

República Dominicana
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
“Sembrando el oro para forjar el futuro”



Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales
Escuela de Agronomía

**Trabajo de Grado para Optar por el Título de Ingeniero Agrónomo, Mención
Producción Agrícola**

TÍTULO:
**DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELO, AGUA Y MATERIAL
VEGETAL MUESTREADOS EN INVERNADEROS EN EL VALLE DE
CONSTANZA**

Sustentantes:
Laura Cristina Jaquez Núñez
Rosaura Matilde Salas Ferreira

Asesora:
Dra. Glenny López Rodríguez

Provincia Sánchez Ramírez
Año Académico, 2023

TÍTULO:
DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELO, AGUA Y MATERIAL
VEGETAL MUESTREADOS EN INVERNADEROS EN EL VALLE DE
CONSTANZA

Hoja de Evaluación

DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELO, AGUA Y MATERIAL VEGETAL MUESTREADOS EN INVERNADEROS EN EL VALLE DE CONSTANZA

Por:

Laura Cristina Jáquez Núñez

Rosaura Matilde Salas Ferreira

Trabajo de Grado sometido a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO).
Como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, mención Producción Agrícola.

Dra. Glenny López Rodríguez

Profesor asesor

Alejandro María Núñez

Miembro de Comité Evaluador

Bélgica Lázala Calderón

Miembro de Comité Evaluador

Sigfredo Arnaldo Rodríguez

Miembro de Comité Evaluador

Lic. Sigfredo A. Rodríguez González

Director Escuela de Agropecuaria

Ing. Juan Antonio Graciano Domínguez

Decano de la Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales

Calificación: _____

Cotuí, provincia Sánchez Ramírez, República Dominicana

Julio 2023

Declaración de Autoría

Los conceptos emitidos en la presente propuesta de investigación titulada **“DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELO, AGUA Y MATERIAL VEGETAL MUESTREADOS EN INVERNADEROS EN EL VALLE DE CONSTANZA”**, son responsabilidad de los sustentantes de la misma. Las citas y consultas bibliográficas se han realizado respetando el derecho de autor; por tanto, se libera a la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) de su responsabilidad, sin embargo, para la reproducción total o parcial se requiere de su autorización.

Sustentantes:

Laura Cristina Jáquez Núñez

Rosaura Matilde Salas Ferreira

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
HOJA DE EVALUACIÓN.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORIA.....	III
ÍNDICE DE CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
AGRADECIMIENTOS.....	7
DEDICATORIAS.....	9
RESUMEN.....	13
CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO.....	14
1.1. Introducción	14
1.2. Planteamiento del problema.....	16
1.3. Justificación	18
1.4. Objetivos	20
1.4.1. Objetivo General	20
1.4.2. Objetivos Específicos.....	20
1.5. Definición de términos.....	21
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes	23
2.2. Metales pesados: origen y distribución.....	26
2.3. Contaminación por metales pesados	27
2.4. Metales pesados derivados de la agricultura.....	27
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	29
3.1. Área de estudio	29
3.2. Delimitación temporal	30
3.3. Enfoque, diseño y tipo de investigación	30
3.4. Limitaciones.....	30
3.5. Procesos de trabajo de campo	31
3.5.1. Muestreo de suelos: procedimiento y protocolo	31
3.5.2. Análisis físico-químico del suelo	32
3.5.3. Muestreo de agua de riego	32
3.5.4. Análisis de calidad de agua	33

3.5.5. Muestreo de material vegetal.	33
3.6. Análisis de la información y procesamiento de los datos	33
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Descripción	Pág.
Figura 1.	Área de estudio, municipio de Constanza, provincia La Vega, República Dominicana (Fuente: recursos Google).	29
Figura 2.	Barreno Edelman que será utilizado en los muestreos de suelos (Fuente imagen: Recursos Google: https://www.amp-sas.net/portfolio-items/barreno-para-suelos-combinados-extensible/).	31

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Nuestro señor todo poderoso que todo lo puede y lo hace, por darnos la vida, fortaleza, sabiduría e inteligencia para lograr la meta.

A la **Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO)**, por estar siempre al servicio de la educación superior de la región y por formar jóvenes talentosos en la carrera de Agronomía, a través de la Escuela de Agropecuaria.

Al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), por brindarnos siempre apoyo y todas las herramientas posibles para que esta tesis se lograra.

Al Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCYT), a través del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT), por el financiamiento de la tesis a través del proyecto: IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022: “Mejoramiento de la calidad e inocuidad de los vegetales del Valle de Constanza, a través de estrategias para la remediación de suelos contaminados con metales pesados”.

A los investigadores del proyecto: **Dra. Glenny López**, Investigadora Principal del proyecto “Mejoramiento de la Calidad e Inocuidad de los Vegetales del Valle de Constanza, a través de Estrategias para la Remediación de Suelos Contaminados con Metales Pesados (FONDOCYT 2020-2021-2D5-022)”. Al **Ing. Isidro Almonte**, **Dr. Pedro Núñez** y **Dra. Carmen Vargas** colaboradores del proyecto.

A los productores y dueños de los distintos invernaderos, del valle de Constanza, por permitir el acceso para la toma de muestras.

A los maestros y maestras de UTECO:

Por brindarnos los conocimientos que nos servirán de guía para ser profesionales, críticos, autocríticos y democráticos capaces de servirle a la sociedad con calidad.

A nuestra asesora:

Dra. Glenny López Rodríguez, por guiarnos en la realización de esta investigación.

Los sustentantes:

DEDICATORIAS

A Dios:

Por bendecirme, por nunca dejarme caer, por darme la fuerza para continuar, y por ayudarme a nunca perder la fe a pesar de las adversidades.

A mi madre Aura Mercedes Núñez Reyes

Te admiro por ser un humano que a pesar de las adversidades sigues de pie luchando y dando lo mejor de ti, gracias por tu amor incondicional, por tu paciencia por tu comprensión, por no dejar que me derrumbara, por enseñarme a ser valiente, por darme la vida, y también valores. Por ser mi maestra, mi guía, mi motor y mi todo.

A mi padre Domingo Jaquez Sánchez

Por haberme dado su apoyo incondicional durante todo este proceso, por formar parte de mi vida durante todos estos años y por ser esa razón el más grande aliciente para el cumplimiento de mis objetivos que significan alegría y orgullo tanto para mí y también para ti.

A mi hermana Sonia Cristina Jaquez Núñez

Gracias por corregirme cuando era necesario, ayudarme cuando lo necesitaba, consolarme cuando estaba triste y por estar pendiente en todo momento.

Kelvin R. Contreras Martínez

Y de pronto llega una persona muy especial e importante, con un corazón hermoso rebotado de amor. Poco a poco, día a día, sonriendo y demostrándome que lo mejor está por venir. Gracias por tenerme paciencia, por no rendirte, por ser mi compañero, por valorar mi cariño, mis esfuerzos, por ser mi apoyo.

Gracias, por ser más de hechos que de palabras, por ser, estar y demostrar.

Rosmery Siri Durán

Gracias, por estar ahí cuando más lo necesite y por ser mi apoyo incondicional cuando me han faltado fuerzas para levantarme.

A mis compañeros:

Éxito que no se consigue sin buenos amigos y compañeros que de una manera u otra han marcado mi camino, gracias por estar presentes en cada momento.

Rosaura Matilde Salas Ferreira, Ireni María Jiménez, Alejandro Rodríguez, Manuel Rosario, Cristian Ferreira, Noemi Encarnación, Robert Julio Vargas, José Amparo, Gregory Acosta, Lissette Estévez, Elizabeth Paulino, Luis Cosme, Marileisy Jerez, José Antonio Monegro, Rafy José y Adalberto Quezada.

A mis tíos

Personas importantes en mi vida, ellos que siempre están presentes en cada paso que doy en mi vida, les agradezco con el alma. Teófilo Núñez y Gilda Núñez.

A mis primos

Alicia Núñez, Juan Luís Núñez, César Hernández, agradezco a Dios por permitir la influencia de personas especiales que siempre estuvieron dándome su apoyo en todo este proceso.

A mis profesores:

Margarita Cruz, Alejandro María Núñez, Leocadia Sánchez, Diógenes Jiménez y Lucilo de la Cruz, por estar presentes en este proceso de formación académica.

Laura Cristina Jaquez Núñez

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño:

A ti mi Dios:

Por darme vida y salud para poder lograrlo y por regalarme una familia tan maravillosa.

A mi madre Rosaura Ferreira Rondón:

Con mucho amor y cariño se la dedico principal mente a mi madre a la cual amo con todo mi corazón por darme la vida y siempre estar ahí para mí desde el primer momento, mami sabes que este logro no es solo mío también es tuyo, yo no tengo como pagarte todo lo que haces por mí, solo le pido a Dios que te me de vida y salud para que tú puedas disfrutar de este logro y que me ayude a mí para yo poder darte todo lo que te mereces eres mi ejemplo y lo que yo más amo en esta vida.

A mi padre Silverio Salas Durán y a mi padrastro Daury Espinal Estévez que de una forma u otra han contribuido para que esto sea posible gracias por apoyarme y brindarme todo su amor.

A mi querida hermana Julissa Salas Ferreira, Gracias, por siempre estar ahí cuando te necesito, sabes que te quiero mucho.

A mi amado esposo Lorenzo Santos Acosta

Por no soltar mi mano en todo el camino. Le doy gracias a Dios porque tú siempre has estado ahí desde el primer momento y por siempre estar presente en cada logro de mi vida, gracias por todos estos años de amor que me has regalado gracias por tu apoyo incondicional. Sabes que eres muy importante para mí.

A mi bisabuela Ercilia Durán

Solo Dios sabe lo mucho que la amo, gracias mamá por su amor incondicional hacia mí, este amor es mutuo y le doy gracias a Dios por todo y a mis tías **Rosa Ferreira, Yudelka Blanco Duran** por siempre tenerme pendiente de una manera u otra.

A mi prima Wandry Monegro, que no olvido la ayuda que me brindaste cuando te necesité y a mi primo **Gerson Rojas**, gracias por siempre tenerme presente.

A todos mis amigos que me regaló la universidad que han sido como mis hermanos **Laura Cristina Jaquez Núñez, Ireni María Jiménez, Robert Julio Vargas, Alejandro Rodríguez, Cristian Ferreira, Luis Cosme, José Antonio Monegro, Gregory Thomas Acosta Paulino, José Amparo, Marileisy Jerez, Manuel Rosario, Noemi Encarnación, Lisette Estévez, Elizabeth Paulino, Adalberto Quezada, Raffy José, Amada Yamilka** gracias por ser mis amigos y recuerden que siempre los llevaré en mi corazón.

A mi asesora Glenny López, por confiar en nosotras y por el apoyo incondicional que nos ha brindado.

A los profesores **Alejandro María Núñez y a Margarita Cruz Ángeles, Leocadia Sánchez.**

Y no me puedo despedir sin antes decirles que sin ustedes a mi lado no lo hubiera logrado, tantos dolores de cabeza y estrés sirvieron de algo y aquí está el fruto. Les agradezco a todos ustedes con toda mi alma el haber llegado a mi vida y el compartir momentos agradables y momentos triste, pero esos momentos son los que nos hacen crecer y valorar a las personas que nos rodean. Los quiero mucho y siempre estarán presentes en mi mente y en mi corazón. “El éxito llega para todos aquellos que están ocupados buscándolo”

Rosaura Matilde Salas Ferrería.

REPÚBLICA DOMINICANA
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL CIBAO ORIENTAL
Facultad de Ingeniería y Recursos Naturales
Escuela de Agropecuaria



RESUMEN

TÍTULO: DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS EN SUELO, AGUA Y MATERIAL VEGETAL MUESTREADOS EN INVERNADEROS EN EL VALLE DE CONSTANZA

Sustentantes: Laura Cristina Jaquez Núñez y Rosaura Matilde Salas Ferreira

Asesora: Dra. Glenny López Rodríguez

El objetivo general fue determinar las concentraciones de metales pesados en muestras de suelo, agua y material vegetal provenientes de sistema de producción de vegetales bajo ambiente controlado (invernadero) en el municipio de Constanza, La Vega.

En estos estudios preliminarmente no hay presencia de metales pesados en suelo, agua y material vegetal.

- En Constanza para la instalación de los invernaderos se ha desmotando la capa vegetal y. por lo tanto, esto puede ser una razón por la que no se evidenció presencia de metales pesados en los invernaderos muestreados.
- **CE** indica que el suelo tiene una buena capacidad para conducir la electricidad, lo cual es beneficioso para los cultivos y sistemas de riego.
- El **pH** se pudo percibir que los suelos de los invernaderos en el valle de Constanza presentaron un pH neutro, ya que se encuentran en el rango 7, que es el punto medio entre lo ácido y lo alcalino.
- Los suelos de los invernaderos fueron consideraron bajo, en términos de **MO**.
- **CIC** arrojó valores óptimos de acuerdo a la tabla de atributos como indicadores de calidad de suelos.
- En cuanto a las aguas de riego La CE de agua presentó un rango comúnmente utilizado como indicador de agua de buena calidad y baja concentración de sales y otros contaminantes.
- Los niveles de dureza varían, pero generalmente se considera que el agua es "blanda" si tiene menos de 60 ppm, "moderadamente dura" si está entre 60 y 120 ppm, "dura" si está entre 120 y 180 ppm, y "muy dura" si supera los 180 ppm.

CAPÍTULO I: MARCO INTRODUCTORIO

En este capítulo, se presentan los antecedentes del proyecto, la introducción al problema, se justifica la relevancia del estudio y se definen los objetivos del mismo..

1.1. Introducción

Según datos del Banco Mundial, la población mundial en 2022 alcanzó los 8 mil millones de personas., estimando que el crecimiento de la población mundial continuará en las próximas décadas, y se espera que alcance los 9.7 billones en 2050 (ONU-Habitat, 2022). Cobeña (2023), este crecimiento poblacional presenta importantes desafíos en cuanto a garantizar la seguridad alimentaria, debido a que se requieren transformaciones en los sistemas agroalimentarios que sean más inclusivos, eficientes, resilientes y sostenibles que satisfaga la demanda.

Los cultivos de alto rendimiento como los producidos en invernaderos se plantean como una alternativa para el abastecimiento de la demanda de alimentos, en un entorno de crecimiento de la población, escasez de tierras de cultivo, recursos hídricos y cambio climático (López, 2021). La producción bajo ambiente protegido (agricultura protegida), conocida como producción en invernaderos o bajo malla sombra, consiste en el cultivo de plantas en un ambiente controlado, protegido de las condiciones climáticas adversas y de los ataques de plagas y enfermedades (Santos *et al.*, 2010). La misma ha surgido como una alternativa para la producción de cultivos; esta técnica permite el uso de estas estructuras proteger a los cultivos de factores bióticos y abióticos que limitan la producción, es un sistema de producción agrícola que usa estructuras de protección que pueden presentar un nivel tecnológico bajo, moderado o muy elevado. (Villagrán *et al.*, 2021). Estas estructuras permiten obtener mayores rendimientos por unidad de área y productos cosechados con

mayor inocuidad, así como ampliar las áreas de producción hacia regiones donde las condiciones climáticas dificultan la producción agrícola a campo abierto (Castilla, 2002). Sin embargo, el uso frecuente de fertilizantes y fitosanitarios en este sistema de cultivo para incrementar la producción y proteger a los cultivos de posibles enfermedades, puede producir la degradación química del suelo como resultado de la presencia de sustancias indeseables en dichos productos y su posterior acumulación en el medio edáfico. Este es el caso de metales pesados como Cu, Zn y Co que están presentes en los plaguicidas y en los fertilizantes fosforados (Gil *et al.*, 2002; Rodríguez, 2017).

González, *et al.* (2009), señala que algunos de estos metales pueden ser tóxicos para los seres vivos y acumularse en el medio ambiente, incluyendo suelos, agua de riego y material vegetal. Amador *et al.* (2015) indica que, los metales pesados pueden provenir de diversas fuentes, como la actividad minera, la industria y la agricultura. En el caso de los suelos, según, Medina (2019) los metales pesados pueden quedar atrapados en las partículas del suelo y acumularse con el tiempo. En cuanto al agua de riego, los metales pesados pueden provenir de la contaminación de los ríos o acuíferos por la actividad humana.

Esta situación a finales de la década de 1980 e inicio de 1990 destacó al Valle de Constanza como “el Valle de la Muerte” por el uso indiscriminado de pesticidas utilizados en los cultivos hortícolas (Cruz, 2014). Además, de contaminar los cuerpos de agua y los suelos agrícolas, esto generó desconfianza en la población dominicana para consumir los productos agrícolas provenientes de esa zona, llevando consigo pérdidas de carácter monetario para los productores.

Para valorar el impacto ambiental de la contaminación en el sistema suelo-planta se debe conocer la concentración de los elementos presentes, así como las características del

medio receptor, su entorno y su transferencia a las plantas. Metales pesados como Cd, Cr, Pb, Cu, Ni, Zn y Mn causan polución a los suelos y cultivos agrícolas, debido a sus efectos perjudiciales, su persistencia y no biodegradabilidad (Iyama *et al.*, 2022; Khan *et al.*, 2014; Muhammad *et al.*, 2011).

1.2. Planteamiento del problema

El municipio de Constanza es eminentemente agrícola, sin embargo, la producción está asociada a un alto uso de plaguicidas y fertilizantes químicos, generalizándose la idea que, a mayor aplicación de estos insumos, en dosis superiores a las recomendadas, mayor será el volumen de producción obtenido. Estudios realizados en la provincia La Vega, reportaron la presencia de suelos agrícolas contaminados con MP, sobre todo aquellos dedicados a la producción de vegetales en invernaderos. En tal sentido, indicaron la presencia de Cr, Cd, Pb y Ni (Almonte *et al.*, 2010).

Los suelos contaminados con metales pesados (MP) se han convertido en una preocupación mundial debido al incremento de su concentración en plantas y alimentos. Se ha demostrado que la contaminación por MP deriva principalmente de actividades antropogénicas (Khan *et al.*, 2014).

Los MP son elementos químicos que tienen una densidad alta y una masa atómica superior a 5.0 g/cm^3 (Khan *et al.*, 2015). De acuerdo a Mendoza *et al.* (2021), su acumulación en el suelo, el agua y los tejidos vegetales constituyen un riesgo para la salud pública. Enfermedades cancerígenas, renales y hepáticas están asociadas a altas concentraciones de estos elementos (Reyes *et al.*, 2016; Engwa *et al.*, 2019).

La acumulación de MP está relacionada con actividades industriales, pero también a la producción agrícola, producto del uso excesivo de agroquímicos (Quinteros *et al.*, 2017). Alloway (2013), identificó que algunos metales pesados están directamente

relacionados con fuentes como: fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, Zn), plaguicidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn), compost derivados de residuos sólidos convencionales (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn), del estiércol (Cu, As, Zn) y las aguas de riego. En el caso de los fertilizantes fosforados, Sánchez (2017), reporta que éstos contienen Cd en concentraciones entre 8 y 500 mg/kg.

La presencia de metales pesados en el suelo puede ser preocupante, ya que estos pueden ser absorbidos por las plantas y transferidos a los animales que las consumen (Fiallos, 2017). Esto puede tener efectos negativos sobre la salud de los animales y de las personas que los consumen. Para prevenir la acumulación de metales pesados en el suelo, agua y en el material vegetal, es importante controlar las fuentes de contaminación y llevar a cabo medidas de mitigación, como la remediación de suelos contaminados y el uso responsable de productos químicos en la agricultura (Rueda *et al.*, 2016; García *et al.*, 2016; Medina, 2019; Asimtibay, 2022). Además, es importante realizar análisis regulares del agua de riego y del material vegetal para detectar la presencia de metales pesados y tomar medidas adecuadas en caso de detectarse niveles que comprometan la salud humana, animal y ambiental.

Desde la década de 1990 se buscan alternativas para la producción sostenible con la finalidad de producir hortalizas inocuas a los consumidores y contribuir a restablecer el equilibrio ecológico en los sistemas (JAD 1995; SEA-JICA 1998; Sasaki 1999). Sin embargo, en los sistemas de producción agrícolas de Constanza no se dispone de suficiente información sobre las concentraciones de MP en suelo-agua-planta. Dada esta situación se plantea en este estudio la siguiente interrogante:

¿Cuáles son las concentraciones de metales pesados en suelo, agua y material vegetal en los invernaderos del Valle de Constanza?

1.3. Justificación

La demanda de los consumidores por productos de calidad ha generado cambios en el manejo de cultivos para optimizar la producción y calidad de las hortalizas. Los mercados requieren diferenciarse de sus competidores por el mayor conocimiento y acceso a la información que tienen los consumidores. Estos no solamente demandan productos de calidad sino, además, valoran que los procesos de producción sean sustentables desde el punto de vista del cuidado del medioambiente (Riquelme, *et al*, 2013).

El Valle de Constanza es un gran productor y proveedor de hortalizas y vegetales cultivados a campo abierto y bajo ambiente protegido, tanto para el mercado nacional como internacional. Aporta a la economía nacional alrededor del 4 % del PIB (Mercedes, 2016). A pesar de la gran importancia que tienen los cultivos hortícolas de Constanza para el país, existe poca información acerca de la calidad de los suelos agrícolas de la localidad y en concreto, de los contenidos de metales pesados, tanto en los suelos como en los productos que son cultivados en estos suelos y que son consumidos por la población dominicana, principalmente.

El estudio plantea la cuantificación de los metales pesados presentes en suelos, dedicados a la producción agrícola en condiciones de ambiente protegido (invernaderos), material vegetal y en las aguas de riego en el municipio de Constanza. Este estudio de investigación de (tesis), se realizó en el marco del proyecto FONDOCYT 2020-2021-2D5-022: “Mejoramiento de la calidad e inocuidad de los vegetales del Valle de Constanza, a través de estrategias para la remediación de suelos contaminados con metales pesados”. Este se enmarca en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, a través de sus Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) 3, 12 y 13, definidos como “*Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades, y garantizar modalidades de*

consumo y producción sostenibles y adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos”, respectivamente (Cepal-Naciones Unidas, 2018).

A nivel de país, República Dominicana goza de la Ley 12-01 de Estrategia Nacional de Desarrollo (END) 2030, instrumento de planificación nacional que define las acciones a largo plazo y contempla los principales compromisos que debe asumir el Estado. La END propone en el cuarto Eje estratégico, en el cual se vincula el estudio: *“Una sociedad con cultura de producción y consumo sostenibles, que gestiona con equidad y eficacia los riesgos y la protección del medio ambiente y los recursos naturales y promueve una adecuada adaptación al cambio climático”*. Por su parte, el proyecto se articula sobre los objetivos de este eje de política pública, que son: a) El manejo sostenible del medio ambiente, b) Su eficacia en la gestión de riesgo para minimizar pérdidas humanas, económicas y ambientales y c) Promueve una adecuada adaptación al cambio climático (MEPyD, 2012).

En cuanto a las políticas sectoriales, el estudio se alinea con el Plan Estratégico Sectorial Agropecuario de la República Dominicana 2020 / 2030 -Visión 2050- directamente en el Objetivo Estratégico 3: que plantea *“Fortalecer las cadenas de comercialización interna y agroexportadora, implementando políticas de apoyo al productor para que realicen innovaciones en sus predios que eleven la productividad de los cultivos y, combinado con acciones de reducción de costos para aumentar su rentabilidad”*. Este objetivo fue logrado a través de los siguientes objetivos específicos. 3.2 y 3.4: *“Impulsar el desarrollo de la agricultura orgánica”, Ofrecer servicios de sanidad e inocuidad de manera eficaz, efectivo y oportuno para suplir los mercados de productos de buena calidad e inocuos*. Asimismo, con el Eje 6 con impacto transversal: *Impulsar prácticas de sostenibilidad ambiental y resiliencia al cambio climático*. Este eje

procura un sector agropecuario resiliente ante los impactos negativos del cambio climático en la producción de cultivos, los recursos naturales y los ecosistemas, asegurando así la sostenibilidad ambiental de los sistemas productivos (Ministerio de Agricultura, 2020).

En ese contexto, a nivel institucional, la Universidad Tecnológica del Cibao Oriental (UTECO) en su Plan Estratégico 2011-2015 define: *“Establecer la investigación como una prioridad institucional, destinando los recursos necesarios y desplegando el apoyo logístico que permitan desarrollar proyectos de investigación tendentes a la producción de conocimiento trascendental”*.

Todo lo anterior se engloba en la producción de alimentos inocuos para el consumo humano en un contexto sustentable. Este trabajo contribuye a la identificación de vacíos de información, a la proyección de nuevas investigaciones en este campo y en la identificación de riesgos en la salud humana, animal y ambiental en el municipio de Constanza y en todo el país, a fin de propiciar mayor concientización e investigación sobre el tema, que conlleve a la disminución de los riesgos de los metales pesados en los ecosistemas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar las concentraciones de metales pesados en muestras de suelo, agua y material vegetal provenientes de sistema de producción de vegetales bajo ambiente controlado (invernadero) en el municipio de Constanza, La Vega.

1.4.2. Objetivos Específicos

a) Determinar las propiedades físico-químicas de suelo, agua y material vegetal provenientes de sistema de producción de vegetales bajo ambiente controlado (invernadero).

b) Cuantificar las concentraciones de metales pesados en muestras de suelo, agua de riego y material vegetal proveniente de sistema de producción de vegetales bajo ambiente controlado (invernadero).

1.5. Definición de términos

Agricultura protegida: de acuerdo a Santos (s/f), es todo sistema de producción agrícola que se realiza bajo estructura cerrada o semi-cerrada, cubierta por materiales transparentes o semitransparentes que permite obtener condiciones artificiales de microclima para el cultivo de plantas y flores en todo tiempo y bajo condiciones óptimas.

Calidad de agua de riego, un agua será de buena calidad para el riego agrícola cuando, cumpliendo con sus funciones básicas hacia la planta de manera que garantice un rendimiento óptimo de su desarrollo, no produzca efectos perjudiciales al suelo (Monge, 2022).

Calidad del agua: es el conjunto de características físicas, químicas, composición y estado de los organismos que habitan en la (Chapman, 1996).

Calidad del suelo Se define como la “capacidad de funcionar de un específico tipo de suelo”. En general es evaluada midiendo un grupo mínimo de datos de propiedades del suelo para estimar la capacidad del suelo de realizar funciones básicas (por ej. mantener la productividad, regular y separar agua y flujo de solutos, filtrar y tamponar contra contaminantes, y almacenar y reciclar nutrientes) (USDA, 1999).

Metales pesados: los metales pesados son considerados según la tabla periódica como elementos químicos de alta densidad (mayor a 4 g/cm³), masa y peso atómico por encima de 20 y son tóxicos en concentraciones bajas. Algunos de estos elementos son Aluminio (Al), berilio (Be), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Cadmio (Cd), Mercurio (Hg), plomo (Pb), entre otros (Londoño, 2016).

Producción hortícola bajo ambiente protegido: se refiere a la práctica de cultivar plantas hortícolas en un espacio cerrado que está diseñado para proporcionar un ambiente controlado y protegido. Este ambiente puede ser un invernadero, una casa de sombra, un túnel alto, entre otros.

Salud del suelo se refiere a la dinámica de las propiedades físicas, químicas y biológicas que cambian como consecuencia de uso y manejo de los suelos por el ser humano (Cruz *et al.*, 2004).

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se muestran los aspectos introductorios correspondientes al marco teórico o conceptual de las variables de estudio presentes en este trabajo de investigación.

2.1. Antecedentes

. En la actualidad hay un interés de los científicos en realizar investigaciones relacionadas con los metales pesados en el mundo (Yi y Sung, 2015; Trujillo *et al.*, 2016; Khaledian *et al.*, 2016; Andrade *et al.*, 2020; Mendoza, 2021; Quispe, 2022), debido a la problemática ambiental que estos representan por ser elementos tóxicos que afectan considerablemente el suelo, el aire y las fuentes hídricas y consecuentemente la salud humana (Micó, 2006; Alloway, 2013; Yacomelo, 2014). La determinación del contenido de metales pesados en suelos agrícolas, agua y material vegetal se ha abordado con distintos objetivos entre los que destacan:

- i. Protección de la salud pública: los metales pesados son sustancias tóxicas que pueden acumularse en los alimentos y, por tanto, poner en riesgo la salud de los consumidores. Por ello, se realizan estudios para evaluar el nivel de contaminación en los suelos agrícolas y establecer límites de seguridad en los alimentos (Reyes *et al.*, 2016; Jiménez, 2017; Zafra, 2020).
- ii. Control de la contaminación: las actividades humanas, como la industria y la minería, pueden liberar metales pesados en el ambiente, y estos pueden acumularse en los suelos agrícolas y contaminar los cultivos. Por tanto, se realizan estudios para identificar las fuentes de contaminación y tomar medidas para reducir o prevenir la contaminación (Pérez, 2016; Oviedo, 2016; Soto, 2020).

- iii. Evaluación del impacto ambiental: la contaminación por metales pesados puede afectar no solo la salud humana, sino también la salud de los ecosistemas y la biodiversidad. Por tanto, se realizan estudios para evaluar el impacto ambiental de la contaminación por metales pesados y tomar medidas para minimizar su efecto en el medio ambiente (Delince *et al.*, 2015; Reyes *et al.*, 2016; Salas, 2021).
- iv. Optimización de la producción agrícola: los metales pesados son nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, pero en exceso pueden ser tóxicos. Por tanto, se realizan estudios para evaluar el nivel de metales pesados en los suelos agrícolas y determinar la cantidad adecuada de nutrientes que deben suministrarse a los cultivos para maximizar su producción (Pineda y Rodríguez, 2015).

Mahecha, *et al* (2015), determinaron las concentraciones de metales pesados (Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, Cr) en suelos tipo Oxisol, sometidos a usos agrícolas intensivos, durante un tiempo superior a 10 años en una región colombiana. De acuerdo a sus resultados, las concentraciones de los metales obtenidas siguieron la siguiente secuencia $Zn > Cu > Pb > Cr > Ni$, y en ninguno de los casos superaron los límites máximos permisibles planteados por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA. Concluyeron que, según los parámetros físico-químicos, es probable que los metales pesados estén movilizándose en la matriz suelo-planta.

En Perú Vidarte (2023), determinaron y cuantificaron metales pesados (As, Cd, Hg, Pb) en la Cuenca Media del Río Chancay – Lambayeque.

En Ecuador, Zapata-Valladolid (2019), realizó una investigación sobre contenido de metales pesados en vegetación alrededor de una mina cerrada en la Región Piura, los resultados mostraron una elevada concentración de aluminio, hierro y cobre. Soria-Mejía (2020) determinaron la presencia de metales pesados en tres vegetales Cadet, reportando

que, valores obtenidos de la concentración de cadmio y plomo fueron menores al límite detectable en los productos investigados.

En Argentina, Clozza et al. (2019) caracterizaron compostaje de residuos vegetales y evaluaron su efecto sobre la acumulación de nitratos y metales pesados en especies hortícolas, concluyeron que, la incorporación de compost reduce el contenido de metales pesados en el cultivo de lechuga, mejorando los parámetros de su calidad comercial.

En Colombia, Estanga et al. (2021), evaluaron la concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza, encontrando que el contenido de Co, Cu, Ni, Cd y Zn fue mayor en el sistema de siembra directa debido al uso prolongado de abonos fosfatados.

En República Dominicana, Almonte *et al* (2010) encontraron concentraciones elevadas de cromo (Cr) y níquel (Ni)) en muestras de suelos en invernaderos de las provincias La Vega y Espaillat. En los distintos sistemas agrícolas del país se utilizan regularmente fertilizantes y/o estiércoles (excremento de animales como: chivo, res, aves, caballo). Según Alloway (1995), la impureza de los fertilizantes puede ser fuente de metales pesados como: Cd, Cr, Mo, Pb y Zn, los pesticidas pueden ser fuente de Cu, As, Hg, Pb, Mn y Zn y el estiércol de Cu, As y Zn.

Resultados de análisis de suelos y de tejido vegetal de pepino bajo invernadero realizados en 2003 y 2004 por el Laboratorio Agrícola Multifuncional de Constanza (LAMCO) (datos no publicados) expresan la presencia de altos niveles de Fe (132.6 ppm), Mn (52.6 ppm), Cu (6.2 ppm) y Zn (12.9 ppm) en suelos y niveles de Fe (195.5 ppm), Mn (607.7 ppm), Cu (631.8 ppm) y Zn (78.6 ppm) en tejido vegetal. Por otro lado, Almonte *et al.* (2010) encontraron contenidos de Cr (49 ppm) y Ni (83 ppm) en suelos de producción hortícola bajo ambiente protegido en Constanza. A pesar de que en este estudio los niveles

encontrados no superan los valores máximos permitidos, son preocupantes debido a que fueron obtenidos en muestras de suelos intervenidos, donde había sido removido el horizonte A (capa superficial del suelo) durante el proceso de nivelación para la construcción de los invernaderos.

2.2. Metales pesados: origen y distribución

Los metales pesados son elementos químicos que tienen una densidad relativamente alta (Pacco, 2018) y un peso atómico mayor a 20. Algunos de los metales pesados más conocidos son el plomo, el cadmio, el mercurio, el arsénico, el cromo y el níquel. Estos metales son de gran importancia en la industria y en diversos procesos productivos, pero también son tóxicos y pueden ser perjudiciales para la salud humana y el medio ambiente (López, 2017).

Algunos metales pesados son esenciales para mantener el metabolismo del cuerpo humano (Zn, Se, Cu). Sin embargo, a concentraciones altas pueden conducir a toxicidad (Birley y Lock, 1999). Otros, en cambio (Cd, Hg, Pb) son extremadamente tóxicos, incluso en muy bajas cantidades (Chaney *et al.*, 2004). Los metales pesados tóxicos en los suelos más conocidos son el mercurio (Hg), el plomo (Pb), el cadmio (Cd) y el talio (Ti).

La presencia en los suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos y compuestos (contaminantes) es un tipo especial de degradación que se denomina contaminación (Galán y Romero, 2008). La contaminación de suelos por la incorporación de metales pesados representa una seria amenaza a la salud humana y a los organismos vivos. De acuerdo a Prieto *et al.* (2009), los metales pesados están presentes en el suelo como componentes naturales del mismo o como consecuencia de las actividades antropogénicas. Dentro de las actividades que generan metales pesados se incluyen la

aplicación de productos químicos, agrícolas, tenerías, minería, manufactura de baterías, componentes eléctricos, pinturas, plaguicidas, fertilizantes, entre otros (Solís, 2007).

2.3. Contaminación por metales pesados

Una de las principales consecuencias de la contaminación de suelos por metales pesados es la pérdida de la productividad del suelo, cobertura vegetal mínima, disminución de flora y fauna presente y transferencia directa a la cadena trófica afectando la salud humana (Kabata y Pendias, 2004).

Estudios realizados por Lado *et al.*, (2008) señalan que la contaminación por metales pesados a nivel del suelo, es consecuencia severa en la producción agrícola, en las últimas décadas resultado de actividades antrópicas, como la minería, actividades industriales, uso indiscriminado de pesticidas, fertilizantes, efluentes industriales y agua de reuso en la agricultura

2.4. Metales pesados derivados de la agricultura

Los sistemas de producción agrícola constituyen una fuente importante no puntual de contaminantes tipo metales pesados y a su vez facilitan la acumulación de éstos en el suelo y/o la transferencia en la cadena suelo – planta – consumidor, principalmente en regiones donde estos procesos se realizan de manera intensiva y sin periodos de descanso ni rotación de cultivos (Kabata y Pendias, 2004).

La excesiva acumulación de metales pesados en suelos agrícolas producto del riego con aguas residuales además de considerarse como un factor contaminante de este tipo de suelos influye en la entrada de estos a las cosechas, resultando en una mala calidad de los alimentos (Muchuweti *et al.*, 2006). Por lo tanto, los vegetales que se encuentran bajo este tipo de suelos, son propensos a contar con elevadas concentraciones de metales pesados lo cual impacta en la calidad de estos productos (Gallager *et al.*, 2008).

La agricultura moderna se ha considerado como uno de las mayores fuentes de metales pesados, debido al uso de los fertilizantes, especialmente los fosforados y nitrogenados, los plaguicidas, los compost derivados de residuos y lodos de plantas depuradoras de agua y el Estiércol (Tiller, 1989; Adriano y Adriano, 2001).

El uso indiscriminado de fertilizantes hidrosolubles combinado con la aplicación desmedida de pesticidas en los diferentes sistemas de producción de cultivos ha provocado pérdida, salinización y contaminación de los suelos eminentemente agrícolas (González, 2019). Alloway (2013), identificó que algunos metales pesados están directamente relacionados con fuentes específicas como: fertilizantes (Cd, Cr, Mo, Pb, Zn), plaguicidas (Cu, As, Hg, Pb, Mn, Zn), compost derivados de residuos sólidos convencionales (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn) y del estiércol (Cu, As, Zn).

Laegreid *et al.* (1999), plantea que los fertilizantes fosforados son una fuente de Cd, debido a los contenidos de apatita, que además de fósforo, contiene Cd en concentraciones entre 8 y 500 mg/kg. Así mismo, las aguas de riego provenientes de sistemas de tratamiento o de fuentes contaminadas aportan metales al suelo.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se desarrolló la metodología que se utilizó en la investigación, la cual contiene localización y descripción del área experimental, diseño y tipo de investigación, descripción de los tratamientos, métodos y análisis estadístico, materiales y equipos de la investigación, procedimientos y análisis de datos.

3.1. Área de estudio

La zona de estudio se localizó en Constanza, municipio de gran valor estratégico por la importancia de sus recursos naturales, en particular los recursos hídricos, la biodiversidad, la agricultura y el ecoturismo. Constanza pertenece a la provincia de La Vega, (Figura 1), ubicada en la región Norte del país y geográficamente ubicada dentro de las coordenadas geográficas 18°54'33.1" Latitud N y 70°44'41.96" Longitud O.

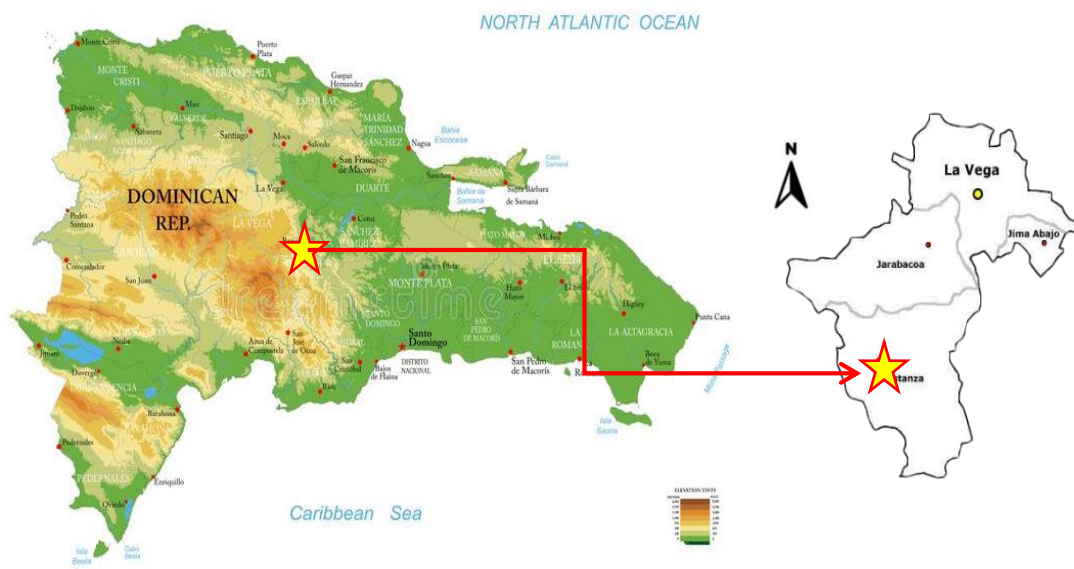


Figura 1. Área de estudio, municipio de Constanza, provincia La Vega, República Dominicana (Fuente: recursos Google).

Con una extensión territorial de 850 km², dos distritos municipales (Tireo y La Sabina) y una población de casi 60 mil habitantes, de acuerdo al Plan de Desarrollo Municipal de Constanza 2016-20. Sin embargo, de acuerdo al Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Constanza (2003), prácticamente más del 55 % de su territorio está dedicado a cultivos intensivos, café y agricultura de subsistencia; por lo que su economía local depende de la producción agrícola.

3.2. Delimitación temporal

Este estudio se realizó durante el período Agosto 2022- Junio 2023, en el marco del proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022: “Mejoramiento de la calidad e inocuidad de los vegetales del Valle de Constanza, a través de estrategias para la remediación de suelos contaminados con metales pesados”.

3.3. Enfoque, diseño y tipo de investigación

El enfoque del estudio correspondió al enfoque mixto, debido a que recopiló y analizó datos cuantitativos sobre variables de estudio y a su vez recolectó información de tipo cualitativo.

En cuanto al diseño, corresponde a un diseño no experimental y a una investigación de campo, porque en este estudio se analizaron propiedades físico-químicas de suelo y agua de riego en invernaderos. El estudio fue de tipo descriptivo/ exploratorio en la que la información fue recolectada sin cambiar el entorno (es decir, no hizo manipulación).

3.4. Limitaciones

Las posibles limitaciones en la ejecución de este trabajo serían: que los productores no permitan el acceso a los invernaderos para la toma de muestras y que los resultados provenientes del laboratorio no estén en la fecha programada. Es que los fondos no están disponible a tiempos para realizar las actividades y los análisis.

3.5. Procesos de trabajo de campo

A continuación, se describe el procedimiento para la toma de muestras de suelo y agua, así como los materiales utilizados para realizarlo.

3.5.1. Muestreo de suelos: procedimiento y protocolo

El criterio principal para la toma de muestra de suelos fue ubicar invernaderos con producción de hortalizas y que estén sembradas en suelos. Se tomaron siete sub-muestras representativas de cada invernadero, colectadas con un barreno tipo Edelman (Figura 2) a una profundidad de ± 15 cm.



Figura 2. Barreno Edelman que será utilizado en los muestreos de suelos (Fuente imagen:

Recursos Google: <https://www.amp-sas.net/portfolio-items/barreno-para-suelos-combinados-extensible/>).

Las sub-muestras se pusieron en una cubeta y se homogenizaron, posteriormente se colocó aproximadamente 1 kg de suelo en una bolsa tipo *ziploc* previamente identificada con un marcador permanente, los datos generales de la finca, ubicación, fecha de muestreo y nombre del productor. Se conservaron en un lugar fresco antes de su traslado al laboratorio. Se evitó muestrear cerca o dentro de caminos, puntos de acceso o bordes de invernadero.

3.5.2. Análisis físico-químico del suelo

Se analizaron los siguientes parámetros para determinar propiedades físico-químicas en suelos: pH, Conductividad Eléctrica, Materia Orgánica, Nitrógeno, Fosforo, Calcio, Magnesio, Potasio, capacidad de Intercambio Catiónico, saturación de Calcio, Magnesio, Potasio, relación magnesio/calcio, relación calcio + magnesio/potasio, Cobre, Manganeso, Hierro, textura. Las analíticas se realizaron bajo los protocolos establecidos por el laboratorio al que se le solicitaron los análisis.

3.5.3. Muestreo de agua de riego

Se utilizaron botellas de plástico limpias (sin ningún residuo) como envase para la toma de muestra de agua. Se lavó varias veces el envase con agua similar a la que se va a enviar como muestra. El recipiente estuvo lleno hasta el borde, para evitar que la aireación ocasione variaciones en el pH de la muestra. Dependiendo de donde provenga el agua de riego se procedió a lo siguiente:

Agua de reservorio: se tomó la muestra de agua en al menos cinco diferentes puntos. Estas sub-muestras se mezclaron para obtener la muestra final que se envió al laboratorio, aproximadamente 500 ml.

Agua de vertiente: en el caso de que las aguas provengan de vertientes o acequias se muestrearon varios puntos a profundidad media. Estas sub-muestras se mezclarán para obtener la muestra final que se envió al laboratorio, aproximadamente 500 ml.

Agua de pozo: si el agua proviene de pozos se debió accionar el bombeo y esperar varios minutos antes de la toma de muestra.

Se completó un formulario por escrito para la remisión de la muestra donde se refleje la: procedencia, persona que hace el envío, aprovechamiento del agua, tipo de

análisis solicitado. La muestra se conservó en una nevera, protegida de la luz solar hasta que se envíe al laboratorio.

3.5.4. Análisis de calidad de agua

Se analizaron los siguientes parámetros para determinar calidad de agua: pH, Conductividad Eléctrica, Sólidos Totales disueltos, Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Cloruros, Carbonatos, Bicarbonatos, Sulfatos, Nitratos, Fosfatos, RAS y PSI, Carbonato de Sodio Residual (RSC). Las analíticas se realizaron bajo los protocolos establecidos por el laboratorio al que se le solicitaron los análisis.

3.5.5. Muestreo de material vegetal.

Se realizó muestreo de tejido vegetal del cultivo. Al azar se tomó hojas, tallos, raíces, frutos y flores, hasta hacer un volumen de 0.5-1 kg, los órganos a muestrear dependió de la parte comestible del cultivo. Las muestras fueron enviadas al laboratorio en bolsas de papel limpias e identificadas para su posterior análisis de MP.

3.6. Análisis de la información y procesamiento de los datos

Los resultados de los análisis físicos-químicos de suelo y agua fueron procesados en Microsoft Excel® y se analizaron, tabularon y graficaron utilizando estadística descriptiva y de frecuencia en el programa estadístico Infostat®.

3.7 Metodología para análisis de suelos del laboratorio del Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA).

Según los datos de los análisis realizados a las muestras tomadas en el área de estudio fueron etiquetadas y enviadas al laboratorio de suelos del Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA), perteneciente al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), ubicado en la calle Proyecto No. 1, La Duquesa, Santo Domingo, República Dominicana, para los análisis físico-químicos.

El análisis químico se realizó según la metodología propuesta por American Society of Agronomy (1982). Las muestras fueron secadas a temperatura ambiente para los análisis químicos y físicos. El pH se determinó en una relación 1:2 por potenciometría. La conductividad eléctrica se determinó en una relación 1:2 por conductimetría. La materia orgánica (MO) se cuantificó por el método de Walkley y Black, por oxidación con dicromato de potasio y se expresó en porcentaje. El P se determinó por el método Mehlich III y se expresó en porcentaje. Las bases intercambiables fueron extraídas por medio de la solución extractora acetato de amonio (NH_4OAc) pH 7.0 1N y cloruro de potasio (KCl) según el pH del suelo y se expresaron en miliequivalentes por 100 gramos de suelos. Para extraer los micronutrientes se usó la metodología Olsen modificado y los resultados fueron expresados en partes por millón (PPM). Tanto las bases (Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^+ , Na^+ y $\text{Al}^{+3}, \text{H}^+$), como los micronutrientes (Fe, Mn, Cu y Zn) se cuantificaron por absorción atómica (aire-acetileno). La acidez intercambiable (H^+ , Al^{+3}) se cuantificó por titulación.

Se calculó la capacidad de intercambio catiónico (CIC) basado en la suma de las bases más la acidez intercambiable. Las relaciones Ca/Mg, Mg/K, Ca+Mg/K, así como los porcentajes de saturación de sodio (PSCa), porcentajes de saturación de magnesio (PSMg), porcentajes de saturación de potasio (PSK), porcentajes de saturación de sodio (PSNa) y porcentaje de saturación de acidez intercambiable (PAI), se calcularon según fórmulas. La textura se realizó utilizando el método del hidrómetro de Bouyoucos. Todos los análisis se realizaron de acuerdo a las normas y procedimientos del Laboratorio de Análisis de Suelo CENTA-IDIAF (2010).

CAPÍTULO IV: PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1-Introducción

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación que contiene la interpretación de los datos obtenidos durante el proceso de recolección, mostrados de manera organizada en cuadros de frecuencia simple para una mejor interpretación.

4.2-Presentación de los resultados.

Cuadro No. 1: Representa el pH del suelo proveniente de invernaderos del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR %	FR
pH	1	6,14	6,73	5	42	0,42
	2	6,73	7,33	4	33	0,33
	3	7,33	7,92	3	25	0,25
				12	100	1

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

En el mismo se muestran tres clases, una con límite inferior de 6.14, 6.73 y 7.33, límite superior 6.73, 7.33 y 7.92.

Cuadro No. 2: Representa la Conductividad Eléctrica (CE) de los suelos provenientes de invernaderos del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA		FR
CE	1	0,33	0,86	8	67	0,67
	2	0,86	1,39	2	17	0,17
	3	1,39	1,92	2	17	0,17
				12	101	1,01

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

En el mismo se muestran tres clases, una con límite inferior de 0.33, 0.86 y 1.39, límite superior 0.86, 1.39 y 1.92.

Cuadro No. 3: Representa el Calcio del suelo proveniente de invernadero del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA		FR
Calcio	1	5,63	9,00	5	42	0,42
	2	9,00	12,38	3	25	0,25
	3	12,38	15,75	4	33	0,33
				12	100	1

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

En el mismo se muestran tres clases una con límite inferior de 5.63, 9.00, 12.38 y límite superior 9.00, 12.38, 15.75.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR %	FR
pH	1	6,14	6,73	5	42	0,42
	2	6,73	7,33	4	33	0,33
	3	7,33	7,92	3	25	0,25
				12	100	1

Cuadro No. 4: Representa el Potasio (K) del suelo proveniente de invernadero del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR %	FR
Potasio(k)	1	0.25	0.40	7	58	0.58
	2	0.40	0.56	4	33	0.33
	3	0.56	0.71	1	8	0.08
				12,00	100	0.99

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

En el mismo se muestran tres clases una con límite inferior de 0.25, 0.40, 0.56 y límite superior de 0.40, 0.56, 0.71.

Cuadro No.5: Representa la Capacidad de intercambio Catiónico (CIC) del suelo proveniente de invernadero del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR %	FR
CIC	1	6.18	10.01	4	33	0.33
	2	10.01	13.84	4	33	0.33
	3	13.84	17.67	4	33	0.33
				12	100	0.99

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

El mismo se muestran 3 clases una con límite inferior de 6.18, 10.01, 13.84 y límite superior 10.01, 13.84, 17.67.

Cuadro No.6: Representa la Materia Orgánica (MO) del suelo proveniente de invernadero del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR%	FR
MO	1	1.14	3.92	10	83	0.83
	2	3.92	6.69	1	8	0.08
	3	6.69	9.47	1	8	0.08
				12	100	0.99

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

El mismo se muestran 3 clases una con límite inferior 1.14, 3.92, 6.69 de y límite superior 3.92, 6.69, 9.47.

Cuadro No.7: Representa el pH de agua proveniente de invernadero del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR %	FR
pH	1	6.86	7.34	2.00	17	0.17
	2	7.34	7.83	4.00	33	0.33
	3	7.83	8.31	6.00	50	0.50
				12.00	100	

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

El mismo se muestran 3 clases una con límite inferior de 6.86, 7.34, 7.83 y límite superior 7.34, 7.83, 8.31.

Cuadro No.8: Representa la Conductividad Eléctrica (CE) de agua proveniente de invernadero del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR%	FR
CE	1	0.20	0.49	6.00	50	0.50
	2	0.49	0.78	5.00	42	0.42
	3	0.78	1.08	1.00	8	0.08
				12.00	100	

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

El mismo se muestran 3 clases una con límite inferior de 0.20, 0.49, 0.78 y límite superior 0.49, 0.78, 1.08.

Cuadro No.9: Representa el Calcio (Ca) de agua proveniente de invernadero del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR%	FR
Calcio (Ca)	1	0.42	1.04	8.00	67	0.67
	2	1.04	1.67	3.00	25	0.25
	3	1.67	2.29	1.00	8	0.08
				12.00	100	

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

El mismo se muestran 3 clases una con límite inferior de 0.42, 1.04, 1.67 y límite superior 1.04, 1.67, 2.29.

Cuadro No.10: Representa el Magnesio (Mg) de agua proveniente de invernadero del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR%	FR
Magnesio(Mg)	1	0.33	0.96	7.00	58	0.58
	2	0.96	1.60	3.00	25	0.25
	3	1.60	2.23	2.00	17	0.17
				12.00	100	

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

El mismo se muestran 3 clases una con límite inferior de 0.33, 0.96, 1.60 y límite superior de 0.96, 1.60, 2.23.

Cuadro No.11: Representa el Potasio (K) de agua proveniente de invernadero del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR%	FR
	1	0.02	0.25	10.00	83	0.83
Potasio (K)	2	0.25	0.49	1.00	8	0.08
	3	0.49	0.72	1.00	8	0.08
				12.00	100	

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

El mismo se muestran 3 clases una con límite inferior de 0.02, 0.25, 0.49 y límite superior de 0.25, 0.49,0.72.

Cuadro No.12: Representa los Solidos Totales de agua proveniente de invernadero del Valle de Constanza.

Variable	Clase	LI	LS	FA	FR%	FR
	1	103.36	258.67	6.00	50	0.50
Sólidos Totales	2	258.67	413.97	5.00	42	0.42
	3	413.97	569.28	1.00	8	0.08
				12.00	100	

Fuente: Proyecto IDIAF-FONDOCYT 2020-2021-2D5-022 agosto2022-junio2023

El mismo se muestran 3 clases una con límite inferior de 103.36, 258.67, 413.97 y límite superior de 258.67, 413.97, 569.28.

4.4-CONCLUSIONES

En estos estudios preliminarmente no hay presencia de metales pesados en suelo, agua y material vegetal.

- En Constanza para la instalación de los invernaderos se ha desmotando la capa vegetal y. por lo tanto, esto puede ser una razón por la que no se evidenció presencia de metales pesados en los invernaderos muestreados.
- **CE** indica que el suelo tiene una buena capacidad para conducir la electricidad, lo cual es beneficioso para los cultivos y sistemas de riego.
- El **pH** se pudo percibir que los suelos de los invernaderos en el valle de Constanza presentaron un pH neutro, ya que se encuentran en el rango 7, que es el punto medio entre lo ácido y lo alcalino.
- Los suelos de los invernaderos fueron consideraron bajo, en términos de **MO**.
- **CIC** arrojó valores óptimos de acuerdo a la tabla de atributos como indicadores de calidad de suelos.
- En cuanto a las aguas de riego La CE de agua presentó un rango comúnmente utilizado como indicador de agua de buena calidad y baja concentración de sales y otros contaminantes.
- Los niveles de dureza varían, pero generalmente se considera que el agua es "blanda" si tiene menos de 60 ppm, "moderadamente dura" si está entre 60 y 120 ppm, "dura" si está entre 120 y 180 ppm, y "muy dura" si supera los 180 ppm.

4.5-RECOMENDACIONES

Una vez analizados los resultados y conclusiones de este estudio, se presentan las siguientes recomendaciones:

- En la medición del proyecto se surgiere repetir las muestras de suelo, agua y material vegetal.
- Realizar análisis de suelo de manera periódica para detectar la presencia de MP.
- **A los productores:** aplicar los insumos de manera adecuada y en la dosis recomendada. Ya que consideran que mayor cantidad es mayor la producción.
- Al **Ministerio de Agricultura:** concientizar sobre la importancia que tienen los metales pesados en la agricultura y sus consecuencias.
- Se recomienda aumentar el contenido de MO para mejorar la fertilidad y la salud del suelo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adriano, D. C., & Adriano, D. C. (2001). Bioavailability of trace metals. *Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals*, 61-89.
- Alloway, B. J. (1995). Soil processes and the behaviour of metals. *Heavy metals in soils*, 13, 3488.
- Alloway, B. J. (2013). Heavy metals in soils, trace metals and metaloids in soils and their bioavailability (3ra ed.). Reading, UK: Springer.
- Almonte, I., Pérez, A., Avilés, E., Martínez, C., López, G., y Núñez, P. (2010). Caracterización de suelos en la producción de vegetales en invernaderos. 46 Reunión anual de la Sociedad Caribeña de Cultivos Alimenticios (CFCs). Hotel Oasis Hamaca, Boca Chica, República Dominicana. DO. Julio 11 al 17, 2010. Proceeding of the Caribbean Food Society 46: 60-66.
- Amador, L. R. T., Martínez, F. D. G., Hernández, L. J. M., Vergara, L. A. W., & Suárez, J. N. C. (2015). Niveles de metales pesados en muestras biológicas y su importancia en salud. *Revista Nacional de Odontología*, 11(21). Disponible en: <https://revistas.ucc.edu.co/index.php/od/article/view/895>
- Andrade Linarez, K., Castillo Coaquira, I., & Quispe Riquelme, R. (2020). Determinación de metales pesados en suelos agrícolas y suelos para cultivo de *Solanum tuberosum* de la Bahía interior de Puno. *Investigación & Desarrollo*, 20(1), 147-153. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2518-44312020000100011&script=sci_arttext
- Asitimbay Mullo, A. D., & Yumiseba Vimos, M. A. (2022). Estudio de biorremediación de metales pesados por actividades agropecuarias en el cantón Mocha a causa de la ceniza volcánica. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17610/1/236T0609.pdf>
- Birley, M., & Lock, K. (1999). The health impacts of peri-urban natural resource development.
- Castilla, N. (2002). Current situation and future prospects of protected crops in the mediterranean region. *Acta Horticulturae*, 582, 135–147. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.582.11>
- Cepal, N. U. (2018). Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe.
- Chaney, R. L., Reeves, P. G., Ryan, J. A., Simmons, R. W., Welch, R. M., & Scott Angle, J. (2004). An improved understanding of soil Cd risk to humans and low cost methods to phytoextract Cd from contaminated soils to prevent soil Cd risks. *Biometals*, 17(5), 549-553.
- Chaney, R. L., Reeves, P. G., Ryan, J. A., Simmons, R. W., Welch, R. M., & Scott Angle, J. (2004). An improved understanding of soil Cd risk to humans and low cost methods to phytoextract Cd from contaminated soils to prevent soil Cd risks. *Biometals*, 17(5), 549-553.
- Chapman, D. (1996). Water quality assessments: A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring. E& FN Spon, Londres, Inglaterra. 626 p.

- Clozza, M. N., De Los Ríos, A. M., Amato, A. V., Leiva, D. R., Garrido, G. R., & Ferrón, T. (2019). Caracterización del compostaje de residuos vegetales y su efecto sobre la acumulación de nitratos y metales pesados en especies hortícolas.
- Cobeña Ordoñez, C. M. & Lema Espinosa, M. D. J. (2023). Seguridad alimentaria y nutricional en Ecuador. Marco legal, situación actual y desafíos: Food and nutrition security in Ecuador. Legal framework, current situation and challenges. *Anuario Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 14, 72-83.
- Cruz, A. B., Barra, J. E., del Castillo, R. F., & Gutiérrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas*, 13(2).
- Cruz, R. (2014). El 97 % de las hortalizas y vegetales que produce Constanza están libre de residuos de plaguicidas. Periódico digital: Constanza Digital. Disponible en: <http://constanzadigital.com.do/noticias/item/el-97-de-las-hortalizas-y-vegetales-que-produce-constanza-estan-libre-de-residuos-de-plaguicidas>
- Delince, W., Valdés Carmenate, R., López Morgado, O., Guridi Izquierdo, F., & Balbín Arias, M. I. (2015). Riesgo agroambiental por metales pesados en suelos con Cultivares de *Oryza sativa* L y *Solanum tuberosum* L. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(1), 44-50.
- Engwa, G. A., Ferdinand, P. U., Nwalo, F. N., & Unachukwu, M. N. (2019). Mechanism and health effects of heavy metal toxicity in humans. *Poisoning in the modern world-new tricks for an old dog*, 10, 70-90.
- Estanga-Barrios, M., Mendoza-Escalona, B., Marcó, L. M., García-Orellana, Y., Torres-Rodríguez, D., & Gómez, C. (2021). Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *TecnoLógicas*, 24(51), 1-12.
- Fiallos Morales, M. C. (2017). *Cuantificación de metales pesados y calidad microbiológica de frutas y vegetales que se expendan en el mercado mayorista de la ciudad de Ambato* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Carrera de Ingeniería Bioquímica). Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/25296/1/BQ%20111.pdf>
- Galán, E., & Romero, A. (2008). Contaminación de suelos por metales pesados. *Revista de la sociedad española de mineralogía*, 10, 48-60.
- Gallagher, F.J., Pechmann, I., Bogden, J.D., Grabosky, J., Weis, P. (2008). Soil metal concentrations and productivity of *Betula populifolia*(gray birch) as measured by field spectrometry and incremental annual growth in an abandoned urban brownfield in New Jersey. *Environmental Pollution* 156 (3;699–706).
- García-Céspedes, D., Lima-Cazorla, L. A., Ruiz-Gutierrez, L., Santana-Romero, J. L., & Calderón-Peñalver, P. A. (2016). Agroecosistemas con probables riesgos a la salud por contaminación con metales pesados. *Revista cubana de Química*, 28(1), 378-393. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-54212016000100004&script=sci_arttext&tlng=en
- Gil, C., Ramos-Miras, J., & Boluda, R. (2002). Niveles Estándar de Cu, Zn y Co y Evaluación de la Contaminación en los suelos de los invernaderos de la comarca del poniente (Almería, España). *Edafología*, 9(3), 283-294. Disponible en: <http://edafologia.net/revista/tomo9c/pag283.pdf>

- González Flores, E., Tornero Campante, M. A., Angeles Cruz, Y., & Bonilla y Fernandez, N. (2009). Concentración total y especiación de metales pesados en biosólidos de origen urbano. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(1), 15-22.
- González-Flores, E., Tornero-Campante, M. A., Sandoval-Castro, E., Pérez-Magaña, A., & Gordillo-Martínez, A. J. (2011). Biodisponibilidad y fraccionamiento de metales pesados en suelos agrícolas enmendados con biosólidos de origen municipal. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 27(4), 290-301.
- Iyama, W. A., Okpara, K., & Techato, K. (2022). Assessment of Heavy Metals in Agricultural Soils and Plant (*Vernonia amygdalina* Delile) in Port Harcourt Metropolis, Nigeria. *Agriculture*, 12(1), 27.
- JAD (Junta Agroempresarial Dominicana, DO). (1995). Trabajando para mejorar la agricultura en Constanza. *Agroempresa* 6 (53): 5.
- Jiménez-Ramírez, C., del Carmen Cruz-Angulo, M., Juárez-Pérez, C. A., Chávez-Gómez, N. L., Gopar-Nieto, R., Marin-López, K. S., ... & Cabello-López, A. (2017). Enfermedad renal crónica en México y su relación con los metales pesados. *Revista Médica del Instituto Mexicano del Seguro Social*, 55(6), 725-734.
- Kabata-Pendias, A. (2004). Soil-plant transfer of trace elements—an environmental issue. *Geoderma*, 122(2), 143-149. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0016706104000084>
- Khaledian Y, Pereira P, Brevik E.C, Pundyte N, Paliulis D. 2016. The Influence of Organic Carbon and pH on Heavy Metals, Potassium, and Magnesium Levels in Lithuanian Podzols. *Land Degradation and Development*. DOI: 10.1002/ldr.2638
- Khan A., Khan S., Khan M. A., Qamar Z. & Wagas M.(2015). The uptake and bioaccumulation of heavy metals by food plants on plant nutrients, and associated health risk: a review. *Environmental Science Pollution*, 22:13772-13799. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-015-4881-0>
- Khan, K., Khan, H., Lu, Y., Ihsanullah, I., Nawab, J., Khan, S., & Maryam, A. (2014). Evaluation of toxicological risk of foodstuffs contaminated with heavy metals in Swat, Pakistan. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 108, 224-232. Disponible en:
- Khan, S.; Cao, Q. (2007). Soil enzymatic activities and microbial community structure with different application rates of Cd and Pb. *Journal of Environment. Science* 19 (7), 834-840.
- Lado, L.R., Hengl, T., Reuter, H.I., (2008). Heavy metals in European soils: a geostatistical analysis of the FOREGS Geochemical database. *Geoderma* 148, 189–199.
- Lægreid, M., Bockman, O. C., & Kaarstad, O. (1999). Agriculture, fertilizers and the environment. CABI publishing.
- González Ulibarry, P. (2019). Efecto de los plaguicidas sobre la salud humana. In *Biblioteca Del Congreso Nacional de Chile* (pp. 1-2).
- Londoño, L.F., Londoño, P.T., & Muñoz, F.G. (2016). “Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal,” *Biotechnología en el Sect. Agropecu. y Agroindustrial*, vol. 14, no. 2, p. 145, 2016. Disponible en:

- López Díaz, G. (2021). Evaluación del potencial de los invernaderos hortícolas en el área de Almería para la compatibilización de la producción agrícola con la producción de energía fotovoltaica. Tesis Doctoral, Programa de Doctorado en Tecnología de Invernaderos e Ingeniería Industrial y Ambiental, Universidad de Almería. 164p. Disponible en: <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/10364/01.%20Tesis.pdf.pdf?sequence=1>
- López, E. P., & Murillo, C. B. (2017). Evaluación de tres métodos para la recuperación de metales pesados en fertilizantes. *Cuadernos de Investigación UNED*, 9(2), 257-265.
- Mahecha-Pulido, J. D., Trujillo-González, J. M., & Torres-Mora, M. A. (2015). Conteúdo de metais pesados em solos agrícolas na região Ariari, Departamento de Meta. *Orinoquia*, 19(1), 118-122.
- Medina Melo, K. D. (2019). Recuperación de suelos degradados: casos de contaminación por metales pesados. Disponible en: <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/handle/20.500.12558/4481>
- Mendoza-Escalona, B., Torres-Rodríguez, D., Marcó, L. M., Gómez, C., Estanga-Barrios, M., & García-Orellana, Y. (2021). Concentración de metales pesados en suelos agrícolas bajo diferentes sistemas de labranza. *TecnoLógicas*, 24(51), 4-15. Disponible en: <https://doi.org/10.5772/intechopen.82511>
- MEPyD (Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo). (2012). Ley 1-12: Estrategia Nacional de Desarrollo 2030. Santo Domingo. Disponible en: <http://economia.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/end/marco-legal/ley-estrategia-nacional-de-desarrollo.pdf>
- Mercedes, M. (2016). Constanza: Sinónimo de tierra fértil. *Metrord digital*. Disponible en: <https://www.metrord.do/do/estilo-vida/2016/08/25/constanza-sinonimo-tierra-fertil.html>
- Micó C, Recatalá L, Peris M, Sánchez J. (2006). Assessing heavy metal sources in agricultural soils of an European Mediterranean area by multivariate analysis. *Chemosphere*. 2006;65(5):863-872.
- Monge-Freile, M. F., Álvarez-Sánchez, A. R., Batista-Casaco, A. R., & Alvarado, W. H. S. (2022). Necesidades hídricas del cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) variedad Williams. *Ciencia y Tecnología*, 15(2), 19-23.
- Muchuweti, M., Birkett, J. W., Chinyanga, E., Zvauya, R., Scrimshaw, M. D., & Lester, J.N. (2006). Heavy metal content of vegetables irrigated with mixture of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, 112, 41-4
- Muhammad, S., Shah, M. T., & Khan, S. (2011). Health risk assessment of heavy metals and their source apportionment in drinking water of Kohistan region, northern Pakistan. *Microchemical journal*, 98(2), 334-343.
- ONU Habitat (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos). (15 noviembre 2022). ¡Ya somos 8 mil millones de personas en el mundo!. ONU Noticias. Disponible en: <https://onuhabitat.org.mx/index.php/ya-somos-8-mil-millones-de-personas>
- Oviedo-Anchundia, R., Moina-Quimí, E., Naranjo-Morán, J., & Barcos-Arias, M. (2017). Contaminación por metales pesados en el sur del Ecuador asociada a la actividad minera. *Bionatura*, 2, 437-441.

- Pacco Choquepata, D. (2018). Determinación de metales pesados en leche y pelo de vacas de la cuenca del río Llallimayo Melgar-Puno.
- Pérez Silva, K.R., Bolaños, A. M. V., Rodríguez, L. C. H., Ospina, D. A. P., & Segura, M. Á. B. (2016). Uso de scenedesmus para la remoción de metales pesados y nutrientes de aguas residuales para la industria textil. *Ingeniería solidaria*, 12(20), 95-105.
- Pineda, M. E. B., & Rodríguez, A. M. G. (2015). Metales pesados (Cd, Cr y Hg): su impacto en el ambiente y posibles estrategias biotecnológicas para su remediación. *I3+*, 2(2), 82-112.
- Prieto Méndez, J., Ramírez, C. A. G., Gutiérrez, A. D. R., & García, F. P. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 10(1), 29-44.
- Quinteros, E., Ribó, A., Mejía, R., López, A., Belteton, W., Comandari, A., ... & López, D. L. (2017). Heavy metals and pesticide exposure from agricultural activities and former agrochemical factory in a Salvadoran rural community. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 1662-1676. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7899-z>
- Quispe Quispe, A. Y. (2022). Efecto de fertilizantes químicos en la biodisponibilidad de metales pesados, para cultivo del Ajo, en suelos agrícolas de Chilina y Valle de Tambo. Disponible en:
- Reyes O.A.L., García C.N.E. (2004). Evolución de las fracciones húmicas de suelos de la zona chinampera de la ciudad de México. *Terra latinoamericana*. Universidad Autónoma Chapingo. 22(3) 289-298.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jiménez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 16(2), 66-77. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
- Riquelme-Garcés, A., González-Vallejos, F., Contreras-Luque, P., & Mazuela, P. (2013). Manejo del cultivo de hortalizas y su efecto en la sustentabilidad de un valle costero del desierto de Atacama, Chile. *Idesia (Arica)*, 31(3), 113-117. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/idesia/v31n3/art16.pdf>
- Rodríguez Heredia, D. (2017). Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan*, 21(12), 3372-3385.
- Rueda Saa, G., Rodríguez Victoria, J. A., & Madriñán Molina, R. (2011). Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: Perspectivas para Colombia. *Acta agronómica*, 60(3), 203-217. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122011000300001
- Salas-Ávila, D., Chaiña-Chura, F. F., Belizario-Quispe, G., Quispe-Mamani, E., Huanqui-Pérez, R., Velarde-Coaquira, E., ... & Hermoza-Gutiérrez, M. (2021). Evaluación de metales pesados y comportamiento social asociados con la calidad del agua en el río Suches, Puno, Perú. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(6), 145-195.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jiménez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 16(2), 66-77.

- SAN (Servicio Agropecuario Nacional). (31 agosto 2022). Hortalizas, Verduras Y Frutas Libres De Residuos De Plaguicidas En República Dominicana. Disponible en: <https://san.com.do/hortalizas-verduras-y-frutas-libres-de-residuos-de-plaguicidas-en-republica-dominicana/>
- Sánchez León, E. (2017). Papel del suelo en la toxicidad del cadmio. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/56981/1/ELENA%20SANCHEZ%20LEON.pdf>
- Santos, B. M., Obregón-Olivas, H. A., & Salamé-Donoso, T. P. (2010). Producción de Hortalizas en Ambientes Protegidos: Estructuras para la Agricultura Protegida: HS1182/HS1182, 8/2010. *EDIS*, 2010(6). Disponible en: https://horticulture.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk1816/files/extension_material_files/Santos_academic_paper_estructuras_para_la_agricultura_protegida.pdf
- Solís-Domínguez F. (2007). Acumulación de Cadmio en *Echinochloa polystachya* asociada a *Glomus osseae* beg25 y *Pseudomonas fluorescens* 2-4. Tesis Doctoral. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-IPN). México DF. pp. 1- 115.
- Solís-Domínguez, F. A., González-Chávez, M. C., Carrillo-González, R., & Rodríguez-Vázquez, R. (2007). Accumulation and localization of cadmium in *Echinochloa polystachya* grown within a hydroponic system. *Journal of hazardous materials*, 141(3), 630-636.
- Soto-Benavente, M., Rodríguez-Achata, L., Olivera, M., Arostegui Sanchez, V., Colina Nano, C., & Garate Quispe, J. (2020). Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana. *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 49-59.
- Tiller, K. G. (1989). Heavy metals in soils and their environmental significance. *Advances in Soil Science: Volume 9*, 113-142.
- Trujillo-González, J. M., Torres-Mora, M. A., Keesstra, S., Brevik, E. C., & Jiménez-Ballesta, R. (2016). Heavy metal accumulation related to population density in road dust samples taken from urban sites under different land uses. *Science of the total environment*, 553, 636-642.
- USDA (Departamento de Agricultura de Estados Unidos). (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Disponible en: <http://soils.usda.gov/sqi/assessment/files/KitSpanish.pdf>
- Vidarte Requejo, R.F. (2023). Determinación y Cuantificación de Metales Pesados (As, Cd, Hg, Pb) en la Cuenca Media del Rio Chancay-Lambayeque _ 2022.
- Villagran, E.A., Rodríguez A.O, León R.I., Jaramillo, J.E. Ramírez Matarrita, R., Mejía, J.I., López; G., & Roperó, L. (2021). Producto 2: Modelo de prototipos de estructura para sistema de horticultura de ambiente protegido por país. *Proyecto Innovaciones para la horticultura en ambientes protegidos en zonas cálidas: opción de intensificación sostenible de la agricultura familiar en el contexto de cambio climático en ALC*. Disponible en: https://www.fontagro.org/new/uploads/productos/16343_-_Producto_2.pdf
- Yacomelo M. (2014). Riesgo toxicológico en personas expuestas, a suelos y vegetales, con posibles concentraciones de metales pesados, en el sur del Atlántico, Colombia. Tesis Maestría. Universidad Nacional de Colombia.
- Yang, Z.F., Cheng, H.X., Xi, X.H., et al., 2005. Regional ecological geochemical assessment: ideas and prospects. *Geol. Bull. China* 24, 687-693, in Chinese.

- Yi, Y. M., & Sung, K. (2015). Influence of washing treatment on the qualities of heavy metal-contaminated soil. *Ecological engineering*, 81, 89-92.
- Zafra-Mejía, C., Vargas, J. B., & Peña, Y. H. (2020). Contaminación y salud pública en hábitats urbanos: metales pesados en sedimentos viales de Bogotá, Colombia. *Revista EIA*, 17(33), 33001-pp.
- Zapata Valladolid, J. C. (2019). Contenido de metales pesados en vegetación alrededor de una mina cerrada en la región Piura.

ANEXOS

 CENTA	Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA) Laboratorio de Suelos y Aguas C/. Progreso No.1, La Duquesa, Apartado Postal No. 380-9 Sto. Domingo, Rep. Dominicana, D.N. email: centalab@gmail.com, Tel. (809) 564-4401; Fax (809) 564-4400 RNC: 424-00068-9	Código: Revisión No.: 1 Fecha revisión: 05/06/2010 Página:	1 05/06/2010 1 de 1
	Reporte análisis metales pesados en suelos		

Código Cliente:	_____	Fecha solicitud:	28/09/2022
Cliente:	Glenny López	Teléfonos:	809-796-0873
Solicitante:	-	Teléfonos:	-
email:	-	Fax:	-
Provincia:	La Vega	Municipio:	Constanza
Paraje:	-	Cultivo:	Varios
		Sección:	Tineo, Valle, Sabina
		Edad Cultivo:	-

Código Laboratorio	Identificación muestra	Unidad	Muestras			
			Cromo (Cr)	Niquel (Ni)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
28SEP22-0514-SU	INV S1 TE VR	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0515-SU	INV S3 PM JF	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0516-SU	INV S4 SC LQ	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0517-SU	INV S5 FR FQ	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0518-SU	INV S6 TE JLD	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0519-SU	INV S7 PM MN	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0520-SU	INV S8 PE MQ	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0521-SU	INV S9 BR CQ	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0522-SU	INV S10 FT MP	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0523-SU	INV S11 TE AM	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0524-SU	INV S12 TE CA	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0525-SU	INV S13 TE PR	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001



Instituto Dominicano de Investigaciones Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA)

C/. Progreso No.1, La
Duquesa, Apartado Postal
No. 380-9 Santo Domingo,
República Dominicana,
D.N. Tel. (809) 564-4401;
Fax (809) 564-4400

Reporte análisis metales pesados en foliares

Código Laboratorio	Identificación muestra	Unidad	Muestras			
			Cromo (Cr)	Niquel (Ni)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
28SEP22-0062-FO	INV V1 TE VR	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0063-FO	INV V2 TB VR	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0064-FO	INV V3 PM JA	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0065-FO	INV V5 FR FQ	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0066-FO	INV V6 TE JLD	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0067-FO	INV V7 PM MN	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0068-FO	INV V8 PE MQ	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0069-FO	INV V9 BR CG	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0070-FO	INV V10 FT HP	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0071-FO	INV V11 TE AM	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0072-FO	INV V12 TE CA	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0073-FO	INV V13 TE PR	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001

 CENTA	Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales					
	Centro de Tecnologías Agrícolas (CENTA)			Código:		
	Laboratorio de Suelos y Aguas			Revisión No.:	1	
	C/. Progreso No.1, La Duquesa, Apartado Postal No. 380-9 Sto. Domingo, Rep. Dominicana, D.N.			Fecha revisión:	5/6/2010	
	email: centalab@gmail.com, Tel. (809) 564-4401; Fax (809) 564-4400					
	RNC: 424-00068-9					
	Reporte análisis metales pesados en suelos			Página:	1 de 1	
Codigo Cliente:				Fecha solicitud:	28/09/2022	
Cliente:	Glenny López			Teléfonos:	809-796-0873	
Solicitante:	-			Teléfonos:	-	
email:	-			Fax:	-	
Provincia:	La Vega	Municipio:	Constanza	Sección:	Tineo, Valle, Sabina	
Paraje:	-	Cultivo:	Varios	Edad Cultivo:	-	
Código Laboratorio	Identificación muestra	Unidad	Muestras			
			Cromo (Cr)	Niquel (Ni)	Cadmio (Cd)	Plomo (Pb)
28SEP22-0514-SU	INV S1 TE VR	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0515-SU	INV S3 PM JF	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0516-SU	INV S4 SC LQ	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0517-SU	INV S5 FR FQ	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0518-SU	INV S6 TE JLD	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0519-SU	INV S7 PM MN	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0520-SU	INV S8 PE MQ	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0521-SU	INV S9 BR CQ	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0522-SU	INV S10 FT MP	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0523-SU	INV S11 TE AM	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
28SEP22-0524-SU	INV S12 TE CA	mg/kg	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001