)</sup>:</b>	---	

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**



**AUTORIZACIÓN DE INFORME DE ENSAYO**

**Fecha de Emisión:** jueves, 7 de septiembre de 2023

**Firmado electrónicamente por:**

Alexander Aguilar Torres  
**Gerente Técnico**



**INFORME DE ENSAYO**  
**No. SU-0002-2024**  
**ANÁLISIS DE CALIDAD DE SUELOS**

DATOS DEL CLIENTE		DATOS DE LA MUESTRA	
<b>Razón Social<sup>(a)</sup>:</b>	YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER	<b>Descripción<sup>(a)</sup>:</b>	YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER
<b>Representante Legal<sup>(a)</sup>:</b>	YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER	<b>Tipo de Muestra<sup>(a)</sup>:</b>	Suelo
<b>Dirección<sup>(a)</sup>:</b>	17va Sur, Parroquia 9 de Mayo, Machala, El Oro	<b>Punto de Muestreo<sup>(b)</sup>:</b>	Tratamiento de Masetas
<b>Teléfono<sup>(a)</sup>:</b>	0980691494	<b>Código de Muestra:</b>	AG-00072024
<b>Pers. Contacto<sup>(a)</sup>:</b>	Yaguana Eras Ronald Alexander	<b>Tipo de muestreo:</b>	Simple
<b>Orden de Trabajo:</b>	OT-AG-0004-2024	<b>Tomada por:</b>	Cliente

FECHA DE EJECUCIÓN		CONDICIONES AMBIENTALES	
<b>F. Recepción M. / Hora:</b>	17/1/2024 12:30	<b>Tempe. de Recepción:</b>	Temp. Ambiente
<b>F.Toma muestra/Hora:</b>	17/1/2024 11:30	<b>Temperatura:</b>	---
<b>F. Ejecución de ensayos:</b>	18/01/2024 al 31/1/2024	<b>Humedad Relativa:</b>	---
<b>F.Emisión del Informe:</b>	1/2/2024	<b>Coordenadas:</b>	--- UTM WGS84

<b>Metodología de Toma de Muestra:</b>	---
<b>Normativa de Calidad (LMP)<sup>(a)</sup>:</b>	---

TABLA DE RESULTADOS						
	Parámetros	Unidades	Resultados	Incertidumbre (K=2)	Limite Permisible	Método de Referencia
2	Cadmio	mg/kg	5,5572	± 1,1542	---	PEE-GQM-FQ-33

**NOTAS:**

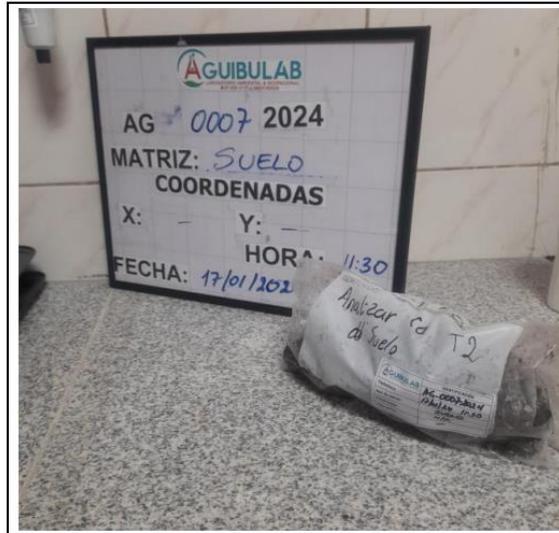
- S.M. Corresponde al método de referencia Standard Methods.
- PE Corresponde al método interno Procedimiento de Ensayo.
- Los resultados emitidos en este informe, corresponden únicamente a la(s) muestra(s) sometidas al ensayo.
- No se debe reproducir el informe parcial o en su totalidad sin la aprobación escrita del Laboratorio.
- Sin marcación. Parámetro incluido en el alcance de acreditación del laboratorio ante el SAE.
- <sup>1</sup> Parámetro no está incluido en el alcance de acreditación del laboratorio ante el SAE.
- <sup>2</sup> Parámetro subcontratado CON acreditación, evaluación de competencia en base PG-AG-05, Capítulo 5.6
- Resultado emitido por el Laboratorio GRUQUIMAR con código de Acreditación SAE LEN 05-001
- <sup>3</sup> Parámetro subcontratado SIN acreditación, evaluación de competencia en base PG-AG-05, Capítulo 5.6
- <sup>4</sup> Parámetro acreditado interno cuyo resultado esta fuera del alcance de acreditación del laboratorio ante el SAE, evaluación de competencia en base PG-AG-05, Capítulo 5.6
- <sup>5</sup> Parámetro subcontratado CON acreditación cuyo resultado esta fuera del alcance de acreditación del laboratorio ante el SAE, evaluación de competencia en base PG-AG-05, Capítulo 5.6
- <sup>a</sup> AGUIBULAB S.A., no se responsabiliza de la información que ha sido proporcionada por el cliente, y que pueda afectar directa o indirectamente a las validez de los resultados del presente informe.
- <sup>b</sup> La información designada para puntos de toma de muestra es proporcionada directamente por el cliente.
- <sup>\*</sup> La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de medida por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95 %.

**INFORME DE ENSAYO**  
**No. SU-0002-2024**  
**ANÁLISIS DE CALIDAD DE SUELOS**

**EVIDENCIA DE TOMA/RECEPCIÓN DE MUESTRA**

<b>Tipo de Muestra<sup>(a)</sup>:</b>	Suelo	
<b>Descripción<sup>(a)</sup>:</b>	YAGUANA ERAS RONALD ALEXANDER	
<b>Código de muestra:</b>	AG-00072024	
<b>Punto de Muestreo<sup>(b)</sup>:</b>	Tratamiento de Masetas	
<b>Tipo de muestreo:</b>	Simple	
<b>Tomada por:</b>	Cliente	
<b>F. Recepción M. / Hora:</b>	17/1/2024	12:30
<b>F.Toma muestra/Hora:</b>	17/1/2024	11:30
<b>Coordenadas:</b>	---	
<b>Normativa de Calidad (LMP)<sup>(a)</sup>:</b>	---	

**REGISTRO FOTOGRÁFICO**



**AUTORIZACIÓN DE INFORME DE ENSAYO**

**Fecha de Autorización:** jueves, 1 de febrero de 2024

Firmado electrónicamente por:

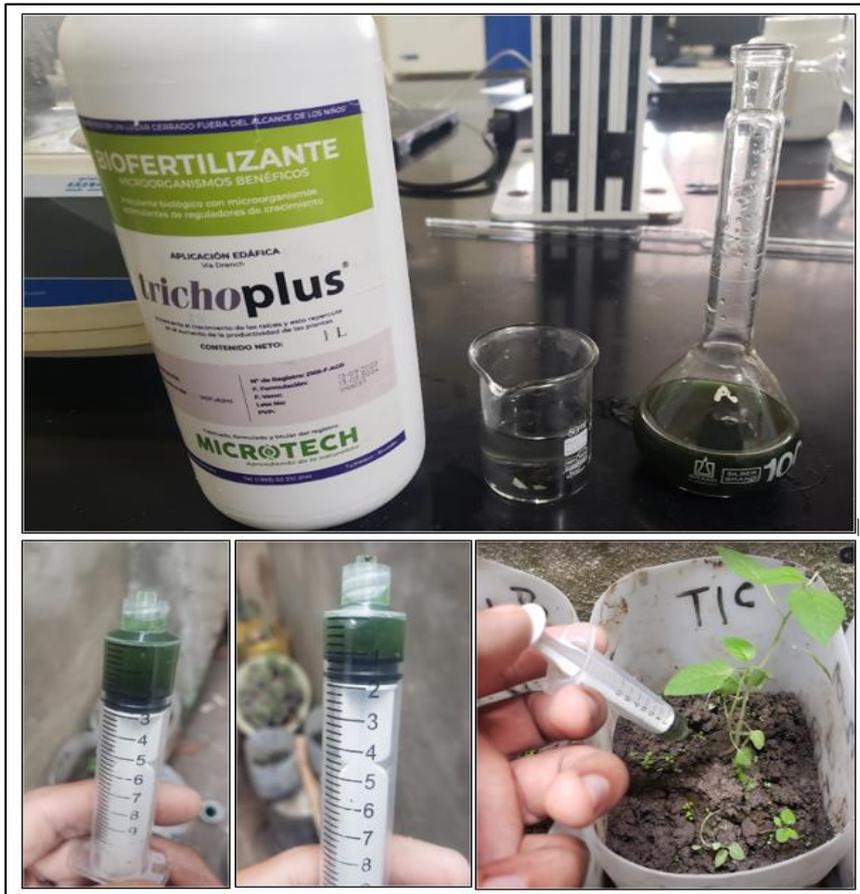
Alexander Aguilar Torres  
**Gerente Técnico**

Callejón 23 de abril e/ 13ava y 14ava norte. Cdla. Alborada 2  
 Teléfono: +593 (7) 6002171 - 0983192629  
 Machala - El Oro - Ecuador

Anexo C. *Transplante de plantulas de Solanum nigrum L. a suelos contaminados con cd*



Anexo D. *Preparación y aplicación de Trichoderma spp -Bioestimulante*



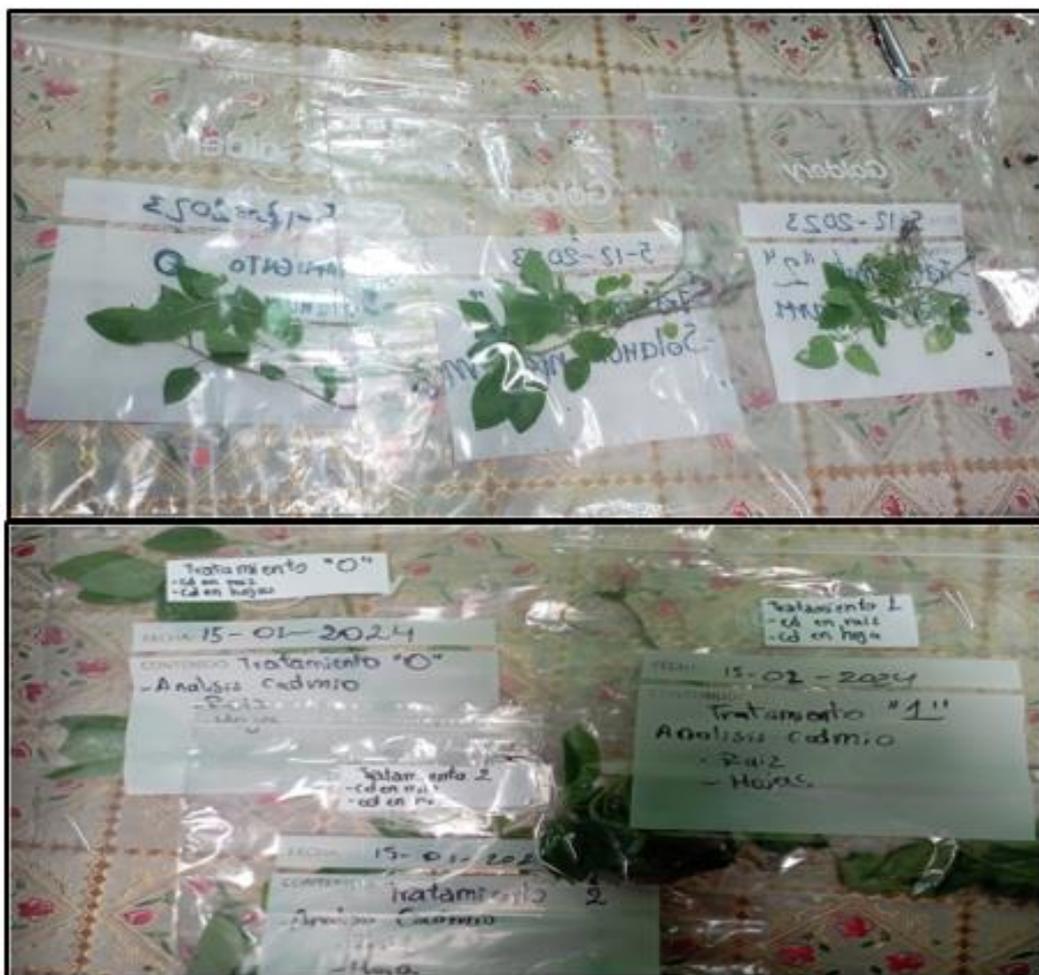
Anexo E. *Control y crecimiento de Solanum nigrum L.*



*Anexo F. Preparación de muestras (raíz y hojas) para analizar a los 75 y 125 días*



Anexo G. Muestras de raíz y hojas etiquetadas y listas para enviar a analizar.



## Anexo H. Resultados de los Análisis de Cd a los 75 días en hojas y raíces.



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56023-56028  
Muestra AAALab No. 56028  
Página 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS No. 56028**

1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS			TELEFONO:	072794879	
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO			ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS	
2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE		
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	05/12/2023		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	TRATAMIENTO O SOLAHUM MIGRUM - HOJA		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	07/12/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	21/12/2023 al 21/12/2023		
3.-RESULTADOS						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.		mg/Kg	2,90	25,3%
AA (Acreditaciones):				NOTAS		
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.		
(*)Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.						
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.						
4.-OBSERVACIONES			<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 21/12/2023			



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

**Matriz:** La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aalab.com.ec

**Sucursal:** Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56023-56028  
Muestra AALab No. 56027  
Página 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS No. 56027**

**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS	TELEFONO:	072794879
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO	ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS

<b>2.-INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	05/12/2023
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	TRATAMIENTO 0 SOLAHUM MIGRUM - RAIZ		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	07/12/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	21/12/2023 al 21/12/2023

**3.-RESULTADOS**

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.	mg/Kg	1,34	25,3%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*)Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

**4.-OBSERVACIONES**

**INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:**  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
  
Quito, 21/12/2023



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

**Matriz:** La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durerro, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

**Sucursal:** Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56023-56028  
Muestra AAALab No. 56024  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 56024

1.- DATOS GENERALES			
CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS	TELEFONO:	072794879
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO	ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	05/12/2023
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	TRATAMIENTO 1 SOLAHUM MIGRUM - HOJA		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	07/12/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	21/12/2023 al 21/12/2023

3.-RESULTADOS					
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.	mg/Kg	3,02	25,3%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*)Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

4.-OBSERVACIONES	<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.  Quito, 21/12/2023	
------------------	--	--



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56023-56028  
Muestra AAALab No. 56023  
Página 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS No. 56023**

1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS			TELEFONO:	072794879	
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO			ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS	
<b>2.-INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE		
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	05/12/2023		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	TRATAMIENTO 1 SOLAHUM MIGRUM - RAIZ		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	07/12/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	21/12/2023 al 21/12/2023		
3.-RESULTADOS						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.		mg/Kg	2,13	25,3%
AA (Acreditaciones):				NOTAS		
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.		
(*)Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.						
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.						
4.-OBSERVACIONES			<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.  Quito, 21/12/2023			



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56023-56028  
Muestra AAALab No. 56026  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 56026

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS	TELEFONO:	072794879
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO	ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS

<b>2.-INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	05/12/2023
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	TRATAMIENTO 2 SOLAHUM MIGRUM - HOJA		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	07/12/2023	PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	21/12/2023 al 21/12/2023	

#### 3.-RESULTADOS

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.	mg/Kg	4,18	25,3%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*)Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

#### 4.-OBSERVACIONES

**INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:**  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
Quito, 21/12/2023



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

**Matriz:** La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

**Sucursal:** Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56023-56028  
Muestra AAALab No. 56025  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 56025

1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS			TELEFONO:	072794879	
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO			ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS	
2.-INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	NO DISPONIBLE	
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	05/12/2023		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	TRATAMIENTO 2 SOLAHUM MIGRUM - RAIZ		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	07/12/2023		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	21/12/2023 al 21/12/2023		
3.-RESULTADOS						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.		mg/Kg	4,28	25,3%
AA (Acreditaciones):				NOTAS		
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.		
(*)Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.						
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.						
4.-OBSERVACIONES			<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 21/12/2023			

## Análisis de cadmio 125 días

ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56777-56782  
Muestra AAALab No. 56778  
Página 1 de 1

## INFORME DE RESULTADOS No. 56778

## 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS	TELEFONO:	072794879
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO	ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS

2.-INFORMACION DE LA MUESTRA	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TRATAMIENTO 0
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	15/01/2024
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	HOJAS		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	16/01/2024		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	16/01/2024 al 29/01/2024

## 3.-RESULTADOS

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.	mg/Kg	7,84	25,3%

## AA (Acreditaciones):

## NOTAS

1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

## 4.-OBSERVACIONES

INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
Quito, 29/01/2024



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

**Matriz:** La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aalab.com.ec

**Sucursal:** Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56777-56782  
Muestra AAALab No. 56777  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 56777

#### 1.- DATOS GENERALES

CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS	TELEFONO:	072794879
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO	ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS

<b>2.-INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TRATAMIENTO 0
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	15/01/2024
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	RAIZ		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	16/01/2024		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	16/01/2024 al 29/01/2024

#### 3.-RESULTADOS

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.	mg/Kg	11,08	7,7%

AA (Acreditaciones):	NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones. *Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones. **INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados. Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

#### 4.-OBSERVACIONES

**INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:**  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
Quito, 29/01/2024



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

**Matriz:** La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durerro, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

**Sucursal:** Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56777-56782  
Muestra AAALab No. 56780  
Página 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS No. 56780**

**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS	TELEFONO:	072794879
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO	ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS

<b>2.-INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TRATAMIENTO 1
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	15/01/2024
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	HOJAS		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	16/01/2024		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	16/01/2024 al 31/01/2024

**3.-RESULTADOS**

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.	mg/Kg	22,77	7,7%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*)Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

<b>4.-OBSERVACIONES</b>	<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.  Quito, 31/01/2024	
-------------------------	--	--



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

**Matriz:** La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

**Sucursal:** Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56777-56782  
Muestra AAALab No. 56779  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 56779

1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS			TELEFONO:	072794879	
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO			ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS	
2.- INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TRATAMIENTO 1	
TIPO DE MUESTRA:	OTRO			FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	15/01/2024	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	RAIZ			RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE	
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	16/01/2024			PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	16/01/2024 al 29/01/2024	
3.- RESULTADOS						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.		mg/Kg	12,02	7,7%
AA (Acreditaciones):				NOTAS		
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.		
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.						
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.						
4.- OBSERVACIONES			<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA.  Quito, 29/01/2024			



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

## ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS ANAVANLAB CIA. LTDA.

**Matriz:** La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

**Sucursal:** Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56777-56782  
Muestra AAALab No. 56782  
Página 1 de 1

### INFORME DE RESULTADOS No. 56782

1.- DATOS GENERALES						
CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS			TELEFONO:	072794879	
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO			ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS	
2.-INFORMACION DE LA MUESTRA		INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TRATAMIENTO 2	
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	15/01/2024		
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	HOJAS		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE		
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	16/01/2024		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	16/01/2024 al 29/01/2024		
3.-RESULTADOS						
AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO		UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.		mg/Kg	6,17	25,3%
AA (Acreditaciones):				NOTAS		
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.		2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.		*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.		
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.		4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.		**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.		
(*)Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.		ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.		Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001		
El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.						
Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.						
4.-OBSERVACIONES			<b>INFORME REVISADO Y AUTORIZADO POR:</b> Lcda. Alejandra Hidalgo Gerente Técnica ANAVANLAB CIA. LTDA. Quito, 29/01/2024			



Laboratorio de ensayo  
acreditado por el SAE con  
acreditación N° SAE LEN 13-006

ANALITICA AVANZADA - ASESORIA Y LABORATORIOS  
ANAVANLAB CIA. LTDA.

Matriz: La Primavera I, Leonardo da Vinci S6-236 y Alberto Durero, Cumbaya.  
Contactos: 3550852 / 5143303 / servicioalcliente@aaalab.com.ec

Sucursal: Avenida 9 de Octubre y Miguel Gamboa esquina, El Coca

Orden No. 56777-56782  
Muestra AAALab No. 56781  
Página 1 de 1

**INFORME DE RESULTADOS No. 56781**

**1.- DATOS GENERALES**

CLIENTE:	RONALD ALEXANDER YAGUANA ERAS	TELEFONO:	072794879
DIRECCION:	CDLA.NUEVO PILO MACHALA - EL ORO	ATENCION A:	RONALD YAGUANA ERAS

<b>2.-INFORMACION DE LA MUESTRA</b>	INTEGRIDAD DE LA MUESTRA:	CUMPLE	LUGAR DE TOMA DE MUESTRA:	TRATAMIENTO 2
TIPO DE MUESTRA:	OTRO		FECHA DE TOMA DE MUESTRA:	15/01/2024
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA:	RAIZ		RESPONSABLE DE TOMA DE MUESTRA:	CLIENTE
FECHA DE RECEPCION MUESTRA:	16/01/2024		PERIODO DE REALIZACION DE ANALISIS:	16/01/2024 al 29/01/2024

**3.-RESULTADOS**

AA	PARAMETRO	METODO ANALITICO	UNIDADES	RESULTADO	+/- % U**
(*)	CADMIO	AAA-PE-S016/ EPA 6020B/ EPA 3051.	mg/Kg	14,07	7,7%

AA (Acreditaciones):		NOTAS
1: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Matriz Quito.	2: Ensayos subcontratados acreditados. Ver observaciones.	*Interpretaciones fuera del alcance de acreditación SAE.
3: Ensayos dentro del alcance de acreditación N° SAE LEN 13-006 realizados en Sucursal Coca.	4: Ensayos subcontratados no acreditados. Ver observaciones.	**INCERTIDUMBRE (U%): Los valores se han estimado con k=2, nivel de confianza 95,45%.
(*) Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el Alcance de Acreditación SAE.	ANAVANLAB asume la responsabilidad por los análisis subcontratados.	Procedimiento de Toma de muestra utilizado por ANAVANLAB: AAA-PI-A003 / AAA-PI-S001

El presente informe solo afecta a la muestra analizada. Si el cliente suministró la muestra, su información y sus resultados aplican a la muestra como se recibió.

Este informe es de propiedad del cliente y se considera de carácter privado y confidencial. Los datos suministrados por el cliente se detallan en el apartado de Datos Generales, y en el de identificación de la muestra cuando aplique.

**4.-OBSERVACIONES**

**INFORME REVISADO  
Y AUTORIZADO POR:**  
Lcda. Alejandra Hidalgo  
Gerente Técnica  
ANAVANLAB CIA. LTDA.  
Quito, 29/01/2024

*Anexo I. Observación microscópica de raíces a los 75 y 125 días.*

