



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Evaluación del riesgo de uso de aguas contaminadas del Río Moche en  
los agricultores de la Campiña de Moche 2023

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Leon Castillo, Carlos Daniel ([orcid.org/0000-0002-5607-7256](https://orcid.org/0000-0002-5607-7256))

Marquina Navez, Jhan Carlos ([orcid.org/0000-0002-7049-5489](https://orcid.org/0000-0002-7049-5489))

**ASESOR:**

MSc. Huerta Chombo, German Luis ([orcid.org/0000-0002-6211-4578](https://orcid.org/0000-0002-6211-4578))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO— PERÚ

2023

## **DEDICATORIA**

Queremos expresar nuestra gratitud a nuestros padres, ya que han sido fundamentales en nuestra formación y en nuestros logros actuales. Han establecido reglas y también nos han brindado ciertas libertades, siempre motivándonos a perseguir nuestros sueños.

Les agradecemos, padres, por todo.

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento principal va dirigido a Dios, quien nos ha orientado y nos ha brindado la fuerza necesaria para continuar avanzando.

A nuestros familiares, por su amor incondicional, apoyo emocional y sacrificio a lo largo de los años. Gracias por creer en nosotros y por brindarnos el espacio y la tranquilidad necesaria para dedicarnos a esta investigación.

A nuestros amigos y compañeros de clase, por su amistad, motivación y las discusiones intelectuales enriquecedoras que tuvimos a lo largo de este viaje académico.

Nuestro asesor de tesis, por su orientación experta, paciencia y apoyo constante a lo largo de este proceso. Sus valiosos consejos y sabiduría académica fueron esenciales para dar forma a este trabajo.



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Evaluación del riesgo de uso de aguas contaminadas del Río Moche en los agricultores de la Campiña de Moche 2023", cuyos autores son LEON CASTILLO CARLOS DANIEL, MARQUINA NAVEZ JHAN CARLOS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

TRUJILLO, 26 de Noviembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
HUERTA CHOMBO GERMAN LUIS <b>DNI:</b> 04206862 <b>ORCID:</b> 0000-0002-6211-4578	Firmado electrónicamente por: GEHUERTA el 14-12- 2023 20:54:10

Código documento Trilce: TRI - 0666055



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

### **Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, LEON CASTILLO CARLOS DANIEL, MARQUINA NAVEZ JHAN CARLOS estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Evaluación del riesgo de uso de aguas contaminadas del Río Moche en los agricultores de la Campiña de Moche 2023", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
CARLOS DANIEL LEON CASTILLO <b>DNI:</b> 71101816 <b>ORCID:</b> 0000-0002-5607-7256	Firmado electrónicamente por: CLEONCAS el 26- 112023 14:52:30
JHAN CARLOS MARQUINA NAVEZ <b>DNI:</b> 60041692 <b>ORCID:</b> 0000-0002-7049-5489	Firmado electrónicamente por: JCMARQUINAM el 2611-2023 10:17:38

Código documento Trilce: TRI - 0666057

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	ii
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL ASESOR .....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	10
3.2. Variables y operacionalización.....	10
3.3. Población, muestra y muestreo.....	11
3.5. Procedimientos .....	12
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN .....	52
VI. CONCLUSIONES .....	56
VII. RECOMENDACIONES .....	58
REFERENCIAS .....	60
ANEXOS.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Medios de contaminación y rutas de exposición correspondientes .....	15
Tabla 2: ECA para agua, Categoría III: Riego de vegetales y resultado de análisis de muestra .....	17
Tabla 3: Parámetros de análisis de agua que superan los ECAs.....	23
Tabla 4: Estándares de Calidad Ambiental para suelo y resultados de análisis de muestras.....	24
Tabla 5: Tipos de suelo, según valores de pH y análisis de muestra .....	24
Tabla 6: Nivel de Conductividad Eléctrica según el desarrollo de cultivos .....	25
Tabla 7: Parámetros de análisis de suelo que superan los Límites Máximos Admisibles .....	33
Tabla 8: Valores de los parámetros de exposición empleados en la evaluación de riesgo .....	34
Tabla 9: Parámetros de análisis de cultivo que superan los límites máximos admisibles .....	41
Tabla 10: Fórmula para estimar la exposición por el contacto dérmico del agua superficial .....	42
Tabla 11: Dosis de absorción del agricultor por el contacto dérmico del agua.....	43
Tabla 12: Fórmula para estimar el riesgo de exposición por el contacto dérmico del agricultor con suelo contaminado con metales pesados .....	44
Tabla 13: Dosis de absorción del agricultor por el contacto dérmico del suelo .....	45
Tabla 14: Fórmula para estimar la exposición al riesgo a través de la ingesta de alimentos en la cadena trófica por la alimentación del cuy .....	46
Tabla 15: Dosis de absorción por la ingesta de alimento del cuy.....	47
Tabla 16: Acumulación de metal pesado en el cuerpo del agricultor .....	48
Tabla 17: Límites máximos de metales pesados en el cuerpo humano .....	48
Tabla 18: Comparación de la acumulación de metal en el cuerpo del agricultor con los Límites máximos de metales pesados en el cuerpo humano .....	49
Tabla 19: Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales.....	49
Tabla 20: Comparación de la dosis de ingesta de alimento chala en roedor (cuy) con los Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales.....	50

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa del canal de la Campiña de Moche .....	11
Figura 2: Concentración de Cobre en muestras de agua .....	18
Figura 3: Concentración de Plomo en muestras de agua .....	19
Figura 4: Concentración de Zinc en muestras de agua .....	20
Figura 5: Concentración de Hierro en muestras de agua .....	21
Figura 8: pH en muestras de agua .....	22
Figura 9: Conductividad Eléctrica en muestras de agua .....	23
Figura 10: Concentración de Cobre en muestras de suelo .....	26
Figura 11: Concentración de Plomo en muestras de suelo .....	27
Figura 12: Concentración de Zinc en muestras de suelo .....	28
Figura 13: Concentración de Hierro en muestras de suelo .....	29
Figura 14: Concentración de Arsénico en muestras de suelo .....	30
Figura 15: Concentración de Cadmio en muestras de suelo .....	31
Figura 16: pH en muestras de suelo .....	32
Figura 17: Conductividad eléctrica en muestras de suelo .....	33
Figura 18: Concentración de Cobre en muestras de planta .....	35
Figura 19: Concentración de Plomo en muestras de planta .....	36
Figura 20: Concentración de Zinc en muestras de planta .....	37
Figura 21: Concentración de Hierro en muestras de planta .....	38
Figura 22: Concentración de Arsénico en muestras de planta .....	39
Figura 23: Concentración de Cadmio en muestras de planta .....	40
Figura 24: pH en muestras de planta .....	41



## RESUMEN

El objetivo principal de esta investigación fue evaluar el riesgo de la utilización de aguas contaminadas del río Moche en los agricultores de la Campiña de Moche. La metodología de la investigación fue básica, con diseño de tipo no experimental y transversal con enfoque de tipo cualitativa. El estudio se realizó mediante la técnica observación de campo para muestras de agua, suelo, planta, y procedimiento de evaluar la presencia de metales pesados como Cu, Pb, Zn, Fe, As, Cd, y también pH y Conductividad Eléctrica, y sus posibles riesgos a la salud por la ingesta de alimentos. Los resultados estimados indicaron concentración de Plomo en organismos de los agricultores (0,108 mg/kg), superando el límite permitido (0,050 mg/kg). En el agua de riego, se detectó una conductividad eléctrica (2762  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) que excede los ECA. En el suelo, se observa acumulación de cobre (287,6 ppm), plomo (137,7 ppm) y zinc (475,8 ppm), superando los límites establecidos. Los cultivos destinados al consumo de cuyes presentaron niveles elevados de cobre (267,69 mg/kg) y plomo (132,98 mg/kg), intensificando aún más los riesgos para la salud a largo plazo debido a la importancia de la cadena alimentaria.

**Palabras clave:** Metales pesados, aguas contaminadas, evaluación de riesgos, riesgo a la salud, suelos agrícolas.

## ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the risk of using contaminated water from the Moche River for farmers of La Campiña de Moche. The research methodology was a basic, non-experimental and cross-sectional design, with a qualitative approach. The study was carried out using the field observation technique for water, soil and plant samples, and a procedure to evaluate the presence of heavy metals such as Cu, Pb, Zn, Fe, As, Cd, as well as pH and electrical conductivity, and their possible health risks from food intake. The estimated results indicated lead concentration in farmers' organisms (0,108 mg/kg), exceeding the permitted limit (0,050 mg/kg). Electrical Conductivity was detected in the irrigation water (2762  $\mu$ S/cm) that exceeds the Environmental Quality Standard (ECA, of its acronym in Spanish). In the soil, accumulation of copper (287,6 ppm), lead (137,7 ppm) and zinc (475,8 ppm) were observed, exceeding the established limits. Crops intended for consumption by guinea-pigs showed elevated levels of copper (267,69 mg/kg) and lead (132,98 mg/kg), further intensifying long-term health risks due to their importance of the food chain.

**Keywords:** Heavy metals, contaminated water, risk assessment, health risk, agricultural soils.

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del agua, posiblemente causada por diversas fuentes como descargas industriales, minerías, explotaciones ganaderas y prácticas agrícolas, amenaza la seguridad alimentaria al exponer los cultivos a la existencia de metales pesados y otros contaminantes. Esta situación no solo compromete la calidad de los alimentos producidos, sino que también plantea riesgos directos para la salud de los agricultores y las comunidades locales que dependen del río para el consumo de agua. Abordar esta problemática requiere medidas urgentes para mitigar la contaminación, proteger la salud de la población y asegurar la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura de calidad.

La disponibilidad y calidad de recursos acuíferos en los ríos es una preocupación global. En la época actual, asegurar la disponibilidad y calidad de agua se ha transformado en una preocupación global primordial, dado que este recurso juega un papel decisivo en el cultivo de alimentos de buena calidad, minimizando la exposición a riesgos de contaminantes que podrían afectar bienestar de los agricultores y consumidores finales. (Quinteros et al. 2019, pg. 3).

Según Vásquez (2021, pg. 1) la agricultura representa la principal fuente de alimentos a nivel global; sin embargo, con frecuencia se enfrenta a problemas relacionados con la accesibilidad y eficacia de agua. La calidad del agua utilizada en la irrigación es esencial para garantizar la sostenibilidad de la agricultura. Además, el uso de agua de calidad deficiente en el riego ha sido el factor principal detrás del deterioro de los suelos y contaminación de los cultivos (Trinilli et al. 2023, pg. 2).

García et al. (2021, pg. 2) subrayan que la contaminación originada por las acciones humanas ha causado impactos directos e indirectos en los manantiales de agua de ríos y sistema de riego, debido al vertido de aguas residuales provenientes de hogares, industrias, minerías, explotaciones ganaderas y prácticas agrícolas.

En áreas urbanas o periurbanas, la contaminación del agua puede manifestarse en múltiples ubicaciones a lo largo de un canal de riego, lo que subraya la

jerarquía de evaluar la variabilidad de agentes contaminantes en varios puntos del canal. Además, los contaminantes acumulados en aguas residuales tienen el potencial de infiltrarse en el suelo y llegar a las capas freáticas, lo que podría acarrear consecuencias significativas para los ecosistemas locales (Guerra et al. 2021, pg. 2).

“El monitoreo de calidad de agua utilizada para irrigación es fundamental para la sostenibilidad de producción agrícola y la productividad de los cultivos” (Subiantoro 2022, pg. 2).

En el Perú, la polución de los ríos constituye una preocupación generada por múltiples factores, como emisión de desechos procedentes de actividades mineras, la carencia de manejo del recurso hídrico doméstico y la liberación de efluentes industriales. Incluso investigaciones recientes sugieren que alrededor de la mitad de los ríos en el país se ven afectados por esta contaminación. Cuando nos enfocamos en la región La Libertad, el problema se agrava considerablemente debido a la actividad minera (Gavidia y Iparraguirre, 2021, pg. 16).

En la Campiña de Moche, el río Moche desempeña un papel crucial como principal fuente de agua superficial utilizada en la agricultura. No obstante, el recurso hídrico plantea diversos desafíos y problemas que afectan directamente a la agricultura y, en última instancia, a la salud humana. Como señalan Abdullah et al. (2023, pg. 2), el mayor problema de la irrigación de cultivos con aguas contaminadas en especial con metales pesados, contaminantes presentes en estas aguas, los cuales pueden depositarse en el suelo y terminar en las plantas cultivadas poniendo en riesgo la salud humana como consecuencia de la cadena alimenticia.

Por tanto, bajo estas premisas se plantea el siguiente problema general: ¿cuál es el riesgo del uso de aguas contaminadas del río Moche en los agricultores de la Campiña de Moche 2023?, y por ende, como problemas específicos: ¿cuáles son los contaminantes presentes en las aguas de los canales de riego utilizadas en la agricultura de la Campiña de Moche?, ¿cuáles son los contenidos de los metales pesados presentes que alteran la calidad del suelo de las áreas de cultivo en la Campiña de Moche?, y ¿qué metales pesados se encuentran en el cultivo de maíz

chala, en la Campiña de Moche y su posible riesgo en la salud de los agricultores y su posible transferencia a la cadena alimentaria?.

La presente investigación se justifica socialmente, porque se busca evaluar labores agrícolas y el uso de aguas contaminadas puede influir en las personas que ingieren productos agrícolas regadas con aguas contaminadas, esto tiene una clara relevancia en el nivel de salud en la sociedad local. Asimismo, los impactos de calidad de agua utilizada para riego para la agricultura son esencial para mantener un suelo de calidad para la producción agrícola a largo plazo, lo que tiene implicaciones económicas significativas para el bienestar alimenticio y reducir los costos de la salud pública. Además, desde la perspectiva ambiental, la indagación evaluó cómo la contaminación y la posible transferencia de contaminantes a través de las plantas, se evidencian impactos ambientales por lo que es importante promover una mejor gestión de los residuos agrícolas y de los diversos contaminantes en los cuerpos de agua del canal de riego de la Campiña de Moche. Por último, desde la perspectiva técnica, la investigación propone información técnica valiosa sobre cómo mejorar la gestión, el tratamiento del agua y remediación de los suelos agrícolas en la Campiña de Moche.

La presente investigación tuvo como objetivo general evaluar el riesgo de la utilización de aguas contaminadas del río Moche en los agricultores de la Campiña de Moche, y como objetivos específicos se planteó identificar y cuantificar los metales pesados en las aguas de los canales de riego utilizadas en la agricultura de la Campiña de Moche, evaluar los contenidos de metales pesados presentes que alteran la calidad del suelo en áreas de cultivo en la Campiña de Moche, y analizar la presencia de metales pesados en el cultivo de maíz chala en la Campiña de Moche y su posible riesgo para la salud de los agricultores, así como la posible transferencia a la cadena alimentaria.

En cuanto a nuestra hipótesis general, la utilización de aguas contaminadas del río Moche en la agricultura de la Campiña de Moche presenta un riesgo significativo para la salud de los agricultores y la calidad de los alimentos debido a la presencia de contaminantes, lo que se reflejará en la concentración de metales pesados en el suelo y los cultivos, potencialmente afectando la salud de la población que consuma estos productos agrícolas.

## II. MARCO TEÓRICO

Guerrero, Leiva y Rodríguez (2020, pg. 2), según sus resultados respecto al estudio de la disponibilidad del líquido elemental en los sectores de riego del río Virú, se reveló una correlación significativa en la cuenca alta y una correlación más fuerte en las cuencas baja y media; por otro lado, el estudio concluye infiriendo que el crecimiento de la vegetación y la floración de los cultivos son altamente susceptibles a factores como temperaturas extremas, cambios climáticos y eventos de sequía o lluvia intensa, lo cual puede tener repercusiones desfavorables en la cantidad de agua accesible y la condición de salud de los cultivos.

Enrique et al. (2021, pg. 1), de acuerdo a los hallazgos de su evaluación del estado del agua en los canales de Los Pantanos de Villa en Lima, se observaron valores de CE, oxígeno disuelto y pH. Además, se detectó que varios parámetros, como nitrato, fósforo, DBO, oxígeno disuelto y Escherichia coli, excedían ECA. Además, el ICA obtenido indicó una calificación mala o intermedia, indicando que el agua está afectada debido a la cercanía a áreas pobladas y fábricas.

Cerna et al. (2022, pg. 1), según los resultados de su estimación de la idoneidad del agua para el riego en la cuenca del Huallaga, se observó que el 18,71% poseía una cantidad sobresaliente, el 44,60% exhibía una calidad satisfactoria, el 25,18% presentaba una calidad intermedia, el 9,35% mostraba una calidad deficiente y el 2,16% una calidad baja. Además, se concluyó que la contaminación se origina principalmente en aguas provenientes de usos municipales y agrícolas, además de áreas problemáticas con la acumulación de desechos sólidos.

Rodríguez (2021, pg. 1), según los resultados de su análisis del estado del agua en los ríos de la cuenca Chancay, se evidenció que los parámetros en los ríos no se ajustaban a los ECA Categoría III. Por otro lado, las quebradas mostraron un pH bajo y altos niveles de elementos metálicos. Sin embargo, los ICA (Índices de Calidad) señalaron que tanto los ríos como las quebradas tenían una buena calidad de agua.

Guzmán, Cruz y Valdés (2019, pg. 1), según los resultados de su análisis de las consecuencias de la polución por metales pesados en el suelo agrícola, se deduce que el suelo estuvo alterado con Cromo, Cobalto, Zinc y Plomo y con urgencia de

remediar las concentraciones de Níquel y Cobre, demostrando niveles significativamente más altos que los informados para la capa externa de la Tierra y los establecidos como límites superiores aceptables.

Flores (2018, pg. 1), en su estudio sobre los efectos adversos de metales pesados en la agricultura de la cuenca baja del río Huaura - provincia Huaura 2017, se evaluó la concentración de metales pesados en el maíz. Los resultados indican que los niveles de Cd, Pb, Cu, Zn en el cultivo de maíz no representan riesgos para su desarrollo, ya que no superaron los umbrales de tolerancia para efectos tóxicos. Además, el uso del agua de riego de la cuenca baja del río Huaura en el suelo arenoso no afecta la calidad del maíz ni genera problemas agrícolas a corto plazo.

Shunan et al. (2020, pg. 7) en su estudio sobre la Evaluación de riesgos para el bienestar de las personas de los metales pesados en el suelo y los cultivos destinados al consumo humano en la Aglomeración urbana del delta del río Perla de Chi, se infiere que con base de los estándares chinos de calidad de suelos y alimentos, la Dosis de referencia oral (RfD) de la EPA de EE. UU. (USEPA, 2003) y el uso de la tierra, nuestros resultados muestran que el cadmio fue clasificado como el metal más contaminante en las muestras de suelo y cultivos. El alto riesgo potencial para la salud por la ingestión de Cadmio a través de vegetales de hoja y raíz se concentró principalmente en partes de Huizhou. Sin embargo, el área con altos cocientes de peligro objetivo (THQ) era muy pequeña y se utilizaba para el cultivo de hortalizas.

Guerrero (2019, pg. 20), de acuerdo a sus resultados respecto a la calidad de agua destinada al uso agrícola en la zona central de la cuenca del río Jequetepeque, se infiere que el recurso hídrico puede ser usado para riego sin problema alguno; no obstante, es relevante que, durante el análisis bacteriológico, los niveles promedio de coliformes tolerantes superaran los límites establecidos para la calidad de agua debido a las descargas provenientes de hogares.

Rodríguez et al. (2022, pg. 1), de acuerdo a sus resultados respecto al análisis de calidad de agua de la Acequia Tilipulo Enríquez Cotopaxi, resaltando las muestras analizadas, se infiere que en promedio la eficacia de agua es aceptable para el riego; por otro lado, el autor infiere que esta información es relevante para

investigaciones futuras y la búsqueda de soluciones para la preservación del agua en la acequia Tilipulo Enríquez.

Dunán et al. (2022, pg. 2), de acuerdo a sus resultados respecto a la evaluación de las aguas del río Yamanigüey para el riego de cultivos, se dedujo que las aguas presentan una calidad muy buena adhiriéndose a los requisitos de los ECA para su aprovechamiento como recurso agrícola; sin embargo, se destaca que, en suelos con una permeabilidad muy baja, puede ser necesario tener precauciones al utilizar estas aguas en cultivos sensibles al sodio y a la salinidad.

Rodríguez et al. (2020, pg. 2), de acuerdo a sus resultados respecto al análisis del uso del método de riego deficitario y los impactos en el cultivo de maracuyá, se evidenció que la aplicación del riego deficitario controlado no causó efecto alguno al cultivo; no obstante, con la aplicación del riego los datos resultantes no representaron limitaciones en las variables, y se dedujo que la disminución de cantidad de agua suministrada en etapas nada críticas no tuvo impacto negativo en el rendimiento de la planta.

Caicedo et al. (2019, pg. 1), de acuerdo a sus resultados respecto a la evaluación del agua del río San Pablo utilizada para riego, se evidenció que durante la temporada seca, el agua no es adecuada para la agricultura; sin embargo, durante este periodo es importante asegurar el suministro de agua necesario para obtener el recurso agrícola indispensable, de otro modo, el autor afirma que las precipitaciones abundantes generan caudales significativos en el río San Pablo, lo que a su vez contribuye a la disolución de sales, por ende, durante estas épocas, el agua se caracteriza por ser de calidad aceptable.

Othman et al. (2021, pg. 1), de acuerdo a sus resultados respecto a las consecuencias de la utilización de aguas para riego sin tratamiento en el suelo, los cultivos, los productos animales y la salud humana, se infiere que aunque los metales pesados en las aguas residuales tratadas cumplían con los límites estándar, la acumulación de estos componentes tóxicos en el suelo y las partes comestibles de los vegetales excedía los límites permitidos; por otro lado, el autor afirma que la reutilización a largo plazo de aguas residuales tratadas puede provocar una acumulación excesiva de metales tóxicos en el suelo y los cultivos, siendo así una preocupación para la salud humana.



Gutiérrez (2019, pg. 4) “El agua es esencial para la humanidad y su preservación, existiendo una estrecha conexión entre el desarrollo social y la demanda de este recurso”.

Hidalgo y Cayao (2019, pg. 20) debido a la intervención humana, las fuentes de agua naturales están experimentando procesos de contaminación, transformándose en aguas residuales con niveles elevados de agentes contaminantes. Esta contaminación ejerce un impacto negativo en la calidad del agua destinada al suministro público, agricultura e industria, y, además, tiene consecuencias como la degradación de la vida en el agua y la generación de riesgos para salud antrópica.

“El agua de calidad se refiere al agua que cumple los Estándares de Calidad de Agua de la Categoría III determinados por las regulaciones vigentes” (Palacios y Velastegui, 2020, pg. 17).

Dunán (2022, pg. 3) nos dice que “la calidad de agua es crucial tanto para garantizar altos niveles de productividad en los cultivos como para preservar adecuadamente la conservación del suelo”.

La toxicidad es un aspecto directo de la calidad del agua, en el que ciertos iones como el cloro (Cl), el boro (B) y el sodio (Na) pueden infiltrarse en los cultivos en cantidades significativas, lo que afecta negativamente la producción de cosechas y puede obstruir el sistema de riego. Además, el autor también señala la importancia de considerar los nutrientes, ya que algunos de ellos pueden representar riesgos no deseados (Ambar, 2022, pg. 9).

Para Ambar (2022, pg. 16) “si existe sales en el agua o en los suelos, estas disminuyen la disponibilidad de agua para los cultivos. Esto causa que las plantas se marchiten y también afecta negativamente los rendimientos de los cultivos”.

La conductividad eléctrica se utiliza como una medida indirecta del nivel de una disolución. Esto se deduce ya que el agua pura tiene una baja conductividad eléctrica, mientras que las sales aumentan dicha conductividad. Por lo tanto, la CE guarda correlación continua con la acumulación total de sales dispersas presentes en el agua (Ambar, 2022, pg. 17).

Ambar (2022, pg. 18) en los suelos, los niveles de pH generalmente oscilan entre 4 y 9. Para lograr una agricultura efectiva, es recomendable contar con suelos que presenten un rango de pH óptimo de 6,0 a 7,5. De otro modo, Rezack, Rahal y Bahmani nos dice que “la ingesta excesiva de nutrientes en las vías fluviales está relacionada principalmente con la contaminación difusa resultante, en particular, de las prácticas agrícolas. Además, la contaminación industrial también provoca la disminución de calidad del agua” (pg. 2).

Cotrina y Arrascue (2019, pg. 13) las aguas residuales son aguas que han experimentado cambios en sus propiedades naturales debido a actividades humanas. Entre sus cambios podemos encontrar metales pesados que contaminan masas de agua causando problemas al ambiente y población.

Para Caicedo (2019), “el estado de agua se evalúa mediante pruebas de laboratorio, donde se analizan tanto las propiedades físicas, químicas y biológicas básicas, como las medidas derivadas” (pg.2).

Los parámetros fisicoquímicos del agua están relacionados con la capacidad que tiende a responder a los sentidos del gusto, vista, etc. y también la disolución de componentes como: metales, alcalinidad, dureza, fluoruros, nutrientes y materias orgánicas (Cárdenas, 2017, pg. 24).

Los metales de alta densidad son sustancias químicas que se caracterizan por tener una densidad superior a 4 g/ml, y se hallan en gran cantidad en el entorno natural. Existen metales, como el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), plata (Ag) y cromo (Cr), que carecen de función biológica y son intrínsecamente tóxicos. La importancia de investigaciones acerca de su nivel en suelos destinados a la agricultura radica en su potencial para causar impactos adversos en la salud de la población (Soto et al., 2020, pg. 50).

“El cadmio es un elemento presente en suelos y rocas, se estima que 25 000 toneladas aproximadamente son expuestas al ambiente” (Ambar, 2022, pg. 20).

El ANA (Autoridad Nacional del Agua) tiene un rol fundamental como entidad principal encargada de supervisar, implementar y dirigir el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos. Entidad encargada para desarrollar, supervisar

y ejecutar la implementación de la Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos.

Según el (ANA) observatorio de recursos hídricos de los resultados obtenidos en los años 2019 y 2020 el Manganeso supera los ECA y los demás metales como el Arsénico, Cadmio, Cobre, Hierro y Plomo están por debajo los ECA en la categoría 3, excepto el pH que sobrepasó los ECA obteniéndose de muestras de análisis 2020 hasta el 2022.

Las políticas de regulación sobre la concentración de metales pesados en el agua en Perú están respaldadas por diversas normativas y leyes. La Ley de Recursos Hídricos, N° 29338, insta un marco legal fundamental. El D.S. N° 006-2017-AG modifica el reglamento de dicha ley, aprobado por el Decreto Supremo N° 001-2010-AG. La Resolución Jefatural N° 224-2013-ANA aprueba el nuevo Reglamento para el Otorgamiento de Autorizaciones de Vertimiento y Reuso de Aguas Residuales Tratadas, mientras que la Resolución Jefatural N° 042-2016-ANA respalda la Estrategia Nacional para el Mejoramiento de la Calidad de los Recursos Hídricos. Además, el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAN aprueba los ECA para el agua, consolidando así un marco normativo integral para abordar la presencia de metales pesados y mejorar la calidad de agua en el país.

El Ministerio del Ambiente es la institución responsable para dirigir, desarrollar, supervisar e implementar la Política Nacional del Ambiente. Además, posee un rol fundamental como entidad líder en el Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Para Palacios et al. (2023, pg. 1) “la utilización de agua previamente procesada en la agricultura impulsará el avance sostenible del riego y contribuirá a garantizar la seguridad alimentaria”. De acuerdo al Riego de Vegetales encontramos a la Categoría 3: la cual nos describe la Subcategoría D1 de irrigación de vegetales.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

La investigación fue básica, se evaluó la calidad del agua de riego y su impacto en el suelo y los cultivos en la campiña de Moche.

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

El estudio fue no experimental y transversal, dado que se realizó un análisis de las muestras del agua, suelo y planta en momento determinado.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

La variable independiente fue la presencia de metales pesados en agua del canal de riego.

La variable dependiente fue la evaluación del riesgo en los agricultores por la exposición a metales pesados.

##### **Definición Conceptual:**

Los metales pesados son elementos químicos con una densidad superior a 4 g/ml, y se encuentran de manera abundante en la naturaleza. Existen metales, como el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), plata (Ag) y cromo (Cr), que carecen de función biológica y son intrínsecamente tóxicos. (Soto et al. 2020, pg. 50)

“La existencia de metales pesados y el riesgo en los agricultores simboliza una deficiencia significativa, ya que estos metales son factores determinantes en una crisis ecológica que, a su vez, afecta a la salud”. (Anaya et al. 2022, pg. 1)

##### **Definición Operacional:**

La variable “la presencia de metales pesados en agua del canal de riego” se medirá en el laboratorio “LABMIN”, mediante el equipo espectrofotómetro por absorción atómica.

La variable “evaluación del riesgo en los agricultores por la exposición a metales pesados” se medirá en el laboratorio “LABMIN”, mediante análisis de muestras de suelo y cultivo por medio del equipo espectrofotómetro por absorción atómica.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### 3.3.1. Población

La población seleccionada fueron las aguas del canal de riego del Sector Campiña de Moche que irrigan los campos agrícolas extensión agrícola de 3 km aproximadamente.

Los criterios de inclusión fueron las aguas de riego para el cultivo de chala en la Campiña de Moche.

Los criterios de exclusión fueron las aguas de riego que no están destinadas al riego de cultivo de chala en la Campiña de Moche.

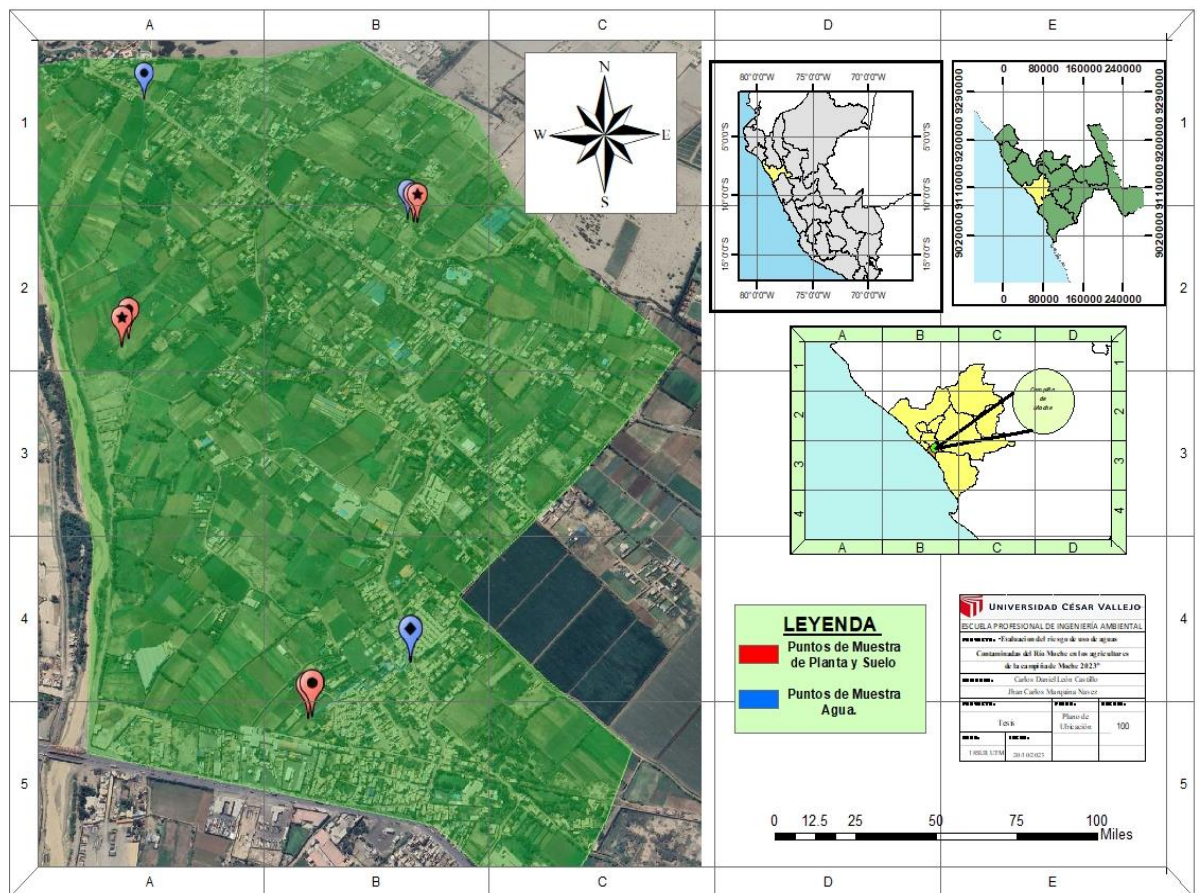


Figura 1: Mapa del canal de la Campiña de Moche

### **3.3.2. Muestra**

Las muestras utilizadas para analizar el estado del recurso hídrico, suelo y planta se recolectaron dentro de la Campiña de Moche, la cual fueron 3 muestras compuestas de suelo de 3 kg, 3 muestras de agua en frasco de 100 ml, 3 muestras de planta chala de 0,03 kg cada una, la cuales se tomaron en diferentes distancias.

### **3.3.3. Muestreo**

Se obtuvo un método de selección de muestras al azar probabilístico aleatorio simple en 3 puntos de muestras en agua, suelo, y planta (chala) en distintos puntos aledaños a lo largo del canal. Principalmente, se identificó el punto de muestreo 1 donde se tomó muestras de suelo P1 – M1, P2 – M2 y P3 – M3, en bolsas herméticas; luego se identificó el punto de muestreo 2 donde se tomó muestras de planta (chala) P1 – M1, P2 – M2 y P3 – M3, en bolsas plásticas selladas; y finalmente se identificó el punto de muestreo 3 donde se adquirieron muestras de agua P1 – M1, P2 – M2 y P3 – M3, en frascos plastificados.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica empleada fue la observación de campo para las muestras de agua, suelo y planta, en la Campiña de Moche, considerando el recorrido del agua desde la bocatoma hasta el punto de uso en la parcela. Se registraron información de: Ubicación georreferenciada de cada punto de muestreo, fecha de muestreo, cantidad de muestra tomada para su análisis del laboratorio de los parámetros como Cobre, Plomo, Zinc, Hierro, Arsénico, Cadmio, pH y Conductividad.

Los instrumentos de recolección de datos fueron fichas de registro diseñadas de acuerdo a los objetivos planteados en esta investigación, adjuntando en los anexos 14, 15, 16.

### **3.5. Procedimientos**

Para evaluar la presencia de metales pesados en el agua, suelo y planta, y comprender su riesgo en la salud de los agricultores, se realizaron

análisis en tres puntos de muestra de agua, tres de suelo y tres de planta. Estas muestras fueron recolectadas en tres ubicaciones distintas en la Campiña de Moche: en la parte alta, central y baja de la zona. La obtención de estas muestras se llevó a cabo en colaboración con el comité de regantes, contando con su autorización y apoyo.

El procedimiento para recopilar las muestras de suelo se llevó a cabo siguiendo el protocolo establecido en la Guía para Muestreo de Suelos, aprobada mediante la RM N°085-2014-MINAM. Esta guía tiene como finalidad proporcionar las especificaciones necesarias para realizar el muestreo en áreas contaminadas, con la intención de determinar la existencia, identidad y cantidad de contaminantes en dichos lugares. Para obtener las tres muestras de suelo, utilizamos herramientas como una pala, picota y bolsas herméticas. Se realizó una excavación de hasta 50 cm de profundidad, de la cual se extrajo una cantidad de 2.5 kg de suelo para su análisis.

El procedimiento para recopilar las muestras de planta se llevó a cabo mediante el protocolo establecido en el Manual Técnico: Toma, Manejo y Envío de Muestras, aprobada mediante la Resolución Administrativa Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria SENASAG N° 069-2021. El Manual tiene como propósito orientar al inspector y/o técnico de campo en la toma, manejo y envío de muestras de laboratorio de análisis fitosanitario, para mejorar y asegurar los resultados de análisis aptos y confiables. Para obtener las tres muestras de planta, se tomaron en el mismo lugar donde se reconocieron las muestras de suelo. Utilizamos una pala y bolsas plásticas selladas para extraer la planta completa, incluyendo las raíces.

El procedimiento para recopilar las muestras de agua se realizó mediante el protocolo de Monitoreo de Calidad Sanitaria de los Recursos Hídricos Superficiales, aprobado mediante el Decreto Supremo N° 261-69-AP, de la Dirección General de Salud Ambiental, donde abarca los parámetros específicos definidos para el monitoreo. Incluye detalles sobre las ubicaciones de toma de muestras y el registro en el terreno, así como las pautas para la conservación adecuada y el envío de muestras al laboratorio

de análisis. Para obtener las muestras de agua se extrajo en tres sitios similares a las muestras de suelo y planta. Para ello, empleamos guantes de latex, frascos de polímero de 100 ml y un cooler, y obtuvimos tres muestras de agua de 100 ml cada una.

Las muestras fueron transportadas al laboratorio y sometidas a análisis. A partir de estos procedimientos, se obtuvieron los resultados, los cuales fueron posteriormente procesados utilizando el programa Excel. Se gestionó una base de datos en la que se registraron diversos parámetros fisicoquímicos, tales como la presencia de metales pesados (Cu, Pb, Zn, Fe, As y Cd) mediante el método de Espectroscopía por absorción atómica. Además, se evaluó el pH mediante el método SMEWW-APHA-WEF Part 4500-H\* A,B 23rd Ed. 2017 y la conductividad eléctrica mediante el método SMEWW-APHA-WEF Part 2510 A,B; 23rd Ed. 2017.

Posteriormente, se llevó a cabo una comparación entre los resultados obtenidos de los parámetros analizados en las muestras de agua y suelo con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), así como con los Valores Estándar de Riesgo establecidos para la contaminación de suelos en tierras agrícolas. Este proceso implicó la representación gráfica de los datos y su posterior interpretación. Este enfoque resultó fundamental para evaluar el riesgo asociado a estos parámetros en el entorno estudiado. Además, se realizó un análisis específico de las muestras de la planta de maíz para detectar la presencia de metales pesados y evaluar sus posibles implicaciones para la salud humana.

Para concluir, se evaluó la probabilidad de que los agricultores experimenten efectos adversos en su salud debido a la concentración de metales pesados en sus organismos, como resultado de la exposición a través del contacto dérmico con el agua y el suelo. Además, se realizó un análisis de la ingesta de alimento de chala en roedor (cuy) para determinar la cantidad de metales pesados que contenían estos animales. Estos se medirán mediante fórmulas estimadas y brindadas por la Agencia de Protección Ambiental EPA/540/1-89/002, sobre la estimación de riesgos de exposición.



En el caso específico del roedor (cuy), se desarrolló que la cantidad de alimento necesaria es de 0,24 kg diarios por cada ejemplar. Para que un cuy alcance el peso óptimo de comercialización, fijado en 0,7 kg, se estima un período de desarrollo de 90 días. Este análisis integral aborda tanto la posible contaminación en la cadena alimentaria como las implicaciones en la salud de los agricultores.

**Tabla 1: Medios de contaminación y rutas de exposición correspondientes**

Medios	Rutas de Exposición Potencial	Formulas
Agua superficial	Contacto dérmico	$DA = \frac{(CA)(AS)(CP)(TE)(FE)(DE)(FC)}{(PC)(TP)}$
Suelo	Contacto dérmico	$DA = \frac{(CS)(FC)(AS)(FA)(FAS)(FE)(DE)}{(PC)(TP)}$
Alimentos	Ingestión	$IDC = \frac{(FC)(TI)(FI)(FE)(DE)}{(PC)(TP)}$

Fuente: Reproducido de Risk Assessment Guidance for Superfund, vol. 1, Human Health Evaluation Manual (parte A). U.S. Environmental Protection Agency, EPA/540/1-89/002, 1989.

Donde FAS = Factor de absorción de contaminantes del suelo (sin unidades)

DA= dosis absorción (en  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ )

FA= factor de adherencia (en  $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ )

TP= tiempo promediado (en día)

PC= peso corporal (en kg)

CCA= concentración de contaminante en el aire (en  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )

IDC= ingesta diaria crónica (en  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ )

FC= factor de conversión =  $1\text{L} \cdot 1000\text{cm}^{-3}$

= factor de conversión para suelo =  $10^{-6}\text{kg} \cdot \text{mg}^{-1}$

TC= tasa contacto (en  $\text{L} \cdot \text{h}^{-1}$ )

CS= concentración de sustancia química en el suelo (en  $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ )

CA= concentración de sustancia química en el agua (en  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )

DE= duración de la exposición (años)

FE= frecuencia de la exposición (en  $\text{días} \cdot \text{años}^{-1}$  o  $\text{eventos} \cdot \text{años}^{-1}$ )

TE= tiempo de exposición ( $\text{h} \cdot \text{día}^{-1}$  o  $\text{h} \cdot \text{evento}^{-1}$ )

FI= fracción ingerida (sin unidades)

TI= tasa de ingestión (en  $\text{L} \cdot \text{día}^{-1}$  o  $\text{mg de suelo} \cdot \text{día}^{-1}$  o  $\text{kg} \cdot \text{comida}^{-1}$ )

= tasa de inhalación (en  $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ )

CP= constante de permeabilidad dérmica específica por compuesto (en  $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$ )

AS= área superficial cutánea disponible para contacto (en  $\text{cm}^2$ )

### **3.6. Método de análisis de datos**

Con el fin de procesar resultados, se tabularon la información, se hizo un análisis estadístico descriptivo, se hicieron un análisis de correlación de Pearson, así mismo los resultados se presentan en gráficos para mejor interpretación, además se hicieron la inferencia estadística para comparar las medias y las correlaciones de las variables. Los datos fueron organizados, codificados y tabulados para su posterior análisis.

Asimismo, se realizaron comparaciones de resultados con los límites admisibles de metales pesados establecidos para cada criterio. Además, se empleó ArcGIS para mapear los puntos de muestreo, proporcionando una representación visual de la distribución de los datos geográficos.

### **3.7. Aspectos éticos**

Este estudio se rige por un conjunto estricto de principios éticos y legales que rigen la investigación. Para garantizar la precisión y el respeto a los derechos de autor, se siguen las normas ISO 690 para la cita y referencia de la información recopilada. Además, se pone un fuerte énfasis en la importancia de la responsabilidad social universitaria y el desarrollo sostenible en beneficio de la comunidad. La elección de la línea de investigación está en sintonía con las tendencias actuales en la facultad de ingeniería ambiental. La información personal proporcionada por la comunidad de estudio se mantiene confidencial. En todas las etapas de la investigación, se ha mantenido la máxima transparencia, sinceridad y ética científica, lo que demuestra un profundo respeto por los investigadores y participantes. Por lo tanto, la información presentada en este análisis es totalmente verídica y cumple con lo establecido en la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 036-2023-DPIF-VI-UCV, aprobada el 17 de marzo de 2023.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Presencia de metales pesados en agua de riego del Canal Campiña Moche

Para evaluar la contaminación de agua de riego por metales pesados, se recolectaron muestras en tres puntos de muestreo diferentes. Estas muestras se transportaron al laboratorio el día 23 de septiembre del 2023, el cual fue el mismo día de su recolección. Los resultados de contenidos de metales pesados se compararon con los ECA (Estándares de Calidad Ambiental) para agua, específicamente en la Categoría III: Riego de vegetales y bebida de animales.

**Tabla 2:** ECA para agua, Categoría III: Riego de vegetales y resultado de análisis de muestra

Categorías		ECA Agua: Categoría 3	Análisis de muestras
Parámetro	Unidad	Parámetros para riego de vegetales	Promedio
		D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo	
Conductividad	(uS/cm)	2 500	2 762
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	7,493
Arsénico	mg/l	0,1	0,000
Cadmio	mg/l	0,01	0,000
Cobre	mg/l	0,2	0,034
Hierro	mg/l	5	1,430
Plomo	mg/l	0,05	0,013
Zinc	mg/l	2	0,070

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

Se realizó un análisis de contenido de los parámetros de Cu, Pb, Zn, Fe, As, Cd, pH y Conductividad Eléctrica, en tres ubicaciones diferentes a lo largo del canal de la Campiña de Moche.

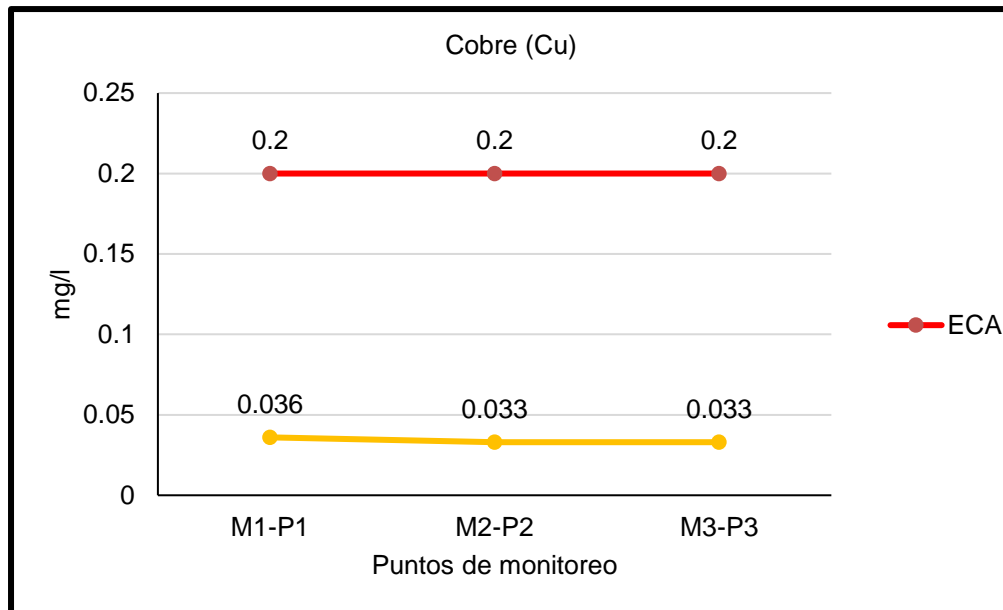


Figura 2: Concentración de Cobre en muestras de agua

Según los resultados obtenidos en las muestras de agua analizadas, la concentración de Cobre se mantiene dentro de los límites establecidos por los ECA para agua, ya que no exceden el valor mínimo permitido de 0,20 mg/l. Como resultado, se obtiene un promedio de concentración de cobre (Cu) de 0,034 mg/l.

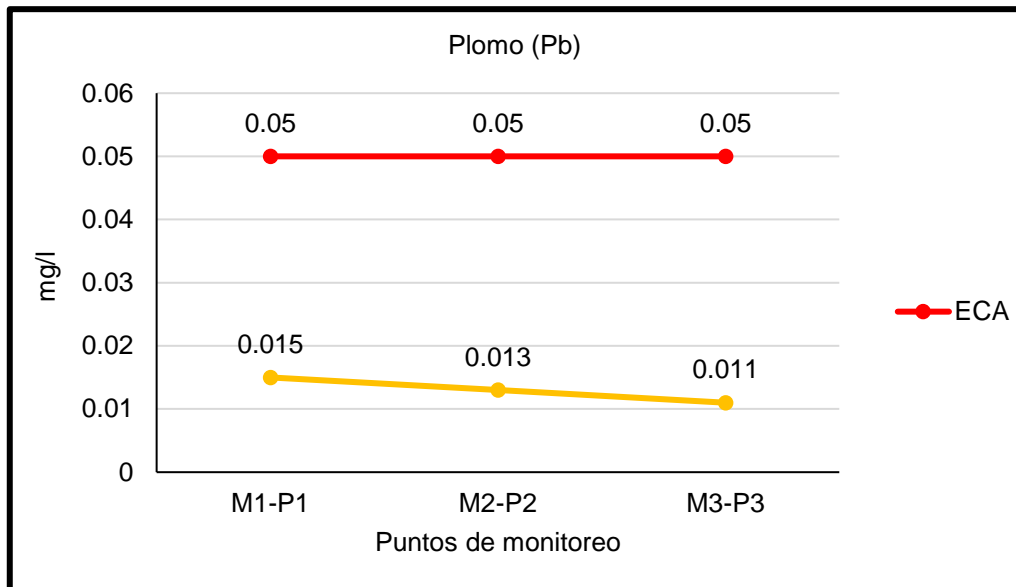


Figura 3: Concentración de Plomo en muestras de agua

Según los resultados obtenidos en las muestras de agua analizadas, la concentración de plomo se mantiene dentro de los límites establecidos por los ECA para agua, ya que no exceden el valor mínimo permitido de 0,5 mg/l. Como resultado, se obtiene un promedio de concentración de plomo (Pb) de 0,013 mg/l.

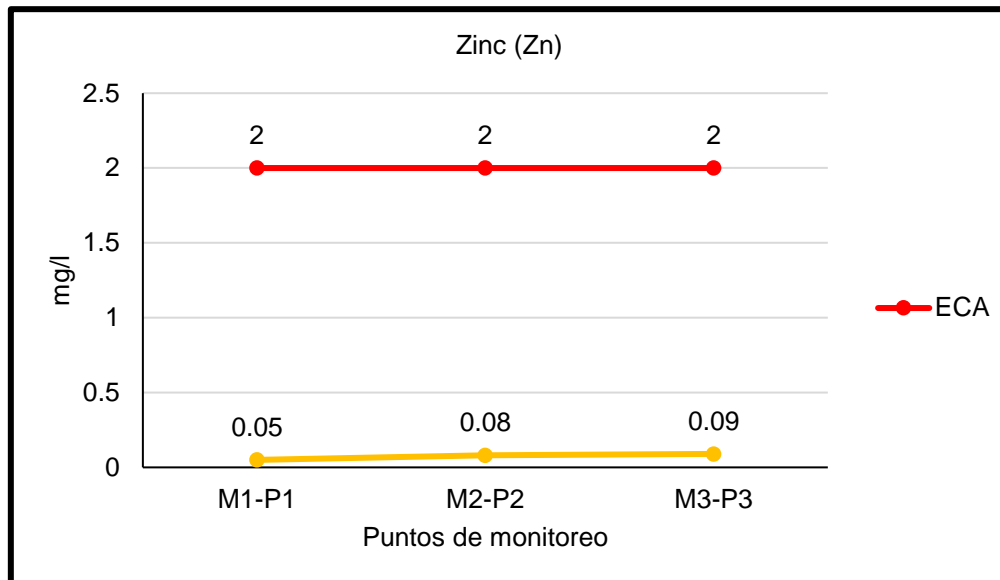


Figura 4: Concentración de Zinc en muestras de agua

Según la concentración de zinc en las muestras de agua analizadas, se mantiene en cumplimiento con los ECA para agua, ya que no superan el valor mínimo permitido de 2 mg/l. Como resultado, se obtiene un promedio de concentración de zinc (Zn) de 0,07 mg/l.

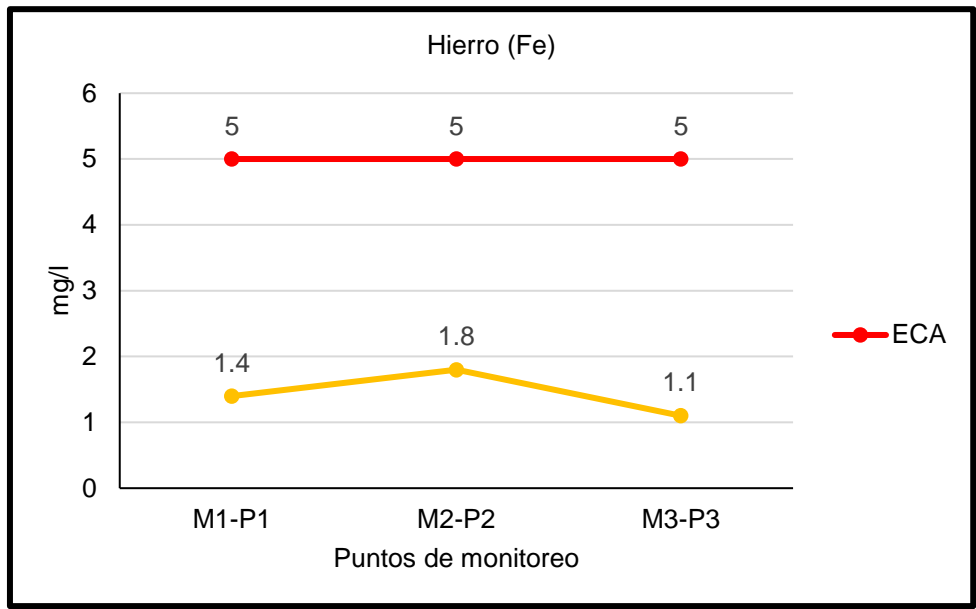


Figura 5: Concentración de Hierro en muestras de agua

Según los resultados obtenidos de las muestras de agua analizadas, la concentración de hierro se mantiene en cumplimiento con los ECA para agua, ya que no superan el valor mínimo permitido de 5 mg/l. Como resultado, se obtiene un promedio de concentración de hierro (Fe) de 1,43 mg/l.

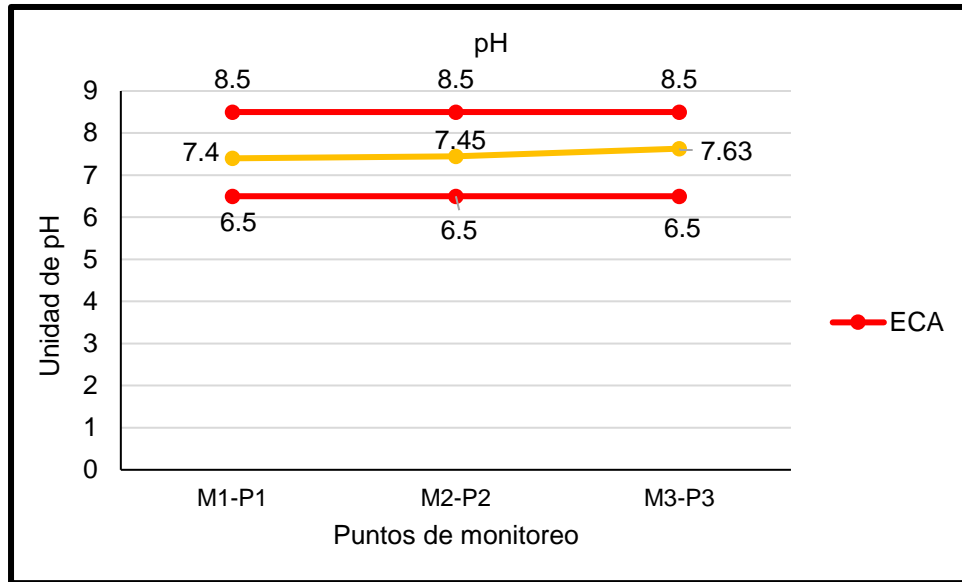


Figura 6: pH en muestras de agua

Según los resultados obtenidos de las muestras de agua analizadas, el pH se mantiene en cumplimiento con los ECA para agua, ya que no superan ni el valor mínimo ni el máximo permitido, que son 6.5 y 8.5 respectivamente. Como resultado, se obtiene un promedio de pH de 7,493.



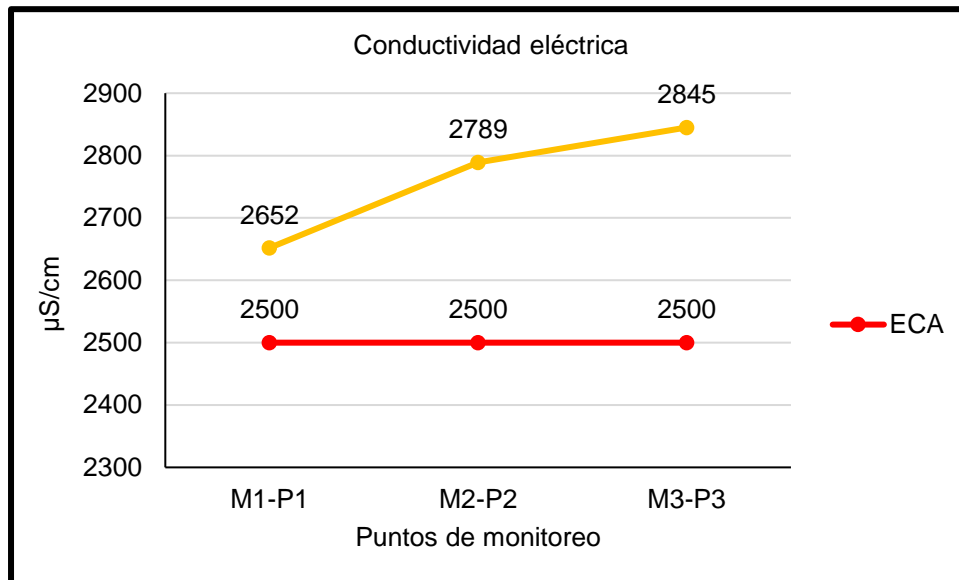


Figura 7: Conductividad Eléctrica en muestras de agua

Según los resultados obtenidos de Conductividad eléctrica para las muestras de agua, éste no cumple con los ECA para agua, ya que supera en 6.08% el valor mínimo permitido de 2500  $\mu\text{S/cm}$ . Como resultado, se da un promedio de Conductividad Eléctrica de 2762  $\mu\text{S/cm}$ . Esto se da por la presencia de contaminantes, como metales pesados que están presentes en forma de sales o compuestos solubles en agua, que pueden disociarse en iones.

**Tabla 3:** *Parámetros de análisis de agua que superan los ECAs*

ECA agua	Unidad de medida	Resultados promedio de muestras de agua	ECA
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	2762	2500

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de los análisis de los parámetros (Cu, Pb, Zn, Fe, As, Cd, pH y Conductividad Eléctrica) en las muestras de agua, se observa la conductividad eléctrica está por encima en 6,08% de los ECA para la categoría 3 de riego de vegetales.

#### 4.2. Evaluación de contenido metales pesados presentes que alteran la calidad del suelo en áreas de cultivo en la Campiña de Moche

Se analizó la concentración de metales pesados en el suelo de la Campiña de Moche mediante la recolección de muestras en tres puntos distintos el día 20 de septiembre de 2023. Estas muestras se llevaron al laboratorio tres días después junto con las muestras de agua y planta. Para determinar su posible impacto se realizaron comparaciones de los parámetros con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo, los Valores Estándar de Riesgo establecidos para la contaminación de suelos en tierras agrícolas, los tipos de suelo según sus valores de pH y los niveles de Conductividad Eléctrica en relación con el desarrollo de cultivos. En el caso del hierro, aunque no se encontraron límites permitidos específicos a nivel nacional, el estudio de Campaña, J. (2004, pág. 35), señala que la presencia de óxidos de hierro en el suelo cambia de acuerdo al tipo de suelo y la roca madre, con una cantidad de hierro ideal en el rango de 1 a 1000 ppm. Sin embargo, la concentración óptima de hierro en el suelo para un crecimiento ideal de diversos cultivos sigue siendo desconocida.

**Tabla 4:** *Estándares de Calidad Ambiental para suelo y resultados de análisis de muestras*

Parámetros en mg/kg PS	Usos Del Suelo	Resultados promedio de muestras (ppm)
	Suelo Agrícola	
Arsénico	50	0,36
Cadmio	1,4	0,17
Plomo	70	137,70
Cobre	100	287,60
Zinc	300	475,80
Hierro	1000	3,18

Fuente: D.S. N° 011-2017-MINAM/Scientific reports

**Tabla 5:** *Tipos de suelo, según valores de pH y análisis de muestra*

pH	Tipo	Observaciones	Análisis de muestra
----	------	---------------	---------------------

Menor de 5,5	Muy ácido	Dificultad de desarrollo de la mayoría de cultivos, dificultad de retención de muchos nutrientes.	
5,5 – 6,5	Ácido		
6,5 – 7,5	Neutro o cercano a neutralidad	Intervalo óptimo para los cultivos	6,73
7,5 – 8,5	Básico		
Mayor de 8,5	Muy básico	Dificultad de desarrollo de la mayoría de los cultivos, posible aparición de clorosis férrica	

Fuente: Garrido, S., 1993, pg. 23

**Tabla 6:** Nivel de Conductividad Eléctrica según el desarrollo de cultivos

Conductividad Eléctrica	Observaciones	Análisis de muestra
Menor a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Buen desarrollo de cultivos	3,50
500 – 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Problemas en algunos cultivos	
Mayor a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$	Dificultades en muchos cultivos	

Fuente: Garrido, S., 1993, pg. 23

Se efectuó un análisis de diversos parámetros en las muestras de suelo tales como Cu, Pb, Zn, Fe, As, Cd, pH y Conductividad Eléctrica, en tres ubicaciones diferentes a lo largo de la Campiña de Moche.

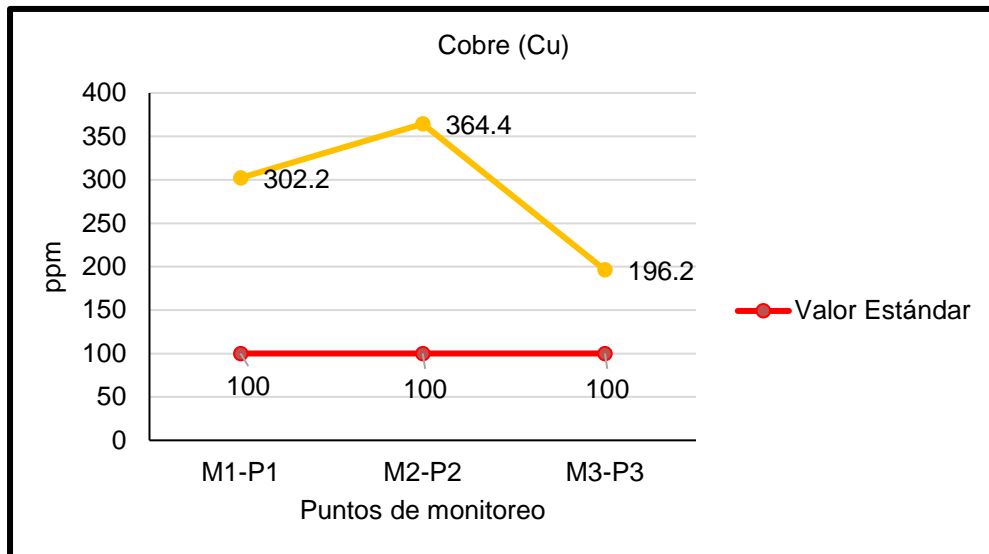


Figura 8: Concentración de Cobre en muestras de suelo

Según los resultados obtenidos de las muestras de suelo, la concentración de Cobre no cumple con el Valor Estándar para tierras agrícolas, ya que excede el valor mínimo permitido de 100 ppm. Esto resulta en un promedio de concentración de Cobre (Cu) de 287,6 ppm.

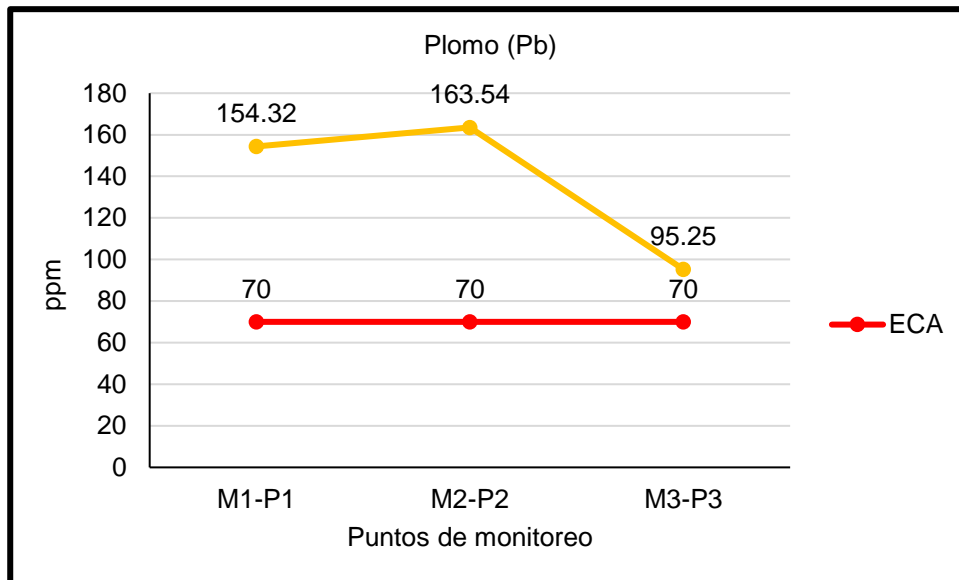


Figura 9: Concentración de Plomo en muestras de suelo

Según los resultados obtenidos de las muestras de suelo, la concentración de Plomo no cumple con los ECA para suelo, ya que excede el valor mínimo permitido de 70 ppm. Esto resulta en un promedio de concentración de plomo (Pb) de 137,7 ppm.

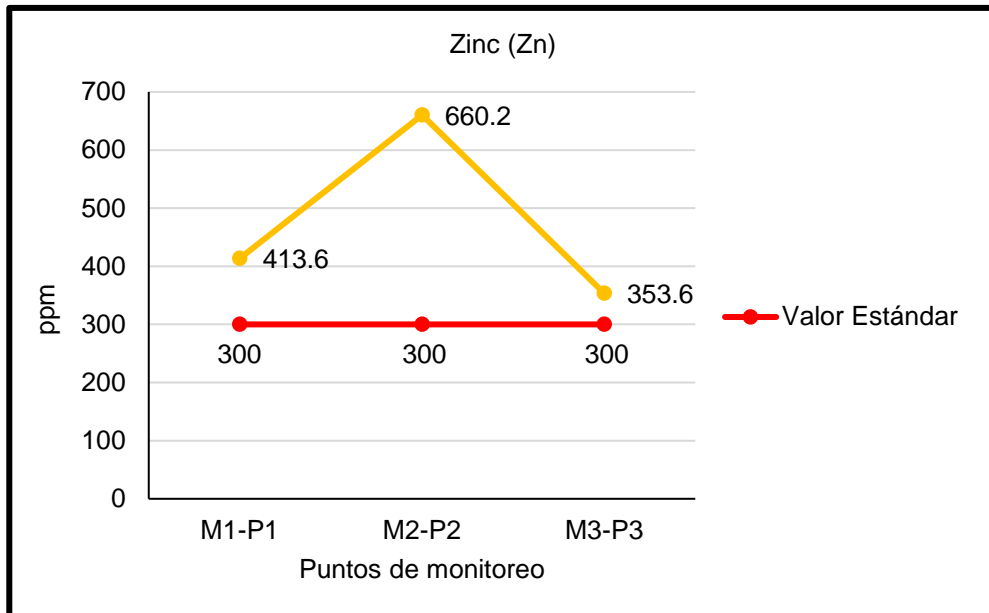


Figura 10: Concentración de Zinc en muestras de suelo

Según los resultados obtenidos de las muestras de suelo, la concentración de Zinc no cumple con el Valor Estándar para tierras agrícolas, ya que excede el valor mínimo permitido de 300 ppm. Esto resulta en un promedio de concentración de Zinc (Zn) de 475,8 ppm.

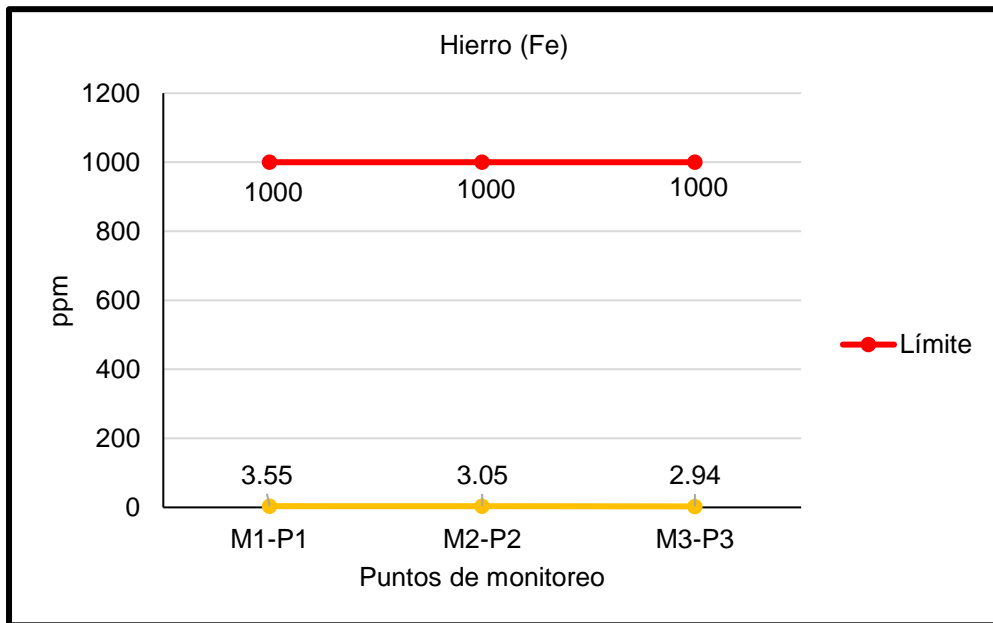


Figura 11: Concentración de Hierro en muestras de suelo

Según los resultados obtenidos de concentración de Hierro para las muestras de suelo, éste cumple con el nivel de Hierro de suelo para el buen desarrollo de los cultivos, ya que no supera el valor mínimo permitido de 1000 ppm. Como resultado, se da un promedio de Hierro de 3,18 ppm.

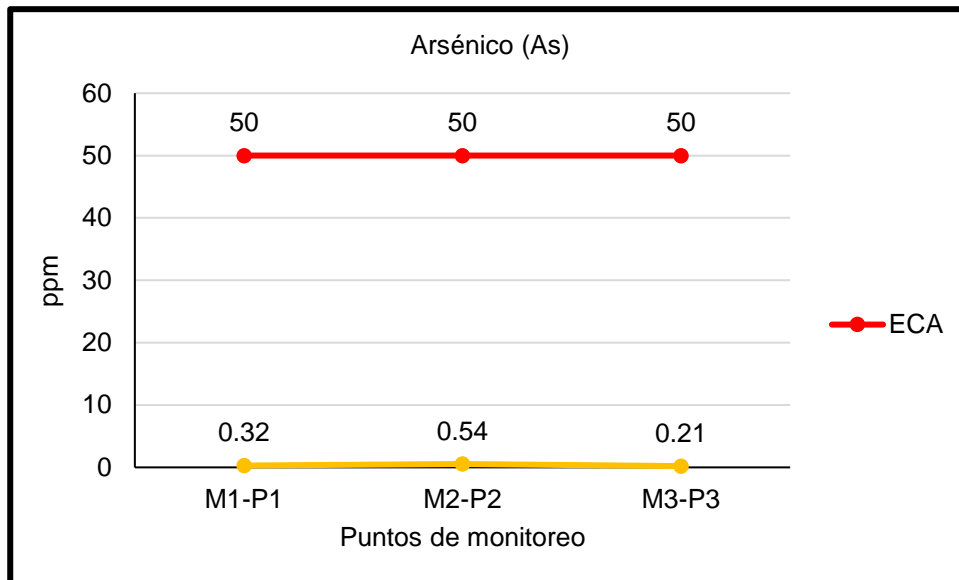


Figura 12: Concentración de Arsénico en muestras de suelo

Según los resultados obtenidos de las muestras de suelo analizadas, la concentración de Arsénico se mantiene en cumplimiento con los ECA para suelo, ya que no sobrepasan el valor mínimo permitido de 50 ppm. Esto conduce a un promedio de concentración de Arsénico (As) de 0,36 ppm.



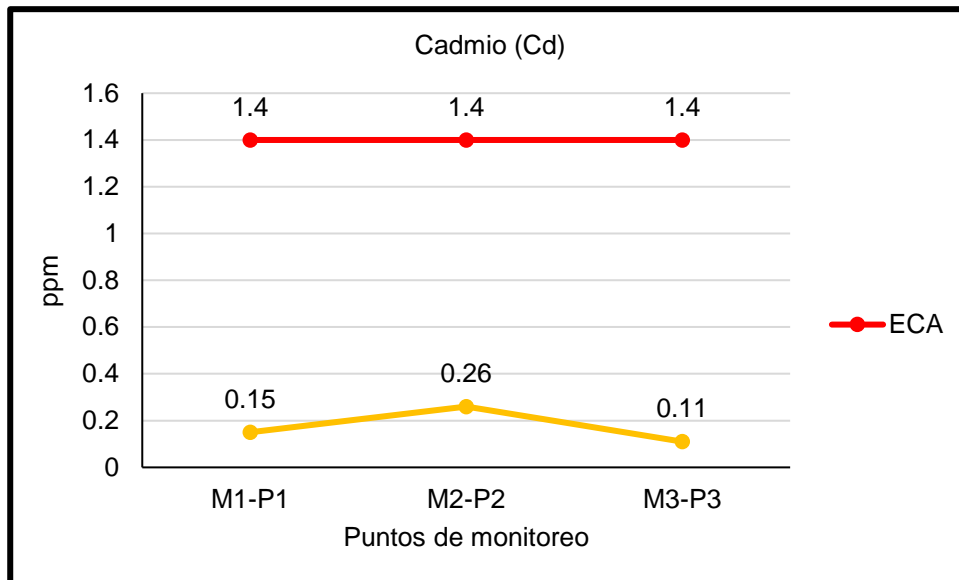


Figura 13: Concentración de Cadmio en muestras de suelo

Según los resultados obtenidos de las muestras de suelo analizadas, la concentración de Cadmio se mantiene en cumplimiento con los ECA para suelo, ya que no exceden el valor mínimo permitido de 1,4 ppm. Esto resulta en un promedio de concentración de Cadmio (Cd) de 0,17 ppm.

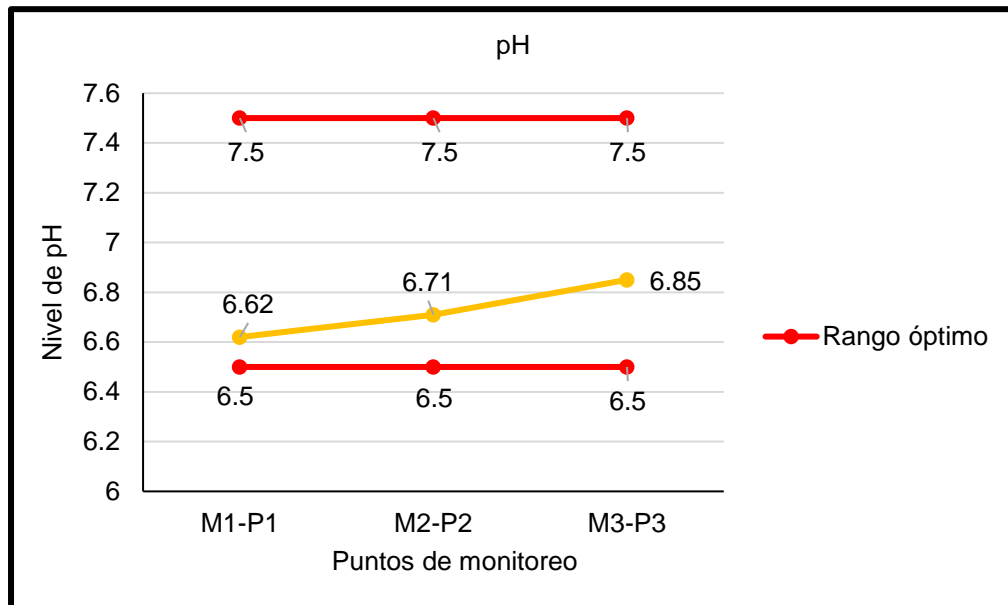


Figura 14: pH en muestras de suelo

Según los resultados obtenidos de las muestras de suelo analizadas, el pH se mantiene en cumplimiento con el rango de tipo de suelo óptimo para los cultivos, ya que no superan ni el valor mínimo ni el máximo permitido, que son 6,5 y 7,5 respectivamente. A pesar de esto, se aprecia cierta variabilidad en los puntos de muestreo específicos: M1-P1: 6,62, M2-P2: 6,71 y M3-P3: 6,85. Como resultado, se obtiene un promedio de pH de 6,73.

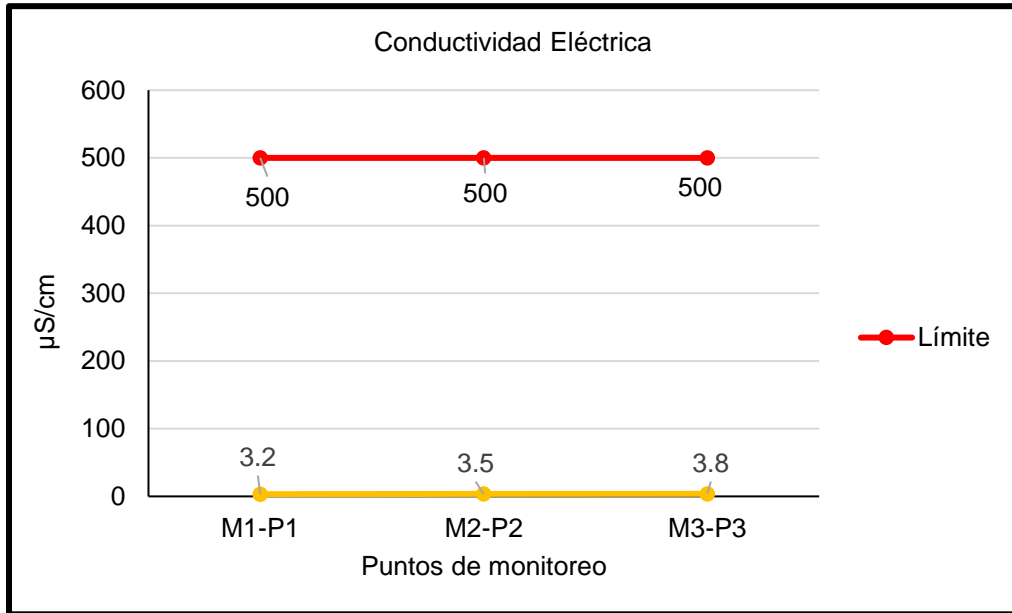


Figura 15: Conductividad eléctrica en muestras de suelo

Según los resultados obtenidos de Conductividad eléctrica para las muestras de suelo, éste cumple con el nivel de Conductividad Eléctrica de suelo para el buen desarrollo de los cultivos, ya que no supera el valor mínimo permitido de 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Como resultado, se da un promedio de Conductividad Eléctrica de 3,5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

**Tabla 7:** *Parámetros de análisis de suelo que superan los Límites Máximos Admisibles*

Parámetros	Unidad de medida	Resultados promedio de muestras	Límites Máximos Admisibles
Cobre	ppm	287,6	100
Plomo	ppm	137,7	70
Zinc	ppm	475,8	300

Fuente: elaboración propia

La utilización de aguas contaminadas con metales pesados tiene impactos directos en la calidad del suelo. Con el tiempo, se evidencia una acumulación excesiva de estos metales, con potenciales efectos perjudiciales para la salud general del suelo. Según los resultados de los análisis de los parámetros (Cu, Pb, Zn, Fe, As, Cd, pH y CE) en las

muestras de suelo, se observa que el cobre, plomo y zinc muestran una acumulación que supera los Estándares de Calidad Ambiental y el Valor Estándar de Riesgo para la contaminación del suelo en tierras agrícolas.

#### **4.3. Presencia de metales pesados en el cultivo de maíz chala en la Campiña de Moche y su potencial riesgo para la salud de los agricultores, así como la posible transferencia a la cadena alimentaria**

Con el propósito de examinar la existencia de metales pesados en la planta de maíz chala, se tomaron muestras en tres ubicaciones de muestras diferentes. Estas muestras se recolectaron el día 20 de septiembre del 2023, y fueron llevadas al laboratorio 3 días después junto con las otras muestras. Con el fin de evaluar su posible impacto, se realizó un cabo análisis para examinar la concentración de metales pesados en las muestras de maíz chala y poder compararlas con los niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales. Además, se tuvo en cuenta el pH óptimo del maíz, según la referencia de Yara México (2023, párr. 1), el cual se sitúa entre 6 y 7.2.

Con la intención de evaluar su potencial riesgo para la salud de los agricultores y su posible transferencia a la cadena alimentaria se hizo cálculos según las fórmulas de exposición brindadas por la Environmental Protection Agency (EPA), donde se procedió a calcular la dosis de adsorción del contacto dérmico del agua, suelo y la ingesta de alimentos.

**Tabla 8:** *Valores de los parámetros de exposición empleados en la evaluación de riesgo*

<b>Factor de exposición</b>	<b>Valor</b>
PC Peso Promedio de adultos	70 kg
AS área superficial	
En contacto con el suelo	5700 cm <sup>2</sup>
En contacto con el agua	18000 cm <sup>2</sup>
FA factor de adherencia	0,07mg/cm <sup>2</sup>
DE duración de la Exposición	30 años
TP Tiempo Promedio	365 días/año <sup>-1</sup>

TI Tasa de Ingestión de suelo	100 mg/día
CP constante de permeabilidad (cm/hora)	Zn = 0.0006; As, Cd, Cr, Cu, Pb = 0.001
FAS Factor de Absorción de suelo	As = 0.3; Cd, Cu, Cr, Ni, Pb, Zn = 0.01
FC Factor de Conversión Factor de conversión para suelo	1L.1000cm <sup>-3</sup> 10 <sup>-6</sup> kg. mg <sup>-1</sup>

Fuente: Reproducido de Risk Assessment Guidance for Superfund, vol. 1, Human Health Evaluation Manual (parte A). U.S. Environmental Protection Agency, EPA/540/1-89/002, 1989.

En muestras de planta, se lograron analizar parámetros como: Cu, Pb, Zn, Fe, As, Cd y pH, que fueron realizados en tres ubicaciones distintas a lo largo del sector Campiña de Moche.

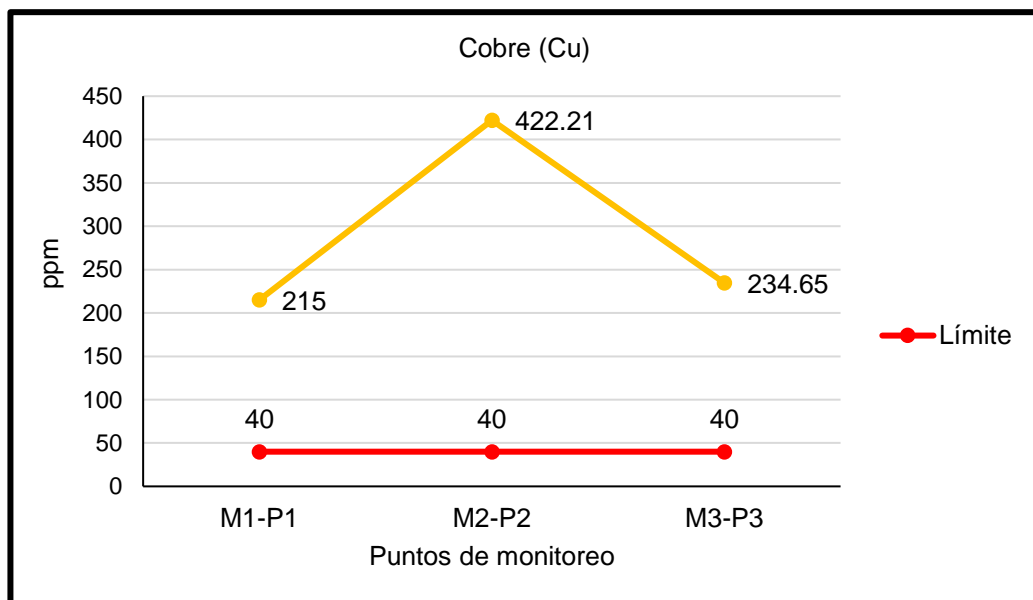


Figura 16: Concentración de Cobre en muestras de planta

Según los resultados obtenidos en las muestras de planta (chala), la concentración de Cobre no cumple con los niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales, ya que excede el valor mínimo permitido de 40 ppm. Obteniendo un promedio de concentración de cobre (Cu) de 290,62 para las muestras de planta (chala).

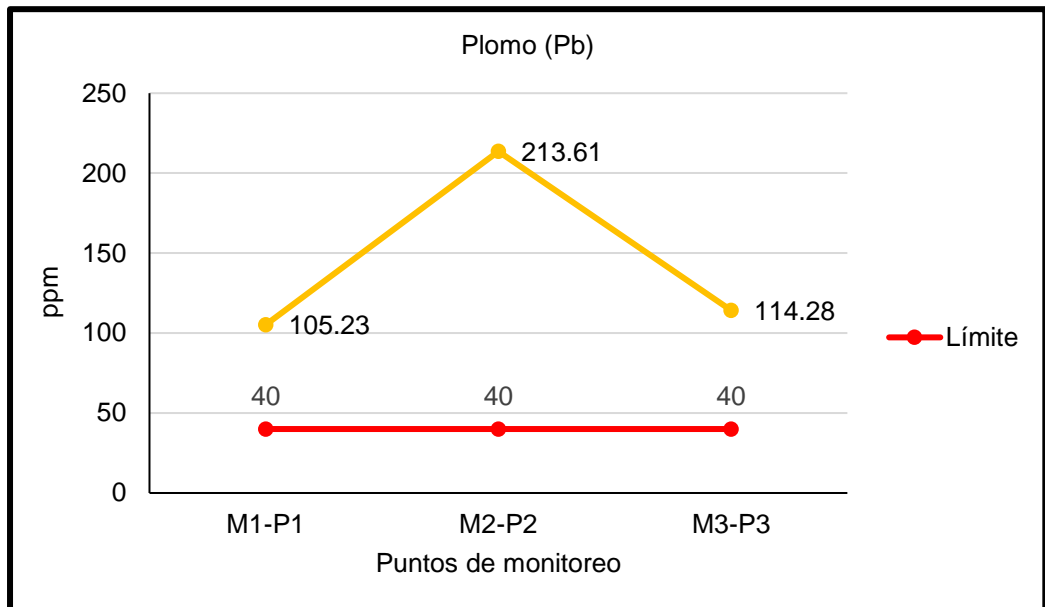


Figura 17: Concentración de Plomo en muestras de planta

Según los resultados obtenidos en las muestras de planta (chala), la concentración de Plomo no cumple con los niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales, ya que excede el valor mínimo permitido de 40 ppm. Obteniendo un promedio de concentración de plomo (Pb) de 144,37 para las muestras de planta (chala).

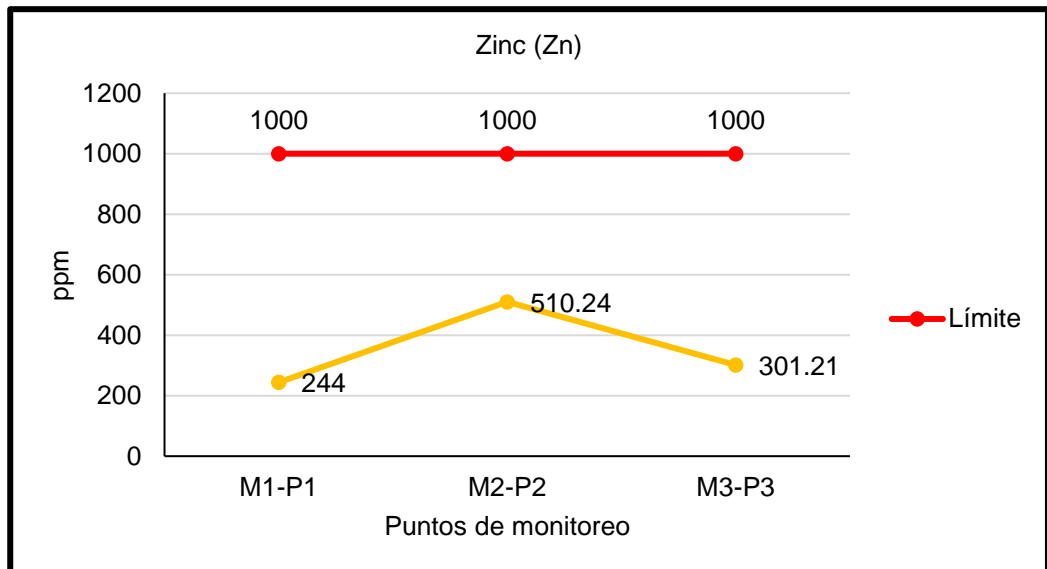


Figura 18: Concentración de Zinc en muestras de planta

Según los resultados obtenidos de las muestras de Zinc analizadas, la concentración de Zinc se mantiene en cumplimiento con los niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales, ya que no exceden el valor mínimo permitido de 1,4 ppm. Esto resulta en un promedio de concentración de Cadmio (Cd) de 0,17 ppm.

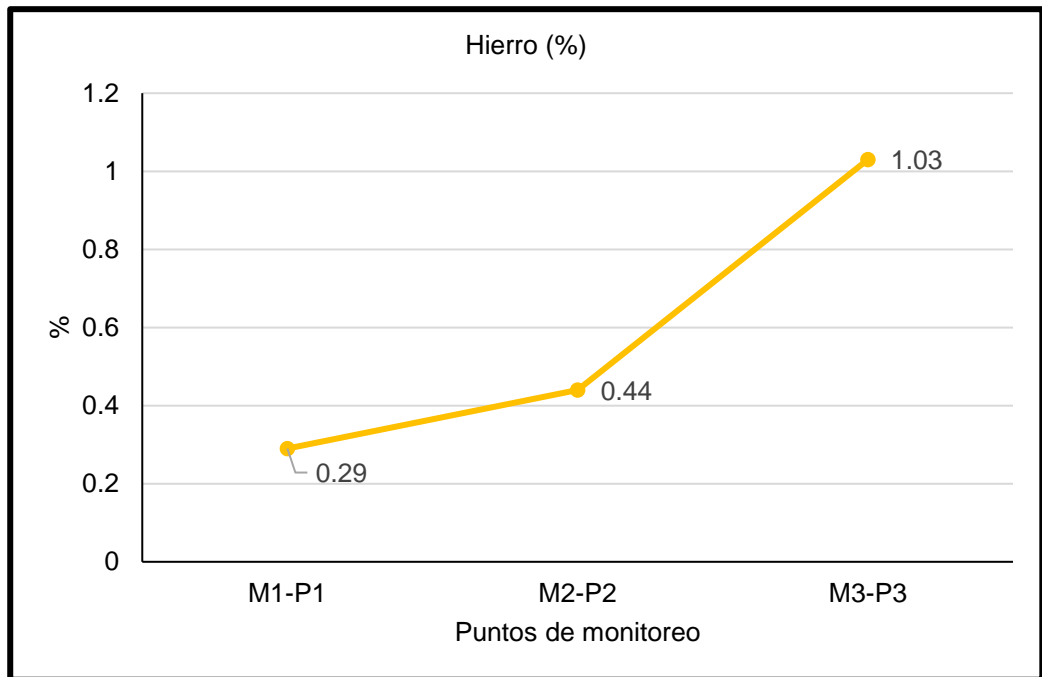


Figura 19: Concentración de Hierro en muestras de planta

El hierro no representa un riesgo negativo para el cultivo de chala. Respecto a la concentración de hierro en las muestras, se registra un promedio de 0,59 de concentración de hierro (Fe) en las muestras de planta (chala).



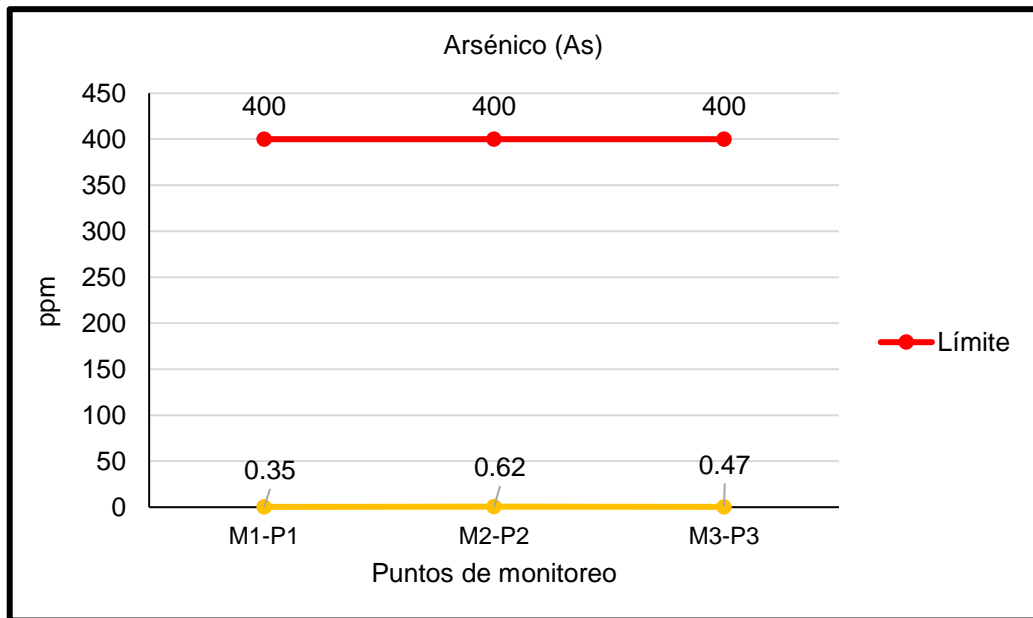


Figura 20: Concentración de Arsénico en muestras de planta

Según los resultados obtenidos de las muestras de Arsénico analizadas, la concentración de arsénico se mantiene en cumplimiento con los niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales, ya que no exceden el valor mínimo permitido de 400 ppm. Esto resulta en un promedio de concentración de arsénico (As) de 0,48 ppm.

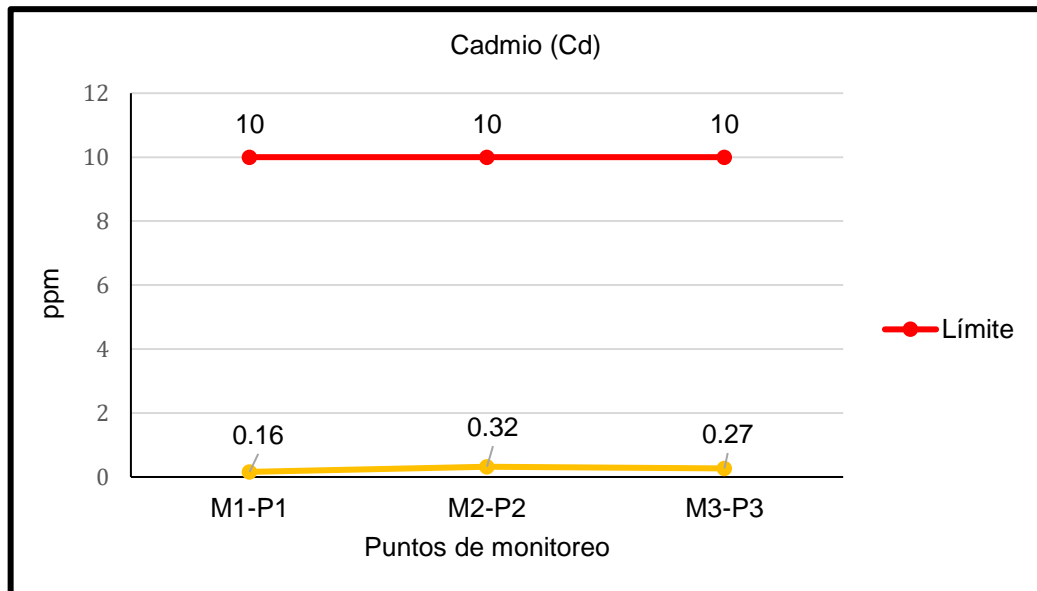


Figura 21: Concentración de Cadmio en muestras de planta

Según los resultados obtenidos de las muestras de Cadmio analizadas, la concentración de cadmio se mantiene en cumplimiento con los niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales, ya que no exceden el valor mínimo permitido de 10 ppm. Esto resulta en un promedio de concentración de cadmio (Cd) de 0,25 ppm.

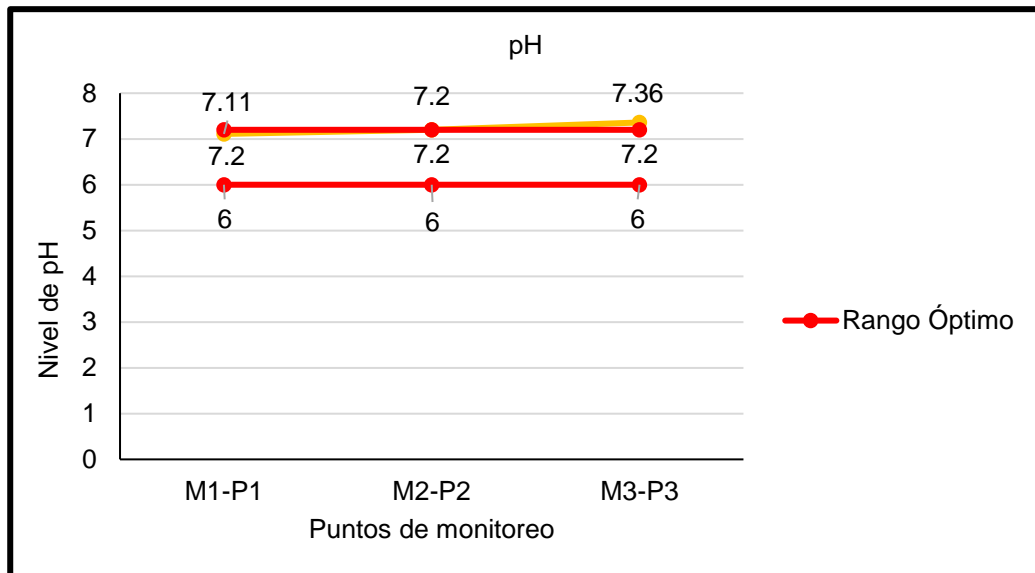


Figura 22: pH en muestras de planta

En cuanto al pH en las muestras de planta (chala), el nivel de pH se encuentra levemente por encima del rango óptimo (6 – 7,2). Obteniendo un promedio de pH de 7,22.

**Tabla 9:** *Parámetros de análisis de cultivo que superan los límites máximos admisibles*

Parámetros	Unidad de medida	Resultados promedio de muestras	Límites Máximos Admisibles
Cobre	ppm	290,62	40,00
Plomo	ppm	144,37	40,00
pH	Unidad de pH	7,22	7,20

Al analizar los resultados del estudio de las muestras de chala, se confirma la presencia significativa de acumulación de Cobre, Plomo, Zinc, Hierro y Arsénico en el cultivo. A pesar de ello, se aprecia que hubo una elevada concentración de Cobre y Plomo en el maíz, además de una ligera alteración en el pH. Esta acumulación de metales pesados podría tener consecuencias sustanciales en la cadena alimentaria.

**Estimación de riesgo para la salud de los agricultores por exposición a agua contaminada con metales pesados, así como la posible transferencia a la cadena alimentaria**

**Tabla 10:** *Fórmula para estimar la exposición por el contacto dérmico del agua superficial*

Fórmula para estimar el Contacto Dérmico del agua superficial		
Agua superficial	Contacto dérmico	$DA = \frac{(CA)(AS)(CP)(TE)(FE)(DE)(FC)}{(PC)(TP)}$

Fuente: Environmental Protection Agency, EPA/540/1-89/002, 1989.

Utilizando la fórmula de la tabla N°8 y valores de la tabla N°7, se procedió a calcular la dosis de absorción del contacto dérmico del agua.

1. Datos: Dosis de absorción de Cobre (Cu) mediante el contacto dérmico del agua.

CA= 0,034 mg. L<sup>-1</sup> (Concentración de cobre promedio en el agua – promedio de frecuencia de exposición)

AS= 18000 cm<sup>2</sup> (Área superficial cutánea del agricultor)

CP= 0,001 cm. h<sup>-1</sup> (Constante de permeabilidad del metal a la superficie cutánea)

TE= 8 h . dia<sup>-1</sup> (Tiempo de exposición del agricultor del agua contaminada con Cu)

FE= 24 días. años<sup>-1</sup> (Frecuencia de exposición del agricultor: 2 días de riego al mes por cultivo de chala x 12 meses =24días)

DE= 30 años (Duración de exposición de vida del agricultor al agua contaminada por metales)

FC= 1L.1000 cm<sup>-3</sup> (Factor de conversión para el agua)

PC= 70 kg (Peso corporal promedio del agricultor)

TP= 365 días. años<sup>-1</sup> (Tiempo promedio días x año)

Resolución de la ecuación:

DA

$$= \frac{(0,034 \text{ mg. L}^{-1})(18000 \text{ cm}^2)(0,001 \text{ cm. h}^{-1})(8 \text{ h. dia}^{-1})(24 \text{ días. año}^{-1})(30 \text{ años})(1\text{L. } 1000 \text{ cm}^{-3})}{(70 \text{ kg})(365 \text{ días. años}^{-1})}$$

$$DA = \frac{0,034 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 18000 \text{cm}^2 \times 0,001 \frac{\text{cm}}{\text{h}} \times 8 \frac{\text{h}}{\text{día}} \times 24 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 30 \text{años} \times \frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ cm}^3}}{70 \text{ kg} \times 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} \times 1 \text{ año}}$$

$$DA = \frac{0,034 \text{ mg} \times 18000 \times 0,001 \times 8 \times 24 \times 30 \times 0,001}{70 \text{ kg} \times 365 \text{ días}}$$

$$DA = \frac{3,52512 \text{ mg}}{25550 \text{ kg. día}}$$

DA = 0,0001379 mg. kg. día  $\Rightarrow 1,379 \times 10^{-4} \text{ mg. kg. día} \Rightarrow$  La dosis absorbida de cobre por contacto dérmico de agua superficial.

Para obtener la dosis en años se hace una conversión de días a años

$$DA = 0,0001379 \text{ mg. kg. día} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ día}} = \frac{0,0001379 \text{ mg. kg} \times 365}{1 \text{ año}}$$

DA = 0,0503 mg. kg. año  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de cobre en años por contacto dérmico de agua superficial.

**Tabla 11:** Dosis de absorción del agricultor por el contacto dérmico del agua

Contaminantes	Dosis Absorbida en el cuerpo del agricultor (mg/kg)
Cobre	0,0503
Plomo	0,0519
Zinc	0,0651
Hierro	0,0002117
Arsénico	0,0000
Cadmio	0,0000

Fuente: Elaboración propia

Para obtener detalles más específicos sobre los cálculos de metales pesados, como el Plomo, Zinc y Hierro, se puede consultar en los anexos (ver Anexo 12). En cuanto al Arsénico y al Cadmio, no se obtuvieron resultados en las muestras de agua, lo que indica que no hubo acumulación de estos elementos.

**Tabla 12:** Fórmula para estimar el riesgo de exposición por el contacto dérmico del agricultor con suelo contaminado con metales pesados

Fórmula para estimar el Contacto Dérmico del suelo		
Suelo	Contacto dérmico	$DA = \frac{(CS)(FC)(AS)(FA)(FAS)(FE)(DE)}{(PC)(TP)}$

Fuente: Environmental Protection Agency, EPA/540/1-89/002, 1989.

Utilizando la fórmula de la tabla N°10 y valores de la tabla N°7, se procedió a calcular la dosis de absorción del contacto dérmico del suelo.

1. Datos: Dosis de absorción de Cobre (Cu) mediante el contacto dérmico del suelo.

CS= 287,6 mg.kg<sup>-1</sup> (Concentración de la sustancia de cobre promedio en el suelo)

FC= 10<sup>-6</sup>kg. mg<sup>-1</sup> (Factor de conversión para suelo)

AS= 5700 cm<sup>2</sup> (Área superficial cutánea del agricultor)

FA= 0,7 mg. cm<sup>-2</sup> (Factor de adherencia)

FAS= 0,01 (Factor de absorción para suelo de diferentes valores según resultados de muestras de suelo)

FE= 24 días. años<sup>-1</sup> (Frecuencia de exposición del agricultor: 2 días de riego al mes por cultivo de chala x 12 meses = 24 días)

DE= 30 años (Duración de exposición de exposición de vida del agricultor al agua contaminada por metales)

PC= 70 kg (Peso corporal del agricultor)

TP= 365 días. años<sup>-1</sup> (Tiempo promedio días x año)

Resolución de la ecuación:

DA

$$= \frac{(287,6 \text{ mg. kg}^{-1})(10^{-6} \text{ kg. mg}^{-1})(5700 \text{ cm}^2)(0,7 \text{ mg. cm}^{-2})(0,01)(24 \text{ días. años}^{-1})(30 \text{ años})}{(70 \text{ kg})(365 \text{ días. años}^{-1})}$$

$$DA = \frac{287,6 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mg}} \times 5700 \text{ cm}^2 \times 0,7 \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2} \times 0,01 \times 24 \frac{\text{días}}{\text{años}} \times 30 \text{ años}}{70 \text{ kg} \times 365 \frac{\text{día}}{\text{año}} \times 1 \text{ año}}$$

$$DA = \frac{287,6 \times 0,000001 \times 5700 \times 0,7 \text{ mg} \times 0,01 \times 24 \text{ días} \times 30}{70 \text{ kg} \times 365 \text{ días}}$$

$$DA = \frac{8,2621728 \text{ mg}}{25550 \text{ kg. día}}$$

DA = 0,00032337 mg. kg. día  $\Rightarrow 3,2337 \times 10^{-4}$  mg. kg. día  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Cobre por contacto dérmico del suelo.

Para obtener la dosis en años se hace una conversión de días a años

$$DA = 0,00032337 \text{ mg. kg. día} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ día}} = \frac{0,00032337 \text{ mg.kg} \times 365}{1 \text{ año}}$$

DA = 0,1180 mg. kg. año  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Cobre por año, contacto dérmico del suelo.

**Tabla 13:** Dosis de absorción del agricultor por el contacto dérmico del suelo

Contaminantes	Dosis Absorbida (mg/kg)
Cobre	0,1180
Plomo	0,05651
Zinc	0,01952
Hierro	0,001305
Arsénico	0,00438
Cadmio	0,00007099

Fuente: Elaboración propia

Para obtener detalles más específicos sobre los cálculos de metales pesados, como el Plomo, Zinc, Hierro, Arsénico y Cadmio se puede consultar en los anexos (ver Anexo 13).

**Tabla 14:** Fórmula para estimar la exposición al riesgo a través de la ingesta de alimentos en la cadena trófica por la alimentación del cuy

Fórmula para estimar la Ingesta de Alimentos		
Alimentos	Ingestión	$IDC = \frac{(FC)(TI)(FI)(FE)(DE)}{(PC)(TP)}$

Fuente: Environmental Protection Agency, EPA/540/1-89/002, 1989.

Utilizando la fórmula de la tabla N°12 y valores de la tabla N°7, se procedió a calcular la dosis de absorción mediante la ingesta de alimento en roedor (cuy) en el cultivo de chala.

1. Datos: Dosis de absorción de Cobre (Cu) mediante la ingesta de alimento en roedor (cuy) en el cultivo de chala.

C= 290,62 mg. L<sup>-1</sup> (Concentración del metal promedio en el cultivo)

FE= 730 dia. año<sup>-1</sup> (Frecuencia de exposición: el cuy come 2 veces al día x 365 días del año)

TI= 240000 mg. dia (Tasa de ingestión de chala que come el cuy)

DE= 0,246575 años – 90 días (Duración de exposición del cuy hasta el crecimiento apto para ser comercializado)

TP= 67 días (Tiempo promedio cuando el cuy está en la pubertad)

PC= 0,7 kg - 700 g (Peso corporal del cuy)

FC= 10<sup>-6</sup>kg. mg<sup>-1</sup> (Factor de conversión)

$$DA = \frac{(290,62 \text{ mg. L}^{-1})(730 \text{ dia. año}^{-1})(240000 \text{ mg. dia})(0,246575 \text{ año})}{(67 \text{ dias})(0,7 \text{ kg})} \times 10^{-6} \text{ kg. mg}^{-1}$$

$$DA = \frac{290,62 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 730 \frac{\text{dia}}{\text{año}} \times 240000 \frac{\text{mg}}{\text{dia}} \times 0,246575 \text{ año}}{67 \text{ dias} \times 0,7 \text{ kg}} \times 10^{-6} \frac{\text{kg}}{\text{mg}}$$

$$DA = \frac{290,62 \times 730 \times 240000 \times 0,246575}{67 \times 0,7} \times 0,000001$$

$$DA = \frac{12\ 554\ 766\ 562,8}{46,9} \times 0,000001$$

$$DA = 267,6922508 \times 0,000001$$

DA = 267,6922508 mg. kg. día ⇒ La dosis absorbida de cobre por ingesta de alimentos por día.



Para obtener la dosis en años se hace una conversión de días a años

$$DA = 267,6922508 \text{ mg. kg. día} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ día}} = \frac{267,6922508 \text{ gr.kg} \times 365}{1 \text{ año}}$$

DA = 97706,85 gr. kg. año  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de cobre por ingesta de alimentos en años.

**Tabla 15:** Dosis de absorción por la ingesta de alimento del cuy

<b>Metales</b>	<b>Dosis absorción de ingesta de alimentos (mg/kg/día)</b>
Cobre	267,692
Plomo	132,980
Zinc	324,055
Hierro	0,540
Arsénico	0,442
Cadmio	0,230

Fuente: Elaboración propia

Para obtener detalles más específicos sobre los cálculos de metales pesados, como el Plomo, Zinc, Hierro, Arsénico y Cadmio se puede consultar en los anexos (ver Anexo 14).

Finalmente, después de obtener los resultados de la dosis de absorción del contacto dérmico del agua y suelo en el cuerpo del agricultor, se llevó a cabo la suma de estas dos fuentes para determinar la concentración de metales presentes en el cuerpo del agricultor. Este paso se realizó con el fin de comparar los resultados con lo dicho por diferentes fuentes sobre los límites máximos de metales pesados en el cuerpo humano.

Según datos proporcionados por UC San Diego Health (2022), el rango considerado normal para el cobre total en la sangre oscila entre 0,62 y 1,40 mg/kg. Por otro lado, según MedlinePlus (2023), se considera que, en adultos, los niveles elevados de plomo en sangre comienzan a partir de 0,05 mg/kg. Respecto al zinc, VivoLabs (2021) señala que los valores de referencia en sangre fluctúan entre 0,75 y 1,30 mg/kg. En cuanto al hierro, MedlinePlus (2022) informa que los rangos normales varían de 0,60 a 1,70 mg/kg. En relación con el arsénico, la Agencia para el Registro de Sustancias

Tóxicas y Enfermedades (ATSDR, 2010) establece que la dosis letal mínima se encuentra en el rango de 0,10 a 0,30 mg/kg. Por último, la Unidad de Investigación Científica (2017) indica que la determinación de la dosis de cadmio en sangre revela valores normales por debajo de 5 mg/kg.

**Tabla 16:** *Acumulación de metal pesado en el cuerpo del agricultor*

<b>Metales</b>	<b>Dosis absorbida por contacto dérmico del agua (mg/kg)</b>	<b>Dosis absorbida por contacto dérmico del suelo (mg/kg)</b>	<b>Suma (acumulación de metal en el cuerpo del agricultor mg/kg)</b>
Cobre	0,050	0,1180	0,1683
Plomo	0,052	0,05651	0,10841
Zinc	0,065	0,01952	0,08462
Fierro	0,0002	0,001305	0,0015167
Arsénico		0,00438	0,00438
Cadmio		0,00007099	0,00007099

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 17:** *Límites máximos de metales pesados en el cuerpo humano*

<b>Metal Pesado</b>	<b>Límite Máximo en el cuerpo humano (mg/kg)</b>	<b>Autores</b>
Cobre	1,40	UC San Diego Health
Plomo	0,05	MedlinePlus
Zinc	1,30	VivoLabs
Hierro	1,70	MedlinePlus
Arsénico	0,30	Agencia para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades
Cadmio	5,00	Universidad de Investigación Científica

Fuente: Elaboración propia

Al obtener la concentración del metal en el cuerpo del agricultor, se procedió a comparar los resultados de acumulación con los límites máximos de metales pesados en el cuerpo humano.

**Tabla 18:** Comparación de la acumulación de metal en el cuerpo del agricultor con los Límites máximos de metales pesados en el cuerpo humano

<b>Metales</b>	<b>Suma (acumulación de metal en el cuerpo del agricultor, mg/kg)</b>	<b>Límites máximos de metales pesados en el cuerpo humano (mg/kg)</b>
Cobre	0,168	1,40
Plomo	0,108	0,05
Zinc	0,084	1,30
Hierro	0,0015	1,70
Arsénico	0,004	0,30
Cadmio	0,00007	5,00

Fuente: Elaboración propia

La acumulación de plomo se encontró por encima de los Límites máximos de metales pesados en el cuerpo humano, sugiriendo posibles repercusiones en la salud de los agricultores expuestos al contacto dérmico con el agua y el suelo.

Después de obtener los resultados de la dosis de absorción por la ingesta de alimento chala en roedores (cuy), se procedió a contrastar estos resultados mediante su comparación con los Niveles Máximos Recomendables de metales pesados en alimentos para animales.

**Tabla 19:** Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales

<b>Categoría</b>	<b>Nivel máximo (mg/kg)</b>	<b>Metal</b>
Altamente tóxico	10	Cadmio
Toxico	40	Cobre, Plomo
Moderadamente toxico	400	Arsénico
Ligeramente tóxico	1000	Zinc
No toxico	0	Hierro

Fuente: Asociación Oficial Americana de Control de Alimentos (AAFCO)

Luego se compararon los resultados de la dosis de ingesta de alimento chala en roedor (cuy), con los Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales.

**Tabla 20:** Comparación de la dosis de ingesta de alimento chala en roedor (cuy) con los Niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos de animales

<b>Metales</b>	<b>Dosis absorción de ingesta de alimentos (mg/kg/día)</b>	<b>Nivel máximo (mg/kg/día)</b>
Cobre	267,692	40
Plomo	132,980	40
Zinc	324,055	1000
Hierro	0,539	No tóxico
Arsénico	0,442	400
Cadmio	0,230	10

Fuente: Elaboración propia

Las concentraciones de metales pesados en el consumo de cultivos alimentarios para cuyes revelaron niveles elevados de Cobre (Cu), superando el límite máximo de 40 mg/kg con un resultado de 267,69. Además, el consumo de Plomo también fue alto, excediendo el nivel máximo de 40 mg/kg con un resultado de 132,98. Estas concentraciones exceden los límites máximos establecidos, catalogándose como tóxicas y generando un riesgo para la salud de los agricultores que consumen carne de cuy.

Aunque los efectos adversos del Cobre son poco frecuentes, la exposición prolongada puede resultar en daño hepático y renal, especialmente en lactantes. Por otro lado, los efectos tóxicos del Plomo afectan varios órganos, generando desequilibrios bioquímicos en el hígado, riñones, bazo y pulmones, principalmente en lactantes y niños (FAO, 2019, pág. 57).

En contraste, las concentraciones de otros metales pesados, como Zinc (Zn), Hierro (Fe), Arsénico (Ar) y Cadmio (Cd), estuvieron por debajo de los límites máximos establecidos, con valores de 324,00548, 0,53976, 0,44213 y 0,23027,

respectivamente. Por lo tanto, no se espera que la ingesta de alimentos con estos niveles de metales pesados tenga efectos perjudiciales para la salud.

En resumen, el Cobre y el Plomo emergen como los principales metales que representan riesgos potenciales para la salud humana, especialmente debido al consumo de chala por parte de cuyes, elevando significativamente los riesgos asociados a la ingestión de estos roedores.

## V. DISCUSIÓN

El objetivo general de esta investigación fue evaluar el riesgo de la utilización de aguas contaminadas del Río Moche en los agricultores de la Campiña de Moche en el año 2023, el cual tuvo como implicaciones el riesgo para la salud y la calidad ambiental. La identificación y análisis de parámetros fisicoquímicos, especialmente cobre y conductividad eléctrica, son elementos clave en la evaluación del riesgo. La superación de los límites establecidos por los ECA para agua destaca la gravedad de la contaminación. Esta situación plantea preocupaciones inmediatas sobre la seguridad del agua utilizada en la agricultura y su repercusión en la salud de los agricultores y, por extensión, en la comunidad en general.

Comparando estos hallazgos con la investigación de Othman et al. (2021), que analiza los efectos del uso de aguas para riego sin tratamiento, se observa una coherencia preocupante en los resultados. Aunque los metales pesados en las aguas residuales tratadas cumplían con los límites estándar, la acumulación excesiva de estos elementos en el suelo y las partes comestibles de los vegetales excedía los límites permitidos. Este paralelismo refuerza la idea de que la reutilización a largo plazo de aguas residuales puede conducir a una acumulación perjudicial de metales tóxicos. La acumulación de cobre, identificada como superando los límites en la investigación actual, se alinea con la preocupación expresada por Othman et al. sobre la acumulación excesiva de metales tóxicos, lo que implica riesgos relevantes para la salud humana y la seguridad alimentaria.

En resumen, ambos estudios subrayan la importancia crítica de abordar la polución del agua en la región y la necesidad de implementar medidas efectivas para garantizar la seguridad del agua utilizada en la agricultura, salvaguardando así la salud de la población y la integridad ambiental.

El primer objetivo específico fue identificar y cuantificar los metales pesados en las aguas de los canales de riego utilizadas en la agricultura de la Campiña de Moche, durante el proceso de análisis, se centró la atención en cinco metales pesados: cobre, plomo, zinc y hierro, con el propósito de evaluar su presencia en las muestras. En paralelo, se realizó

un cabo análisis del pH y la conductividad eléctrica, que desempeñan un rol crucial para el análisis del agua. Los resultados indican una existencia habitual de metales pesados en el agua, además de una elevada conductividad eléctrica que sobrepasa los límites establecidos, sugiriendo una posible carga adicional de minerales o contaminantes en el agua de riego.

Esta situación se encuentra comparable con la investigación de Rodríguez (2021), quien, al analizar los ríos de la cuenca del Chancay, también señala la no conformidad de los parámetros con ECA para riego y consumo animal. La presencia de un pH bajo y niveles elevados de elementos metálicos en las quebradas subraya la extensión de la contaminación del agua en la región. Sin embargo, el hecho de que los Índices de Calidad (ICA) indiquen una buena calidad de agua tanto en ríos como en quebradas plantea interrogantes sobre la idoneidad de los estándares utilizados para evaluar la calidad del agua en el contexto de la agricultura.

El segundo objetivo específico fue evaluar los contenidos de metales pesados presentes que alteran la calidad del suelo en áreas de cultivo en la Campiña de Moche, donde se evidenció Los contenidos de los metales pesados presentes que alteran la calidad del suelo agrícola fueron el Cobre excediendo los Valores estándar de riesgo para la contaminación del suelo en tierras agrícolas, junto a ello el Plomo excediendo los ECA y Zinc excediendo los Valores estándar de riesgo para la contaminación del suelo en tierras agrícolas.

Al comparar estos resultados con la investigación de Guzmán, Cruz y Valdés (2019), que examina las consecuencias de la contaminación por metales pesados en suelos agrícolas, se observa una consistencia alarmante. La clasificación del suelo como medianamente contaminado en Cromo, Cobalto, Zinc y Plomo en la investigación previa corrobora los hallazgos actuales. Además, la necesidad urgente de remediación en presencia de altas concentraciones de Níquel y Cobre, que superan significativamente los niveles normales de la corteza terrestre y los Límites

Superiores Admisibles propuestos, refuerza la gravedad de la contaminación del suelo en la región.

Estos resultados conjuntos indican una situación crítica que requiere atención inmediata. La concentración de metales pesados en el suelo no solo amenaza la viabilidad de la agricultura en la Campiña de Moche, sino que también plantea riesgos directos para la salud humana a través de la cadena alimentaria. La necesidad de medidas de remediación y la implementación de prácticas agrícolas sostenibles se vuelve imperativa para mitigar los impactos adversos en la calidad del suelo y garantizar la alimentaria y ambiental a largo plazo.

El tercer objetivo específico fue analizar la presencia de metales pesados en el cultivo de maíz chala en la Campiña de Moche y su posible riesgo para la salud de los agricultores, así como la posible transferencia a la cadena alimentaria, donde se evidenció el riesgo de exposición de los agricultores al contacto dérmico al agua de riego y suelo contaminado con metales pesados y la existencia de metales pesados en el cultivo de maíz chala, el cual encontramos Cobre, Plomo, Zinc, Hierro, Arsénico y Cadmio. Estos elementos están generando posibles impactos en la salud de los agricultores, por la exposición a la acumulación de metales pesados en sus cuerpos revela que la concentración de plomo (0.10841 mg/kg) excede los Límites permitidos para metales pesados en el cuerpo humano (0.05 mg/kg). Esto sugiere posibles efectos en la salud de los agricultores que mantienen contacto dérmico con el agua y el suelo durante su trabajo agrícola. Además, se detectaron concentraciones elevadas de cobre (267.69 mg/kg), superando los niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos para animales (40 mg/kg), y plomo (132.98 mg/kg), también excediendo los niveles máximos recomendables para metales pesados en alimentos para animales (40 mg/kg), en los cultivos destinados al consumo de cuyes. Estos resultados indican un riesgo tóxico, especialmente para aquellos que consumen carne de cuy alimentados con chala producido en la Campiña de Moche.



Comparando estos hallazgos con la evaluación de Flores (2018) sobre los efectos de metales pesados en la agricultura en la cuenca baja del río Huaura, se observa una discrepancia significativa. Mientras que los resultados actuales indican riesgos sustanciales para la salud debido a la presencia de metales pesados en el maíz chala, Flores concluye que los niveles de Cd, Pb, Cu y Zn en el maíz no representan riesgos para su desarrollo. Esta disparidad puede deberse a diferencias en las condiciones específicas de cada región y la variabilidad en los niveles de contaminación.

Además, al considerar el estudio de Shunan et al. (2020) sobre la evaluación de riesgos para la salud humana de los metales pesados en el suelo y los cultivos destinados al consumo humano en una región china, se destaca la importancia del contexto geográfico y de las normativas específicas. Mientras que sus resultados resaltan el alto riesgo potencial para la salud debido a la presencia de cadmio.

En conjunto, estos resultados resaltan la complejidad de la evaluación de riesgos asociados a la existencia de metales pesados en la agricultura, enfatizando la necesidad de considerar las condiciones locales y las prácticas agrícolas específicas al abordar las preocupaciones sobre la seguridad alimentaria y la salud de los agricultores.

## VI. CONCLUSIONES

Se evaluó el uso de aguas contaminadas del río Moche en la Campiña de Moche, evidenciando un riesgo significativo para los agricultores debido al contacto constante con la piel durante sus trabajos agrícolas. La acumulación de plomo en sus organismos alcanzó los 0,108 mg/kg, superando los Límites Máximos de Metales Pesados establecidos en 0,05 mg/kg para el cuerpo humano. Además, al evaluar la concentración de metales pesados en los cultivos destinados al consumo de cuyes, se detectan niveles elevados de cobre, con un resultado de 267,69 mg/kg, superando el límite máximo de 40 mg/kg. De igual manera, se observará una concentración elevada de plomo, excediendo el nivel máximo de 40 mg/kg con un resultado de 132,98 mg/kg. Estos hallazgos aumentan los riesgos para la salud a largo plazo de aquellos que consumen estos productos agrícolas.

Se identificó que los metales pesados presentes en las aguas de los canales de riego utilizadas en la agricultura de la Campiña de Moche son el Cobre, Plomo, Zinc y Hierro, de los cuales según los resultados de los análisis de agua muestran una conductividad eléctrica (2762 uS/cm) elevada que sobrepasa los límites establecidos (2500 uS/cm).

Los contenidos de los metales pesados presentes que alteran la calidad del suelo de las áreas de cultivo en la Campiña de Moche fueron el Cobre (287,6 ppm) excediendo los Valores estándar de riesgo para la contaminación del suelo en tierras agrícolas (100 ppm), junto a ello el Plomo (137,7 ppm) excediendo los Estándares de Calidad Ambiental (70 ppm) y Zinc (475,8 ppm) excediendo los Valores estándar de riesgo para la contaminación del suelo en tierras agrícolas (300 ppm).

Se analizó el riesgo de exposición de los agricultores al contacto dérmico al agua de riego y suelo contaminado con metales pesados y la presencia de metales pesados en el cultivo de maíz chala, el cual encontramos Cobre, Plomo, Zinc, Hierro, Arsénico y Cadmio. Estos elementos están generando posibles impactos en la salud de los agricultores, por la exposición a la acumulación de metales pesados en sus cuerpos revela

que la concentración de plomo (0,10841 mg/kg) excede los Límites permitidos para metales pesados en el cuerpo humano (0,05 mg/kg). Esto sugiere posibles efectos en la salud de los agricultores que mantienen contacto dérmico con el agua y el suelo durante su trabajo agrícola. Además, se detectaron concentraciones elevadas de cobre (267,69 mg/kg), superando los niveles máximos recomendables de metales pesados en alimentos para animales (40 mg/kg), y plomo (132,98 mg/kg), también excediendo los niveles máximos recomendables para metales pesados en alimentos para animales (40 mg/kg), en los cultivos destinados al consumo de cuyes. Estos resultados indican un riesgo tóxico, especialmente para aquellos que consumen carne de cuy alimentados con chala producido en la Campiña de Moche.

## VII. RECOMENDACIONES

- Priorizar la implementación de medidas de mitigación, como tecnologías de tratamiento del agua y prácticas agrícolas mejoradas, como el uso de los Equipos de Protección Personal para reducir la contaminación en el río Moche y reducir el riesgo de exposición de los agricultores en la Campiña de Moche.
- Realizar investigaciones exhaustivas para identificar las fuentes específicas de metales pesados, incluyendo vertidos industriales, desechos agrícolas y áreas con acumulación de desechos sólidos.
- Fortalecer y hacer cumplir las normativas y regulaciones ambientales relacionadas con la descarga de metales pesados en cuerpos de agua, imponiendo sanciones significativas a aquellos que no cumplan.
- Aplicar firmemente la biorremediación para combatir la contaminación del suelo por metales pesados en las áreas de cultivo de la Campiña de Moche. Se sugiere que la Autoridad Nacional del Agua realice análisis detallados de los contenidos de metales pesados en estas áreas para identificar con precisión las fuentes y concentraciones. Este análisis exhaustivo servirá como base para desarrollar estrategias de mitigación efectivas. La biorremediación, al utilizar organismos vivos para neutralizar contaminantes, emerge como una opción ambientalmente sostenible para restaurar la salud del suelo. Abordar directamente las fuentes y concentraciones identificadas puede trabajar en la recuperación de las áreas afectadas, fomentando la sostenibilidad y la seguridad alimentaria en la Campiña de Moche.
- Llevar a cabo un monitoreo continuo de la presencia de metales pesados en los cultivos de maíz chala en la Campiña de Moche por parte del Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI), incluyendo análisis de metales pesados en carcasa de cuy alimentados con chala cultivado en los suelos de la Campiña de Moche, detallando los riesgos para la salud de los agricultores y la posible transferencia de estos metales a la cadena alimentaria. Establecer protocolos de control como el análisis de sangre a los agricultores para garantizar su salud.

- Incentivar a las empresas a adoptar prácticas de producción más limpias y sostenibles, brindando reconocimientos o beneficios a aquellas que demuestren un compromiso significativo con la reducción de la contaminación por metales pesados.

## REFERENCIAS

- Evaluación de riesgos ecológicos y acumulación de metales pesados en suelos agrícolas regados con efluentes de aguas residuales tratadas, agua de río y agua de pozo combinada con fertilizantes químicos por Abdullah Khalid Omer [et al]. Estudios públicos [en línea]. Marzo 2023, n.º 3. [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844023017875?pes=vor>

ISSN: 2405 8440

- GUERRERO, Ana, LEIVA, Segundo y RODRÍGUEZ, Eric. Disponibilidad hídrica según sectores de riego en la cuenca del río Virú, Perú. Estudios públicos [en línea]. Enero-Abril 2020, n.º 1. [fecha de consulta 20 de mayo de 2023]. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v27n1/2413-3299-arnal-27-01-283.pdf>

ISSN: 2413 3299

- Evaluación de la calidad del agua en los canales de la Zona de Reglamentación Especial de Los Pantanos de Villa (Lima, Perú) por Enrique Ayala Edith [et al]. Revista de la Universidad Científica del Sur [en línea]. Julio-Diciembre 2021, n.º 2. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2023]. Disponible en <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/1057>

ISSN: 2708 7077

- Calidad de agua para riego en la cuenca Huallaga, Perú por Cerna Cueva Alberto [et al]. Revista Peruana de Ciencia Agropecuaria [en línea]. Julio-Septiembre 2022, n.º 3. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2023]. Disponible en [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172022000300239&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172022000300239&script=sci_arttext)

ISSN: 2077 9917

- RODRÍGUEZ, Ruben. Análisis de la calidad de agua en ríos de la cuenca Chancay – Lambayeque, Perú. Estudios Públicos [en línea]. Julio-Diciembre 2021, n.º 2. [Fecha consultada: 20 de mayo de 2023]. Disponible en <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/vestsc/article/view/568/515>

ISSN: 2617 0639

- Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Togllahuayco por Quinteros Carabalí Jofree [et al]. Revista ecuatoriana de Siembra [en línea]. Julio - Diciembre 2019, n.º 2. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/6538/653869484005/653869484005.pdf>

ISSN: 1390 8928

- Evaluación de la Calidad del Agua de Riego Proveniente de la Acequia Tilipulo Enríquez-Cotopaxi Mediante la Relación de Absorción de Sodio (RAS) por Rodríguez Suly [et al.] Revista Politécnica [en línea]. Mayo-Julio 2022, n.º 2. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2023]. Disponible en <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/rpolit/v49n2/2477-8990-rpolit-49-02-55.pdf>

ISSN: 2477 8990

- Evaluación de la calidad de las aguas del río Yamanigüey para el riego agrícola por Dunán Avila Pedro [et al.] Revista Cubana de Minería y Geología [en línea]. Abril-Junio 2022, n.º 1. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/2235/223574495011/223574495011.pdf>

ISSN: 1993 8012

- Riego deficitario controlado su efecto sobre la nutrición, productividad y calidad de fruta en maracuyá por Rodríguez Yzquierdo Gustavo [et al.] Revista de Costa Rica [en línea]. Mayo-Agosto 2020, n.º 2. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.redalyc.org/journal/437/43762994009/43762994009.pdf>

ISSN: 2215 3608

- Calidad para el riego de las aguas del río San Pablo, cantón Babahoyo, Ecuador por Caicedo Camposano Oscar [et al.] Revista Ecuatoriana de Ciencias Técnicas Agropecuarias [en línea]. Julio-Septiembre 2019, n.º 3. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2023]. Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v28n3/2071-0054-rcta-28-03-e02.pdf>

ISSN: 2071 0054

- Acumulación de metales pesados y microbios en el suelo y cultivos alimentarios regados con aguas residuales y el riesgo potencial para la salud humana: un análisis de metadatos por Othman Yahia [et al.] Revista Jordana de Ciencias Ambientales y Recursos Hídricos [en línea]. Diciembre 2021, n.º 2. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2023]. Disponible en <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000734700300001>

ISSN: 2073 4441

- Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador por García J. [at al.] Revista Ecuatoria de Ingeniería del Agua [en línea]. Abril 2021, n.º 2. [Fecha de consulta 20 de mayo 2023] Disponible en <https://iwaponline.com/IA/article/25/2/115/81941/Determinacion-del-indice-de-calidad-del-agua-en>

ISSN: 1134 2196

- AMBAR, Amparo. Evaluación fisicoquímica de la calidad del agua para riego agrícola, contaminada por la minería informal distrito de Sayapullo – La Libertad 2019. Tesis (Título de Ingeniería Ambiental). Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2022. Disponible en [http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2534/1/T026\\_70775601\\_T.pdf](http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2534/1/T026_70775601_T.pdf)
- CARDENAS, Súsani. Evaluación de la calidad del agua de lagunas de reserva paisajística Nor Yauyos Cochas como base para proponer estrategias de manejo para su conservación. Tesis (Título de Ingeniero Zootecnista). Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú, 2017. Disponible en



<https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3390/%c3%91ahuin%20C%c3%a1rdenas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- GUERRERO, Ana. Calidad del agua de uso agrícola en la cuenca media del río Jequetepeque, Perú. Tesis (Magíster en Ciencias Ambientales con mención en Gestión y Ordenamiento Ambiental del Territorio). Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2019. Disponible en [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11157/Guerrero\\_pa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/11157/Guerrero_pa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- SUBIANTORO, R. Evaluación de la Calidad del Agua para Cultivos Agrícolas, Riego utilizando el índice de calidad del agua de riego: un caso Estudio Topografía y Evaluación de Tierras de Kampus Polinela II. Revista de Agricultura y Ciencias Aplicadas [en línea]. Abril 2022, n.º 1. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2023]. Disponible en <https://www.proquest.com/docview/2652629206/9336850214394DEAPQ/1?accountid=37408>

ISSN: 1755 1315

- Escenarios de Crisis Hídrica del Río Colorado (Argentina) e Influencia en las Condiciones de Calidad del Agua de Riego por Trillini Mariano [et al.]. Revista de Sostenibilidad [en línea]. Mayo 2023, n.º 11. [Fecha de consulta: 15 de junio de 2023]. Disponible en <https://www.proquest.com/docview/2824030520/9336850214394DEAPQ/6>

ISSN: 1511 8457

- REZAK, Salima, RAHAL, Farid y BAHMANI, Abdellah. Análisis de tendencia de la calidad del agua de la represa Cheurfas II, Argelia. Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia [en línea]. Diciembre 2021, n. 106. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2023]. Disponible en [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/sandra-123,+1.+345503%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/sandra-123,+1.+345503%20(2).pdf)

ISSN: 0120 6230

- GAVIDIA, Rosa y IPARRAGUIRRE, Jhidne. Calidad del agua de la cuenca del río Moche empleando el ICA-PE, La Libertad, 2020. Tesis (Título profesional de Ingeniería Ambiental). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2021. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/28281?show=full>

- Efecto de la gestión del riego y la calidad del agua en el suelo y Sorghum bicolor Payenne Rendimiento en Cabo Verde por Palacios María [et al.]. Revista de Agricultura [en línea]. Enero 2023, n.º 1. [Fecha de consulta: 17 de junio de 2023]. Disponible en <https://www.proquest.com/docview/2767171561/9336850214394DEAPQ/2>

ISSN: 1301 0192

- Manejo del Riego con Salinidad Media Agua en la Casa de Cultivos Protegidos de Cabacú por Vargas Pável [et al.]. Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias [en línea]. Enero-Marzo 2023, n.º 1. [Fecha de consulta: 17 de junio de 2023]. Disponible en <https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=2&sid=9642c06e-962f-4eb6-8619-dea9738b1807%40redis>

ISSN: 2071 0054

- Calidad del Agua para Riego del Río San Pablo, Municipio de Babahoyo, Ecuador por Caicedo Oscar [et al.]. Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias [en línea]. Julio - Septiembre 2019, n.º 3. [Fecha de consulta: 17 de junio de 2023]. Disponible en <https://web.s.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=5&sid=9642c06e-962f-4eb6-8619-dea9738b1807%40redis>

ISSN: 2071 0054

- Implicaciones de la calidad del agua de riego en fincas tropicales por Guerra Tamara [et al.]. Revista Global de Ciencia y Gestión Ambiental [en línea]. Junio 2021, n.º 1. [Fecha de consulta: 17 de junio de 2023]. Disponible en <https://www.proquest.com/docview/2582233093/BBB85DB51CF74128PQ/10?accountid=37408>

ISSN: 2383 3572

- PALACIOS, Rodrigo y VELASTEGUI, Lizeth. Evaluación de la calidad del agua de consumo humano en la comunidad San Rafael, provincia de Pichincha. Tesis (Tecnólogo en Agua y Saneamiento Ambiental). Pichincha: Escuela Politécnica Nacional, 2020. Disponible en <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21047>
- Metales pesados en hortalizas y suelos agrícolas irrigados con aguas superficiales: una revisión sistemática por Mario Anaya [et al.]. Revista Chilena [en línea]. Septiembre 2022, n.º 3. [Fecha de consulta: 13 de octubre de 2023]. Disponible en [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-34292022000300033](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292022000300033)

ISSN: 0718 3429

- COTRINA, Yusselly y ARRASCUE, Christian. Determinación de los niveles de mercurio, cadmio, aluminio y plomo en las aguas de riego del fundo Santa Rosa - 2019. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Chimbote: Universidad Nacional Del Santa, 2019. Disponible en <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3828>
- HIDALGO, Willian y CAYAO, Pascual. Eficiencia de la Moringa Oleifera para el tratamiento de agua residual doméstica con fines de recuperación y aprovechamiento en el riego de vegetales. Tesis (Ingeniero Agrónomo). Tarapoto: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3178>
- GUTIÉRREZ, Solange. Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río Monjas, sectores Pomasqui y San Antonio de Pichincha mediante ICA-NSF. Tesis (Ingeniero Ambiental). Quito: Universidad Central Del Ecuador, 2019. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20243>
- VÁSQUEZ, Liberando. Diseño del canal de riego Trancamayo Chico, centro poblado Cabracancha - Chota - Cajamarca. Tesis (Ingeniero Civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2021. Disponible en <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/73756>

- AAFFCO (1996) Asociación Estadounidense de Funcionarios de Control de Alimentos. Publicación oficial. pg: 230
- RODRÍGUEZ, E., LAUGHLIN, M., PENNOCK, D., La contaminación del suelo: una realidad oculta. Revista Estadounidense [en línea]. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019 [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2023]. Disponible en [file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/ONO%20AGRICULTURA%20METALES%20PESADOS%20PG%2057%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/ONO%20AGRICULTURA%20METALES%20PESADOS%20PG%2057%20(1).pdf)
- Agencia de Protección Ambiental. EPA/540/1 – 89/002: Guía de Evaluación de riesgos para Superfund, Estados Unidos: Manual de evaluación de la salud humana (parte A), 1989. pp. 178 – 195.
- Riesgos para la salud por metales pesados en productos agrícolas cultivados en áreas abandonadas por la minería aurífera en la Amazonía peruana por Soto Benavente, Margarita [et al.] Revista Peruana [en línea]. Febrero 2020, n°. 1. [Fecha de consulta: 18 de septiembre de 2023]. Disponible en [Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n1/2077-9917-agro-11-01-00049.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v11n1/2077-9917-agro-11-01-00049.pdf)

ISSN: 2077 9917

- GUOLIANG, Zhauo, YE, Ma, YUZHEN, Liu, JIEMIN, Cheng y XIAOFENG, Wang. Análisis de fuentes y evaluación de riesgos ecológicos de metales pesados en suelos agrícolas alrededor de la industria de metales pesados en el condado de Anxin. Revista China [en línea]. Junio 2022, n°. 12. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2023]. Disponible en <https://www.nature.com/articles/s41598-022-13977-6#citeas>

ISSN: 4200 7174

- Garrido, Soledad. Interpretación de análisis de suelos. Guía práctica para muestrear los suelos e interpretar sus análisis [en línea]. Mayo 1993, n. ° 5. [Fecha de consulta: 14 de noviembre de 2023]. Disponible en [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1993\\_05.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf)

- COBRE total en sangre. Recursos de internet (UC San Diego Health Library) [en línea]. San Diego. Biblioteca de salud [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en [https://myhealth.ucsd.edu/Spanish/RelatedItems/167,total\\_copper\\_blood\\_ES#:~:text=El%20cobre%20adicional%20en%20el,enfermedad%20de%20Wilson%20es%20mortal.](https://myhealth.ucsd.edu/Spanish/RelatedItems/167,total_copper_blood_ES#:~:text=El%20cobre%20adicional%20en%20el,enfermedad%20de%20Wilson%20es%20mortal.)
- NIVELES de plomo en la sangre. Recursos de internet (medline plus) [en línea]. Estados Unidos. Biblioteca nacional de medicina [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003360.htm>
- ZINC. Recursos de internet (vivo labs) [en línea]. Madrid. Contenido social medio. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en <https://vivolabs.es/zinc/#:~:text=Algunos%20de%20los%20signos%20de,micrrogramos%20por%20mililitro%20de%20sangre>
- EXAMEN de Hierro sérico. Recursos de internet (medline plus) [en línea]. Estados Unidos. Biblioteca nacional de medicina. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/003488.htm#:~:text=Los%20rangos%20de%20los%20valores,transferrina%3A%2020%25%20a%2050%25>
- LA TOXICIDAD de Arsénico. Recursos de internet (agencia para sustancias y el registro de enfermedades) [en línea]. Atlanta. Estudios de caso en medicina ambiental. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en [https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/evaluacion\\_clinica.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/csem/arsenic/evaluacion_clinica.html)
- EL CADMIO y su efecto en la salud humana. Recursos de internet (unidad de investigación científica) [en línea]. El salvador. Investigaciones. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en [http://www.medicina.ues.edu.sv/unica/index.php?option=com\\_content&view=article&id=106:el-cadmio-y-su-efecto-en-la-salud-humana&catid=30:esp-medicina-interna&Itemid=157](http://www.medicina.ues.edu.sv/unica/index.php?option=com_content&view=article&id=106:el-cadmio-y-su-efecto-en-la-salud-humana&catid=30:esp-medicina-interna&Itemid=157)

- CAMPIÑA, Jean. Caracterización fisicoquímica de un suelo agrícola del cantón Quero, influenciado por las cenizas volcánicas del volcán Tungurahua. Tesis (Ingeniero Bioquímico). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2020. Disponible en <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31589/1/BQ%20236.pdf>

- FLORES, Ranulfo. Efectos adversos de metales pesados en la agricultura de la cuenca baja del río Huaura - provincia Huaura 2017. Revista de Ciencia y Tecnología [en línea]. Diciembre 2018, n°. 4. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2023]. Disponible en <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2168/2049>

ISSN: 1810 6781

- Evaluación de riesgos para la salud humana de los metales pesados en el suelo y los cultivos alimentarios en la Aglomeración urbana del delta del río Perla de China por Shunan [et al.]. Revista de Química de Alimentos [en línea]. Enero 2020. [Fecha de consulta: 4 de diciembre de 2023]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814620300601?via%3Dihub>

ISSN: 0308 8146

- Autoridad Nacional del Agua (ANA) Observatorio de Recursos Hídricos, Dirección de Calidad y Evaluación de los Recursos Hídricos [en línea]. 08 de agosto del 2018-2022. [Fecha de consulta: 04 de diciembre del 2023]. Disponible en <https://snirh.ana.gob.pe/dcerh/Forms/Monitoreo/rptMonitoreoResultado.aspx?IdRep=32&IdCarhs=4127&IdPunto=14505&IdSubIndice=1&Usuario=OBSERVATORIO>

- Protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales [en línea]. Lima 11 de septiembre del 2007. [Fecha de consulta: 04 de diciembre del 2023]. Disponible en [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/PROTOCOLO-](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/PROTOCOLO-)

[MONITOREO-CALIDAD-RECURSOS-HIDRICOS-SUPERFICIALES-\(CONTINENTALES\).pdf](#)

- Guía para muestreo de suelos [en línea]. Lima 31 de marzo del 2014. [Fecha de consulta: 05 de diciembre del 2023]. Disponible en <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-muestreo-suelos-guia-elaboracion-planes-descontaminacion>
- FAO aprueba resolución administrativa SENASAG N° 069/2021. Manual Técnico: Toma, Manejo y Envío de Muestras Vegetales. [en línea]. Santísima trinidad. 15 de abril de 2021. [Fecha de consulta: 05 de diciembre del 2023]. Disponible en <https://www.fao.org/faolex/results/details/fr/c/LEX-FAOC218964/>
- Nutrición vegetal. Recursos internet (Suelos y encalado) [en línea]. Yara México: Knowledge grows. [Fecha de consulta: 05 de diciembre de 2023]. Disponible en [https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/maiz/suelos-y-encalado/#:~:text=El%20pH\\*%20preferido%20del%20ma%C3%ADz,%2C%20calcio%2C%20potasio%20y%20molibdeno](https://www.yara.com.mx/nutricion-vegetal/maiz/suelos-y-encalado/#:~:text=El%20pH*%20preferido%20del%20ma%C3%ADz,%2C%20calcio%2C%20potasio%20y%20molibdeno)
- GUZMÁN, Ambar, CRUZ, Orestes y VALDÉS, Ramiro. Efectos de la contaminación por metales pesados en un suelo con uso agrícola. Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias [en línea]. Diciembre 2018, n°. 1. [Fecha de consulta: 4 de diciembre de 2023]. Disponible en <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcqlclefindmkaj/http://scielo.sld.cu/pdf/rcta/v28n1/2071-0054-rcta-28-01-e04.pdf>

ISSN: 2071 0054

## ANEXOS

Anexo 1: Tabla de operacionalización de variables

Variable de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Presencia de metales pesados en agua del canal de riego (I)	Los metales pesados son elementos químicos con una densidad superior a 4 g/ml, y se encuentran de manera abundante en la naturaleza. Existen metales, como el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), plata (Ag) y cromo (Cr), que carecen de función biológica y son intrínsecamente tóxicos. (Soto et al. 2020, pg. 50)	Esta variable se medirá en el laboratorio, mediante el equipo espectrofotómetro por absorción atómica.	Volumen de agua del canal de riego.  Contenido de metales pesados en agua del canal de riego	pH  Cobre (ppm) Plomo (ppm) Zinc (ppm) Hierro (%) Arsénico (ppm) Cadmio (ppm) Conductividad eléctrica (μS/cm)	Razón
Evaluación del riesgo en los agricultores por la exposición a metales pesados (D)	“La existencia de metales pesados y el riesgo en los agricultores simboliza una deficiencia significativa, ya que estos metales son factores determinantes en una crisis ecológica que, a su vez, afecta la	Esta variable se medirá en el laboratorio “LABMIN, mediante análisis de muestras de suelo y cultivo por medio del equipo espectrofotómetro	Contenido de metales pesados en el suelo.	Cobre (ppm) Plomo (ppm) Zinc (ppm) Hierro (%) Arsénico (ppm) Cadmio (ppm)	Intervalo



	salud". (Anaya et al. 2022, pg. 1)	etro por absorción atómica.	<p>Calidad física del suelo</p> <p>Contenido de metales del cultivo "chala".</p> <p>Prácticas y alternativas de manejo de agua, suelo y cultivo.</p>	<p>pH</p> <p>Conductividad eléctrica (mS/cm)</p> <p>Arsénico (ppm)</p> <p>Cobre (ppm)</p> <p>Plomo (ppm)</p> <p>pH</p> <p>Propuestas viables</p>	Ordinal
--	------------------------------------	-----------------------------	--	--	---------

Fuente: elaboración propia

## Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

El instrumento de la investigación para la recolección de datos fue la evaluación de las características fisicoquímicas del agua, y la obtención de datos y análisis de las muestras.

### 1. Ficha de observación de recolección de muestras

<b>Fecha de Muestreo</b>	<b>Muestra</b>	<b>Zona de Muestreo</b>	<b>Punto de Muestreo UTM</b>	<b>Cantidad de Muestreo</b>
20/09/2023	Suelo	CdM- Sector Chanquin alto	M1-P1 Coordenada Este: 719232,54 m E Coordenada Norte: 9098843,19 m S	2,5 Kg
		CdM- Sector Cobranza	M2-P2 Coordenada Este: 720636,10 m E Coordenada Norte: 9099198,35 m S	2,5 Kg
		CdM- Sector Sun	M3-P3 Coordenada Este: 719946,00 m E Coordenada Norte: 9099785,00 m S	2,5 Kg
20/09/2023	Planta	CdM- Sector Chanquin alto	M1-P1 Coordenada Este: 719232,54 m E Coordenada Norte: 9098843,19 m S	1 U
		CdM- Sector Cobranza	M2-P2 Coordenada Este: 720636,10 m E Coordenada Norte: 9099198,35 m S	2 U
		CdM- Sector Sun	M3-P3 Coordenada Este: 719946,00 m E Coordenada Norte: 9099785,00 m S	1 U
23/09/2023	Agua	CdM- Sector Chanquin alto	M1-P1 Coordenada Este: 720720,00 m E Coordenada Norte: 9100159,00 m S	100 ml
		CdM- Sector Cobranza	M2-P2 Coordenada Este: 720629,09 m E Coordenada Norte: 9099198,01 m S	100 ml
		CdM- Sector Sun	M3-P3 Coordenada Este: 719452,00 m E Coordenada Norte: 9098688,00 m S	100 ml

Fuente: Elaboración propia

## 2. Ficha de análisis de suelo

Muestras UTM	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	Cd (ppm)	pH	Conductividad mS/cm
M1-P1	302,2	154,32	413,6	3,55	0,32	0,15	6,62	3,2
M2-P2	364,4	163,54	660,2	3,05	0,54	0,26	6,71	3,5
M3-P3	196,2	95,25	353,6	2,94	0,21	0,11	6,85	3,8

Fuente: Elaboración propia

## 3. Ficha de análisis de agua

Muestras UTM	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	Cd (ppm)	pH	Conductividad $\mu$ S/cm
M1-P1	0,036	0,015	0,05	0,00 014	0	0	7,4	2652
M2-P2	0,033	0,013	0,08	0,00 018	0	0	7,45	2789
M3-P3	0,033	0,011	0,09	0,00 011	0	0	7,63	2845

Fuente: Elaboración propia

## 4. Ficha de análisis de planta

Muestras UTM	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	Cd (ppm)	pH
M1-P1	215	105,23	244	0,29	0,35	0,16	7,11
M2-P2	422,21	213,61	510,24	0,44	0,62	0,32	7,2
M3-P3	234,65	114,28	301,21	1,03	0,47	0,27	7,36

Fuente: Elaboración propia

### **Asentimiento Informado**

Título de la investigación: Evaluación de la calidad de agua para riego en el Río Moche, sector Campiña de Moche 2023

**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
DNI N° 18130961 Telf 968830280

Investigadores: León Castillo Carlos Daniel; Marquina Navez Jhan Carlos

#### **Propósito del estudio**

Le invitamos a participar en la investigación titulada “Evaluación de la calidad de agua para riego en el Río Moche, sector Campiña de Moche”, cuyo objetivo es: Determinar la calidad del agua para riego en el Río Moche, sector Campiña de Moche. Esta investigación es desarrollada por estudiantes de pregrado, de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad César Vallejo del campus Trujillo, aprobado por la autoridad correspondiente de la Universidad y con el permiso de la institución.

Describir el impacto del problema de la investigación.

En el sector Campiña de Moche se vienen regando los cultivos con agua proveniente del río Moche, sin saber que estos tienen ciertos tipos de contaminantes.

#### **Procedimiento**

Si usted decide participar en la investigación se realizará lo siguiente:

1. Se realizará una encuesta donde se recogerá datos personales y algunas preguntas sobre la investigación titulada: “Evaluación de la calidad de agua para riego en el Río Moche, sector Campiña de Moche”.
2. Esta encuesta o entrevista tendrá un tiempo aproximado de 10 minutos. Las respuestas al cuestionario serán codificadas usando un número de identificación y por lo tanto, serán anónimas.

Participación voluntaria: Puede hacer todas las preguntas para aclarar sus dudas antes de decidir si desea participar o no, y su decisión será respetada. Posterior a la aceptación no desea continuar puede hacerlo sin ningún problema.

Riesgo: Indicar le indicará al participante la existencia que NO existe riesgo o daño al participar en la investigación. Sin embargo, en el caso que existan preguntas que le puedan generar incomodidad. Usted tiene la libertad de responderlas o no.

**Beneficios:** Se le informará que los resultados de la investigación se le alcanzará a la institución al término de la investigación. No recibirá ningún beneficio económico ni de ninguna otra índole. El estudio no va a aportar a la salud individual de la persona, sin embargo, los resultados del estudio podrán convertirse en beneficio de la salud pública.

**Confidencialidad:** Los datos recolectados serán anónimos y no tendrán ninguna forma de identificar al participante. Garantizamos que la información que usted nos brinde es totalmente Confidencial y no será usada para ningún otro propósito fuera de la investigación. Los datos permanecerán bajo custodia del investigador principal y pasado un tiempo determinado serán eliminados convenientemente.

**Problemas o preguntas:** Si tiene preguntas sobre la investigación puede contactar con los Investigadores (León Castillo, Carlos Daniel; Marquina Navez, Jhan Carlos) email: [cleoncas@ucvvirtual.edu.pe](mailto:cleoncas@ucvvirtual.edu.pe) ; [jcmarquinam@ucvvirtual.edu.pe](mailto:jcmarquinam@ucvvirtual.edu.pe) y Docente asesor (Quezada Alvarez, Medardo Alberto) email: [maquezadaa@ucvvirtual.edu.pe](mailto:maquezadaa@ucvvirtual.edu.pe)

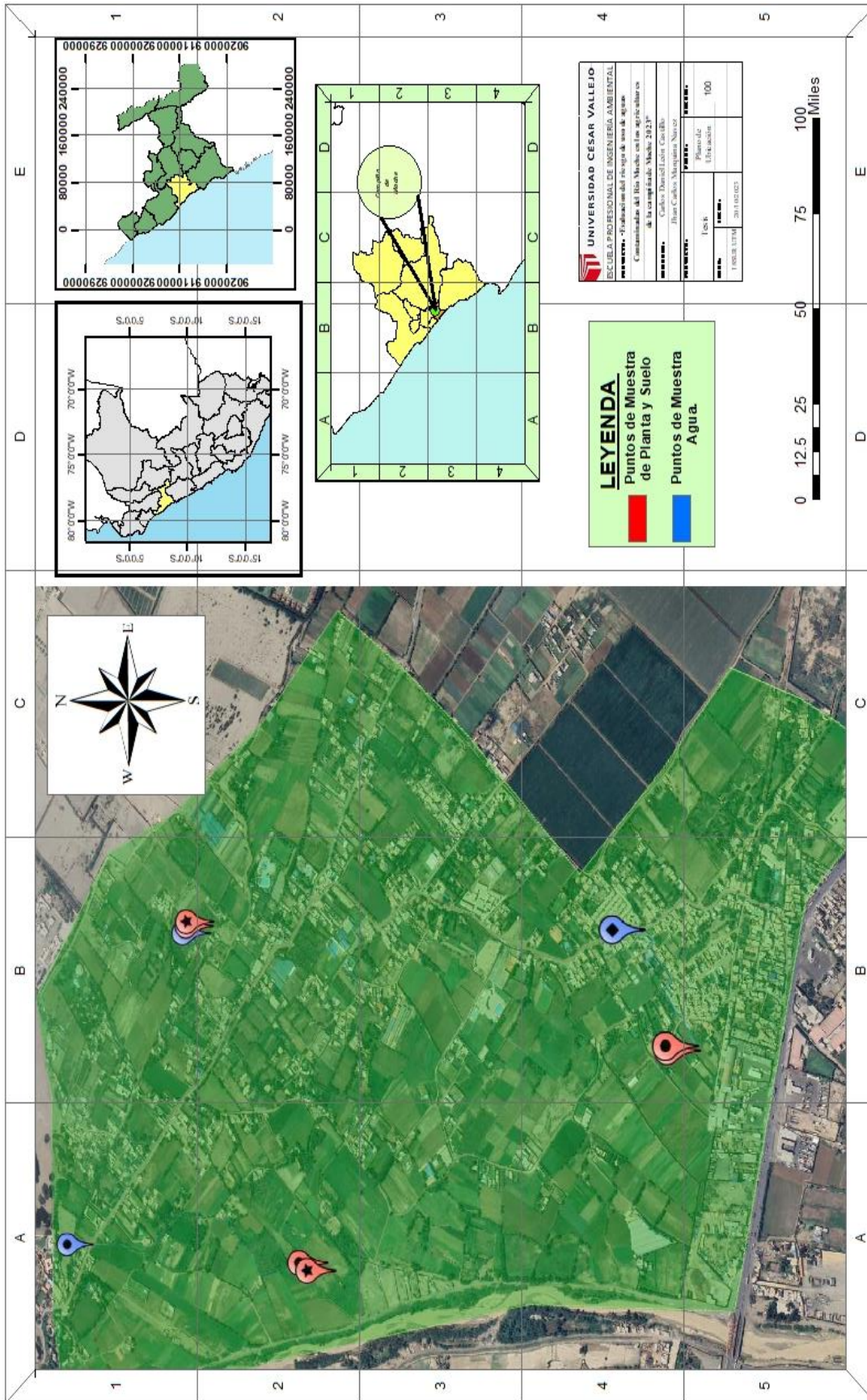
### **Consentimiento**

Después de haber leído los propósitos de la investigación autorizo que mi menor hijo participe en la investigación.

Nombre y apellidos:

Fecha y hora: 30/06/2023

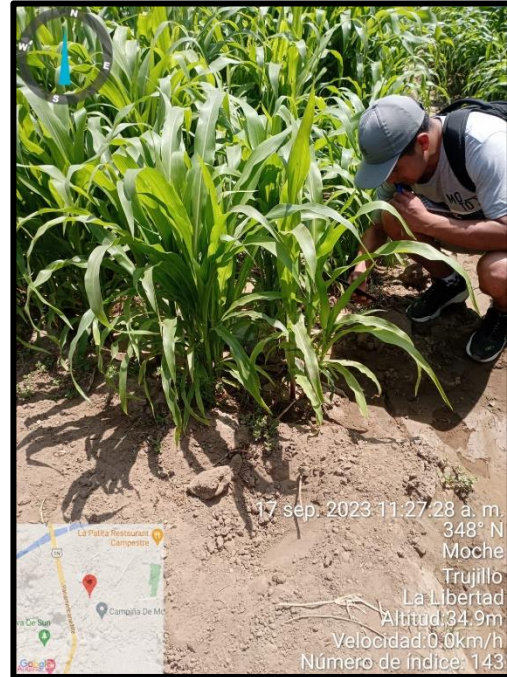
# Anexo 4: Puntos de muestreo



Fuente: elaboración propia

## Anexo 5: Galería fotográfica de puntos de obtención y análisis de muestras

### Fotografía N°1: Recojo de muestras



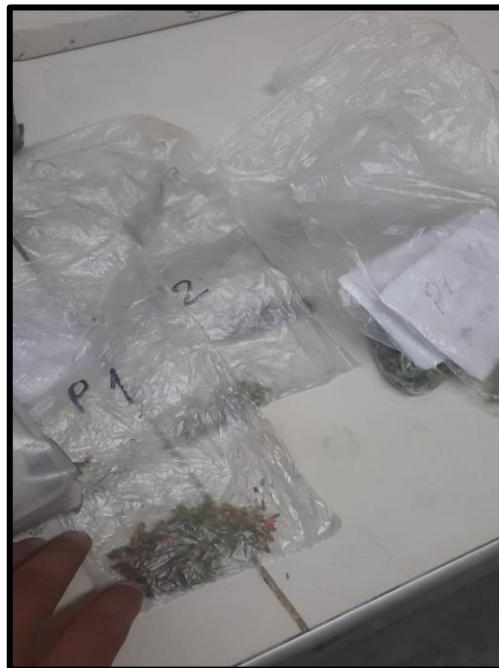
### Fotografía N°2: Recojo de muestras



Fotografía N°3: Recojo de muestras



Fotografía N°4: Análisis en laboratorio para muestra de planta





Fotografía N°4: Análisis en laboratorio para muestra de suelo



Fotografía N°5: Análisis en laboratorio para muestra de suelo



Anexo N° 6: Estándares de Calidad Ambiental para agua. Categoría III: Riego de vegetales y bebida de animales.

Categorías		ECA Agua: Categoría 3	
Parámetro	Unidad	Parámetros para riego de vegetales	Parámetros para bebidas de animales
		D1: Riego de cultivos de tallo alto y bajo	D2: Bebida de animales
Físicos - Químicos			
Aceites y grasas	mg/L	5	10
Bicarbonatos	mg/L	518	**
Cianuro Wad	mg/L	0,1	0,1
Cloruros	mg/L	500	**
Color (b)	Color verdadero escala Pt/Co	100 (a)	100 (a)
Conductividad	(uS/cm)	2 500	5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/l	15	15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	40	40
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,2	0,5
Fenoles	mg/l	0,002	0,01
Fluoruros	mg/l	1	**
Nitratos (NO <sub>3</sub> --N) + Nitritos (NO <sub>2</sub> --N)	mg/l	100	100
Nitritos (NO <sub>2</sub> --N)	mg/l	10	10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	4	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1000	1000

Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3
Inorgánicos			
Aluminio	mg/l	5	5
Arsénico	mg/l	0,1	0,2
Bario	mg/l	0,7	**
Berilio	mg/l	0,1	0,1
Boro	mg/l	1	5
Cadmio	mg/l	0,01	0,05
Cobre	mg/l	0,2	0,5
Cobalto	mg/l	0,05	1
Cromo Total	mg/l	0,1	1
Hierro	mg/l	5	**
Litio	mg/l	2,5	2,5
Magnesio	mg/l	**	250
Manganeso	mg/l	0,2	0,2
Mercurio	mg/l	0,001	0,01
Níquel	mg/l	0,2	1
Plomo	mg/l	0,05	0,05
Selenio	mg/l	0,02	0,05
Zinc	mg/l	2	24

Fuente: D.S. N° 004-2017-MINAM

Anexo N° 7: Estándares de Calidad Ambiental para suelo

Parámetros En Mg/Kg PS	Usos Del Suelo		
	Suelo Agrícola	Suelo Residencial/ Parques	Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivo
Orgánicos			
Hidrocarburos Aromáticos Volátiles			
Benceno	0,03	0,03	0,03
Tolueno	0,37	0,37	0,37
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082
Xilenos	11	11	11
Hidrocarburos Poliaromáticos			
Naftaleno	0,1	0,6	22
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7
Hidrocarburos de Petróleo			
Fracción de hidrocarburos F1 (C6- C10)	200	200	500
Fracción de hidrocarburos F2 (>C10-C28)	1200	1200	5000
Fracción de hidrocarburos F3 (13) (>C28-C40)	3000	3000	6000

Compuestos Organoclorados			
Bifenilos policlorados - PCB	0,5	1,3	33
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01
Inorgánicos			
Arsénico	50	50	140
Bario total (15)	750	500	2 000
Cadmio	1,4	10	22
Cromo total	**	400	1 000
Cromo VI	0,4	0,4	1,4
Mercurio	6,6	6,6	24
Plomo	70	140	800
Cianuro Libre	0,9	0,9	8

Fuente: D.S. N° 011-2017-MINAM

Anexo N° 8: Autorización para recolección de muestras

Trujillo 15 de Septiembre del 2023

Señora:

**Arq. Romina Rosales**

**PRESIDENTA DE COMITÉ DE REGANTES DE LA CAMPIÑA DE MOCHE -SECTOR**

**Asunto: solicito apoyo y autorización para recolección de muestras de agua, suelo y planta.**

Me dirijo a usted en calidad de Tesista, Jhan Carlos Marquina Navez identificado con DNI N° 60041692, estudiante de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, con el propósito de informar que vengo realizando el trabajo de investigación titulado: *Evaluación del impacto del uso de aguas contaminadas del Río Moche en la agricultura, Campiña de Moche 2023*, este estudio es gran interés para nuestra comunidad.

Para llevar a cabo este estudio, es esencial la recolección de muestras de agua, suelo y planta en diferentes puntos estratégicos de la Campiña de Moche. Estas muestras serán analizadas posteriormente en un laboratorio para obtener datos precisos que nos permitirán evaluar el estado actual del entorno y tomar decisiones informadas para su conservación y mejora.

Por lo tanto, le solicita amablemente su autorización y apoyo para la recolección de estas muestras en la Campiña de Moche.

Además, nos comprometemos a seguir todas las recomendaciones y precauciones necesarias para minimizar cualquier impacto ambiental negativo durante la recolección de muestras.

Agradecemos de antemano su colaboración en este importante proyecto para la preservación de nuestro entorno y la mejora de la calidad de vida de su comunidad. Esperamos contar con su apoyo y autorización para llevar a cabo esta iniciativa.

Quedo a su disposición para cualquier consulta adicional y agradezco de antemano su atención a esta solicitud.

Atentamente,



Juan Carlos Marquina Navez

DNI: 60041692

Estudiante de Ingeniería Ambiental



COMITÉ DE REGANTES DEL SECTOR  
CAMPIÑA DE MOCHE

ANDREA ROMINA ROSALES CHACOR  
PRESIDENTA

44011335

Arq. Romina Rosales

Presidenta del comité de

Regantes

Anexo N° 9: Cadena de custodia de muestras de agua, suelo y planta entregados al laboratorio para el análisis correspondiente

**LABMIN**  
LABORATORIO ACREDITADO  
NTP 450/DEC 17/2017 Reg. INACAL N° LE-166

**Ensayos Técnicos Labmin SRL.**  
**Laboratorio de Minerales**  
Primer lab. ACREDITADO en minerales agua Perú

N° 000770  
ODE \_\_\_\_\_  
Fecha: 23/9/23

Los Rubies Mz. A Lt. 17 AH Posqeda III Trujillo - Telf. 044-211150 / labminsr@gmail.com  
Mz. C 12 Lote 10 Parque Industrial La Esperanza Trujillo

Ingreso de muestras por: JHAN CARLOS MAILQUINA NAVCZ  
De: \_\_\_\_\_ R.U.C. \_\_\_\_\_  
E-mail: \_\_\_\_\_ Telfs: 931697958

Reportar a: \_\_\_\_\_ Rechazo: Retornar  Descartar   
Vía: E-mail:  WhatsApp  En físico  Otros \_\_\_\_\_ Otros: \_\_\_\_\_

Cantidad Muestras	Códigos del Nro.	al Nro.	Analizar por	Precio
3	solidas suelos		ATE, Pb, Cu, Zn	300
2	Liquidas (Agua r10)		pH (cal.)	300
3	Organicas (Planta)			300

Reporte: 1 / 1 A Cuenta: \_\_\_\_\_ Resta: \_\_\_\_\_ Total: 900  
Ingreso en: Parque Industrial La Esperanza \_\_\_\_\_ Los Rubies \_\_\_\_\_ Otro \_\_\_\_\_  
al momento de cancelar cambio por Boleta o Factura

WhatsApp labmin 964960123 **CLIENTE**

\_\_\_\_\_ p. Labmin

\_\_\_\_\_ Cliente

Anexo N° 10: Resultados de análisis de metales pesados en laboratorio, de muestras de agua, suelo y planta



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO  
POR EL ORGANISMO DE ACREDITACION  
INACAL- DA CON REGISTRO N°LE-166

Pág. 1 de 3

**INFORME DE ENSAYO**

Nro. INF3286

Cliente : JHAN CARLOS MARQUINA NAVEZ  
Dirección : La Libertad  
Fecha de Emisión : 27/09/2023 05:00:00 pm  
Orden de Servicio : ODE3286

Tipo de Material de los Items Ensayados

Tipo de Material : Aguas, plantas y suelos

Recepción de los Items de Ensayo

Identificación de Items : Muestra de Aguas, plantas y suelos  
Número de Items : 9 Unidades  
Cantidad de Item : 100 ml (aguas), 2.50 kg (suelos), 0.030 kg (plantas) Aprox.  
Estado de Item : Sólido, aparentemente húmedo y líquido.  
Contenedor de Item : Frascos de polietileno cerrados, Bolsas plástica cerradas.  
Fecha de Recepción : 23/09/2023 01:00:00 pm  
Lugar de Recepción : Mza. C12 Lote. 10 Parque Industrial, Trujillo, La Libertad, Perú.  
Condiciones de Recep. : Codificación notoria

=====

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

=====

Fecha de Ejecución : 25/08/2023 08:40:00 am  
Lugar de Ejecución : Mza. C12 Lote. 10 Parque Industrial, Trujillo, La Libertad, Perú.

**Suelos:**

Cód. Interno	Cód. Cliente	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	Cd (ppm)
ODE3286/001	P1-M1	302.20	154.32	413.60	3.55	0.32	0.15
ODE3286/002	P2-M2	364.40	163.54	660.20	3.05	0.54	0.26
ODE3286/003	P3-M3	196.20	95.25	353.60	2.94	0.21	0.11

**Plantas:**

Cód. Interno	Cód. Cliente	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	Cd (ppm)
ODE3286/004	P1-M1	215.00	105.23	244.00	0.29	0.35	0.16
ODE3286/005	P2-M2	422.21	213.61	510.24	0.44	0.62	0.32
ODE3286/006	P3-M3	234.65	114.28	301.21	1.03	0.47	0.27

Mza. C12 Lote. 10 Urb. Parque Industrial La Esperanza, Trujillo, La Libertad

Cel. 964 960 123 – 948 323 220

R-PJL-16/1 rev. 01 Emisión 13.07.20



Aguas:

Cód. Interno	Cód. Cliente	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (ppm)	Fe (mg/L)	As (mg/L)	Cd (mg/L)
ODE3286/007	P1-M1	0.036	0.015	0.05	0.14	<LCM	<LCM
ODE3286/008	P2-M2	0.033	0.013	0.08	0.18	<LCM	<LCM
ODE3286/009	P3-M3	0.033	0.011	0.09	0.11	<LCM	<LCM

Nota: <LCM (menor al Límite de cuantificación del método, trazas)

=====

**METODOLOGÍA EMPLEADA**

=====

Parámetro de Ensayo	Método
Cobre (Cu) :	Espectroscopia de absorción atómica (*)
Plomo (Pb) :	Espectroscopia de absorción atómica (*)
Zinc (Zn) :	Espectroscopia de absorción atómica (*)
Hierro (Fe) :	Espectroscopia de absorción atómica (*)
Arsénico (As) :	Espectroscopia de absorción atómica (*)
Cadmio (Cd) :	Espectroscopia de absorción atómica (*)

Mza. C12 Lote. 10 Urb. Parque Industrial La Esperanza, Trujillo, La Libertad

Cel. 964 960 123 – 948 323 220

R-PJL-16/1 rev. 01 Emisión 13.07.20

Anexo N° 11: Resultados de análisis de pH y Conductividad eléctrica en laboratorio, de muestras de agua, suelo y planta

**INFORME DE ENSAYO**

Nro. INF3286

Cliete : JHAN CARLOS MARQUINA NAVEZ  
Dirección : La Libertad  
Fecha de Emisión : 10/10/2023 04:30:00 pm Orden de Servicio : ODE3286

Tipo de Material de los Items Ensayados

Tipo de Material : Aguas, plantas y suelos

Recepción de los Items de Ensayo

Identificación de Items : Muestra de Aguas, plantas y suelos  
Número de Items : 9 Unidades  
Cantidad de Item : 100 ml (aguas), 2.50 kg (suelos), 0.030 kg (plantas) Aprox.  
Estado de Item : Sólido, aparentemente húmedo y líquido.  
Contenedor de Item : Frascos de polietileno cerrados, Bolsas plástica cerradas.  
Fecha de Recepción : 23/09/2023 01:00:00 pm  
Lugar de Recepción : Mza. C12 Lote. 10 Parque Industrial, Trujillo, La Libertad, Perú.  
Condiciones de Recep. : Codificación notoria

RESULTADOS DEL ENSAYO

Fecha de Ejecución : 25/08/2023 08:40:00 am  
Lugar de Ejecución : Mza. C12 Lote. 10 Parque Industrial, Trujillo, La Libertad, Perú.

Suelos:

Cód. Interno	Cód. Cliente	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	Cd (ppm)	pH	Conductividad (mS/cm)
ODE3286/001	P1-M1	302.20	154.32	413.60	3.55	0.32	0.15	6.62	3.2
ODE3286/002	P2-M2	364.40	163.54	660.20	3.05	0.54	0.26	6.71	3.5
ODE3286/003	P3-M3	196.20	95.25	353.60	2.94	0.21	0.11	6.85	3.8

Plantas:

Cód. Interno	Cód. Cliente	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Fe (%)	As (ppm)	Cd (ppm)	pH
ODE3286/004	P1-M1	215.00	105.23	244.00	0.29	0.35	0.16	7.11
ODE3286/005	P2-M2	422.21	213.61	510.24	0.44	0.62	0.32	7.20
ODE3286/006	P3-M3	234.65	114.28	301.21	1.03	0.47	0.27	7.36

Mza. C12 Lote. 10 Urb. Parque Industrial La Esperanza, Trujillo, La Libertad

Cel. 964 960 123 – 948 323 220

**Observaciones**

Los resultados < LCM. Límite de cuantificación del Método para NTP-ISO 10258. Concentrados de sulfuro de cobre. Determinación del Contenido de Cobre. Método por titulación. [Validado-Modificado. Aplicado fuera del alcance] No incluye muestreo; significa que la concentración del analito es menor a 3.670 %.

NA: No Aplica ND: No declarado

(\*) Los Métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA

**Información Adicional**

- ❖ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio ENSAYOS TECNICOS LABMIN SRL.
- ❖ Los Resultados se suministran de manera exacta, clara, inequívoca y objetiva
- ❖ El resultado es válido solo para la muestra y las cantidades analizadas, no pudieron extenderse sus conclusiones a ninguna otra muestra que no haya intervenido en la recepción y ensayo.
- ❖ Los datos proporcionados por el cliente como: código del cliente, descripción de la muestra, lugar de muestreo, punto de muestreo, fecha y hora de muestreo son de su responsabilidad pudiendo afectar la validez de los resultados.
- ❖ Cuando el Cliente requiera que la muestra se ensaye, admitiendo una desviación de las condiciones especificadas (muestra no conforme, el laboratorio no se hace responsable por los resultados, ya que estos pueden verse afectados; encontrándose fuera del marco de la acreditación.
- ❖ Si se presentan desviaciones a los métodos de ensayos a solicitud de cliente, están fuera del alcance de acreditación
- ❖ Este documento es válido solo en original y sin tachaduras ni enmendaduras.
- ❖ El Informe de Ensayo no será utilizado como certificado de conformidad y su uso indebido será considerado como un delito contra la fe pública
- ❖ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en el laboratorio durante 30 días, por lo que toda comprobación o reclamación que en su caso deseara efectuar el solicitante, se deberá ejercer en el plazo indicado
- ❖ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA



Cristian Yuri Minchola Rojas  
ING. QUÍMICO  
R. CIP 64564

Cristian Yuri Minchola Rojas

Ing. Químico

CIP N°064564

**Mza. C12 Lote. 10 Urb. Parque Industrial La Esperanza, Trujillo, La Libertad**

**Cel. 964 960 123 – 948 323 220**

R-PJL-16/1 rev. 01 Emisión 13.07.20

Anexo N° 12: Cálculos para medir la dosis de absorción del contacto dérmico del agua

**Datos: Dosis de absorción de Plomo (Pb) mediante el contacto dérmico del agua**

DA

$$= \frac{(0,013 \text{ mg. L}^{-1})(18000 \text{ cm}^2)(0,001 \text{ cm. h}^{-1})(8 \text{ h. día}^{-1})(24 \text{ días. años}^{-1})(30 \text{ años})(1 \text{ L. } 1000 \text{ cm}^{-3})}{(70 \text{ kg})(365 \text{ días. años}^{-1})}$$

$$DA = \frac{1,34784 \text{ mg}}{25550 \text{ kg. día}}$$

DA = 0,00005275 mg. kg. día  $\Rightarrow$   $5,275 \times 10^{-5}$  mg. kg. día  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de plomo por contacto dérmico de agua superficial.

$$DA = 0,00005275 \text{ mg. kg. día} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ días}} \Rightarrow \frac{0,00005275 \text{ mg. kg} \times 365}{1 \text{ año}}$$

DA = 0,0192 mg. kg. año  $\Rightarrow$   $1,92 \times 10^{-2}$  mg. kg. año  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de plomo en años.

**Datos: Dosis de absorción de Zinc (Zn) mediante el contacto dérmico del agua**

DA

$$= \frac{(0,0733 \text{ mg. L}^{-1})(18000 \text{ m}^2)(0,0006 \text{ cm. h}^{-1})(8 \text{ h. día}^{-1})(24 \text{ días. años}^{-1})(30 \text{ años})(1 \text{ L. } 1000 \text{ cm}^{-3})}{(70 \text{ kg})(365 \text{ días. años}^{-1})}$$

$$DA = \frac{4,5598464 \text{ mg}}{25550 \text{ kg. día}}$$

DA = 0,00017846 mg. kg. día  $\Rightarrow$   $1,7846 \times 10^{-4}$  mg. kg. día  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Zinc por contacto dérmico en agua superficial.

$$DA = 0,00017846 \text{ mg. kg. día} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ día}} \Rightarrow \frac{0,00017846 \text{ mg. kg} \times 365}{1 \text{ año}}$$

DA = 0,0651379 mg. kg. año  $\Rightarrow$  La dosis de absorción de zinc por año por contacto dérmico en agua superficial.

**Datos: Dosis de absorción de Hierro (Fe) mediante el contacto dérmico del agua**

DA

$$= \frac{(0,000143 \text{ mg. L}^{-1})(18000 \text{ m}^2)(0,001 \text{ cm. h}^{-1})(8 \text{ h. día}^{-1})(24 \text{ días. años}^{-1})(30 \text{ años})(1 \text{ L. } 1000 \text{ cm}^{-3})}{(70 \text{ kg})(365 \text{ días. años}^{-1})}$$

$$DA = \frac{0,01482624 \text{ mg}}{25550 \text{ kg. día}}$$

$DA = 0,000000580 \text{ mg. kg. día} \Rightarrow 5,80 \times 10^{-7} \text{ mg. kg. día} \Rightarrow$  La dosis absorbida de Hierro por contacto dérmico en agua superficial.

$$DA = 0,000000580 \text{ mg. kg. día} \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ día}} \Rightarrow \frac{0,000000580 \text{ mg.kg} \times 365}{1 \text{ año}}$$

$DA = 0,0002117 \text{ mg. kg. año} \Rightarrow$  La dosis de absorción de Hierro por año por contacto dérmico en agua superficial

### Anexo 13: Cálculos para medir la dosis de absorción del contacto dérmico del suelo

#### Datos: Dosis de absorción de Plomo (Pb) mediante el contacto dérmico del suelo

DA

$$= \frac{(137,70 \text{ mg. kg}^{-1})(10^{-6} \text{ kg. mg}^{-1})(5700 \text{ cm}^2)(0,7 \text{ mg. cm}^{-2})(0,01)(24 \text{ días. años}^{-1})(30 \text{ años})}{(70 \text{ kg})(365 \text{ días. años}^{-1})}$$

$$DA = \frac{3,9558456 \text{ mg}}{25550 \text{ kg. día}}$$

DA = 0,000154827 mg. kg. día  $\Rightarrow$  1,548 x 10<sup>-4</sup> mg. kg. día  $\Rightarrow$  La dosis absorbida del plomo por contacto dérmico al suelo.

$$DA = 0,000154827 \text{ mg. kg. día} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ día}} = \frac{0,000154827 \text{ mg.kg} \times 365}{1 \text{ año}}$$

DA = 0,05651 mg. kg. año.día  $\Rightarrow$  La dosis absorbida del plomo por año por contacto dérmico al suelo.

#### Datos: Dosis de absorción de Zinc (Zn) mediante el contacto dérmico del suelo

DA

$$= \frac{(475,8 \text{ mg. kg}^{-1})(10^{-6} \text{ kg. mg}^{-1})(5700 \text{ m}^2)(0,7 \text{ mg. cm}^{-2})(0,01)(24 \text{ días. años}^{-1})(30 \text{ años})}{(70 \text{ kg})(365 \text{ días. años}^{-1})}$$

$$DA = \frac{13,6687824 \text{ mg}}{25550 \text{ kg. día}}$$

DA = 0,00053498 mg. kg. día; 5,3498 x 10<sup>-4</sup> mg. kg. día  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Zinc por el contacto dérmico al suelo.

$$DA = 0,00053498 \text{ mg. kg. día} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ día}} = \frac{0,00053498 \text{ mg.kg} \times 365}{1 \text{ año}}$$

DA = 0,01952 mg. kg. año  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Zinc por año contacto dérmico del suelo.

#### Datos: Dosis de absorción de Hierro (Fe) mediante el contacto dérmico del suelo

DA

$$= \frac{(3,18 \text{ mg. kg}^{-1})(10^{-6} \text{ kg. mg}^{-1})(5700 \text{ m}^2)(0,7 \text{ mg. cm}^{-2})(0,01)(24 \text{ días. años}^{-1})(30 \text{ años})}{(70 \text{ kg})(365 \text{ días. años}^{-1})}$$

$$DA = \frac{0,09135504 \text{ mg}}{25550 \text{ kg. día}}$$

DA = 0,0000035755 mg. kg. día;  $3,5755 \times 10^{-6}$  mg. kg. día  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Hierro por contacto dérmico al suelo.

$$DA = 0,0000035755 \text{ mg. kg. día} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ día}}; \frac{0,0000035755 \text{ mg.kg} \times 365}{1 \text{ año}}$$

DA = 0,001305 mg. kg. día  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Hierro por año contacto dérmico del suelo.

### Datos: Dosis de absorción de Arsénico (As) mediante el contacto dérmico del suelo

DA

$$= \frac{(0,356 \text{ mg. kg}^{-1})(10^{-6} \text{ kg. mg}^{-1})(5700 \text{ cm}^2)(0,7 \text{ mg. cm}^{-2})(0,3)(24 \text{ días. años}^{-1})(30 \text{ años})}{(70 \text{ kg})(365 \text{ días. años}^{-1})}$$

$$DA = \frac{0,30681504 \text{ mg}}{25550 \text{ kg. día}}$$

DA = 0,000012008 mg. kg. día;  $1,2008 \times 10^{-5}$  mg. kg. día  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Arsénico por contacto dérmico al suelo.

$$DA = 0,000012008 \text{ mg. kg. día} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ día}} \frac{0,000012008 \text{ mg.kg} \times 365 \text{ día}}{1 \text{ año}}$$

DA = 0,00438 mg. kg. año  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Arsénico por año contacto dérmico del suelo.

### Datos: Dosis de absorción de Cadmio (Cd) mediante el contacto dérmico del suelo

$$DA = \frac{(0,173 \text{ mg. kg}^{-1})(10^{-6} \text{ kg. mg}^{-1})(5700 \text{ cm}^2)(0,7 \text{ mg. cm}^{-2})(0,01)(24 \text{ días. años}^{-1})(30 \text{ años})}{(70 \text{ kg})(365 \text{ días. años}^{-1})}$$

$$DA = \frac{0,004969944 \text{ mg}}{25550 \text{ kg. día}}$$

DA = 0,00000019451 mg. kg. día;  $1,9456 \times 10^{-7}$  mg. kg. día  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Cadmio por contacto dérmico al suelo.

$$DA = 0,00000019451 \text{ mg. kg. día} \times \frac{1 \text{ año}}{365 \text{ día}} \frac{0,00000019451 \text{ mg.kg} \times 365}{1 \text{ año}}$$

DA = 0,000070996 mg. kd. año  $\Rightarrow$  La dosis absorbida de Cadmio por año contacto dérmico del suelo.

Anexo 14: Cálculos para medir la dosis de absorción mediante la ingesta de alimento en roedor (cuy) en el cultivo de chala.

**Datos: Dosis de absorción de Plomo (Pb)**

$$DA = \frac{(144,37 \text{ mg. L}^{-1})(730 \text{ dia. año}^{-1})(240000 \text{ mg. dia})(0,246575 \text{ año})}{(67\text{dias})(0,7 \text{ kg})} \times 10^{-6} \text{kg. mg}^{-1}$$

$$DA = 132,9802844 \text{ gr. kg. día}$$

**Datos: Dosis de absorción de Zinc (Zn)**

$$DA = \frac{(351,81 \text{ mg. L}^{-1})(730 \text{ dia. año}^{-1})(240000 \text{ mg. dia})(0,246575 \text{ año})}{(67\text{dias})(0,7 \text{ kg})} \times 10^{-6} \text{kg. mg}^{-1}$$

$$DA = 324,0548164 \text{ gr. kg. día}$$

**Datos: Dosis de absorción de Hierro (Fe)**

$$DA = \frac{(0,586 \text{ mg. L}^{-1})(730 \text{ dia. año}^{-1})(240000 \text{ mg. dia})(0,246575 \text{ año})}{(67\text{dias})(0,7 \text{ kg})} \times 10^{-6} \text{kg. mg}^{-1}$$

$$DA = 0,53976 \text{ gr. kg. día}$$

**Datos: Dosis de absorción de Arsénico (As)**

$$DA = \frac{(0,48 \text{ mg. L}^{-1})(730 \text{ dia. año}^{-1})(240000 \text{ mg. dia})(0,246575 \text{ año})}{(67\text{dias})(0,7 \text{ kg})} \times 10^{-6} \text{kg. mg}^{-1}$$

$$DA = 0,44213 \text{ gr. kg. día}$$

**Datos: Dosis de absorción de Cadmio (Cd)**

$$DA = \frac{(0,25 \text{ mg. L}^{-1})(730 \text{ dia. año}^{-1})(240000 \text{ mg. dia})(0,246575 \text{ año})}{(67\text{dias})(0,7 \text{ kg})} \times 10^{-6} \text{kg. mg}^{-1}$$

$$DA = 0,23027 \text{ gr. kg. día}$$



## Anexo 14: Validación del instrumento. Especialista 1

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Haniel Solís Muñoz  
 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente de la Universidad César Vallejo  
 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Dr. Ingeniero Químico  
 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Recolección de datos de agua, suelo y cultivo.  
 1.5. **Autores de instrumento:** León Castillo, Carlos Daniel  
 Marquina Navez, Jhan Carlos

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.									X				
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										X			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnico y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseños aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

88%

Trujillo, 06 de julio del 2023

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE  
 DNI N° 80397549 Telf 977171931

## Anexo 15: Validación del instrumento. Especialista 2

### VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

1.1. **Apellidos y Nombres:** Vasquez Salazar Oscar Daniel

1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente en la Universidad César Vallejo

1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Mg. Ingeniero Agrónomo

1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Recolección de datos de agua, suelo y cultivo.

1.5. **Autores de instrumento:** León Castillo, Carlos Daniel  
Marquina Navez, Jhan Carlos

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
11. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.									X				
12. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
13. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.									X				
14. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.									X				
15. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.											X		
16. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de hipótesis.											X		
17. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnico y/o científicos.											X		
18. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis variables e indicadores.											X		
19. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseños aplicados para lograr probar las hipótesis.									X				
20. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

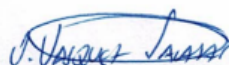
- Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

X

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

83%

Trujillo, 06 de julio del 2023



FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI N° 41982553 Telf. 969785084

Anexo 16: Validación del instrumento. Especialista 3

**VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1. **Apellidos y Nombres:** Elvar Renato Miñano Mera
- 1.2. **Cargo e institución donde labora:** Docente en la Universidad César Vallejo
- 1.3. **Especialidad o línea de investigación:** Mg. Ingeniero Agrónomo
- 1.4. **Nombre del instrumento motivo de evaluación:** Recolección de datos de agua, suelo y cultivo.
- 1.5. **Autores de instrumento:** León Castillo, Carlos Daniel  
Marquina Navez, Jhan Carlos

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
21. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										X			
22. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
23. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
24. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
25. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.										X			
26. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de hipótesis.											X		
27. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnico y/o científicos.											X		
28. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis variables e indicadores.											X		
29. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseños aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
30. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

- Instrumento cumple con los requisitos para su aplicación.
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación.

X

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

89%

Trujillo, 06 de julio del 2023



**FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE**  
DNI N° 18130961 Telf 968830280