



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Bioacumulación de metales pesados cromo(Cr), cadmio(Cd)  
y plomo(Pb) en la planta de higos (*Ficus carica*) en el distrito  
de Uchumayo, Arequipa – 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Araoz Zegarra, José Manuel (ORCID: 0000-0002-4397-4564)

**ASESORA:**

Mg. Suárez Alvites, Haydee (ORCID: 0000-0003-2750-0980)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

### **Dedicatoria:**

La presente investigación va dedicada a Dios por otorgarme salud y poner en vida guías de orientación en la realización de mis estudios. A mis padres y hermana, por su apoyo económico y tiempo brindado en los momentos de adversidad en mi carrera profesional y en mi vida. A Gualú por su aliento para seguir adelante. A mi abuela Fortunata por los recuerdos de sus oraciones diarias.

**Agradecimiento:**

A mis padres, hermana y abuela por su ayuda incondicional. A mi asesora, por las recomendaciones, sugerencias y conocimiento brindado durante la elaboración de la presente tesis. A la Universidad Cesar Vallejo por darme la oportunidad de presentar un trabajo de investigación para la obtención del título profesional en una universidad licenciada.

## Índice de contenidos

Dedicatoria: .....	ii
Agradecimiento:.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	25
3.2. Variables y Operacionalización .....	26
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis .....	26
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	27
3.4.1 Técnicas de la investigación .....	28
3.4.2 Instrumentos de la investigación .....	28
3.4.3 Validez del instrumento .....	29
3.4.4 Confiabilidad del instrumento de recojo de datos .....	29
3.5. Procedimiento de la obtención de datos .....	29
3.6 Método de análisis de datos.....	34
3.6.1 Estadística descriptiva .....	34
3.6.2 Representación .....	34
3.6.3 Técnica de comprobación de la hipótesis .....	35
3.7 Aspectos éticos .....	35

IV. RESULTADOS ..... 36

V. DISCUSIÓN ..... 57

VI. CONCLUSIONES ..... 60

VII. RECOMENDACIONES ..... 61

REFERENCIAS ..... 62

ANEXOS..... 62

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Fuentes de Cadmio .....	20
<b>Tabla 2.</b> Técnica e instrumentos para la obtención de datos .....	27
<b>Tabla 3.</b> Validación de los Instrumentos de recolección de datos .....	29
<b>Tabla 4.</b> Coordenadas UTM .....	33
<b>Tabla 5.</b> Concentración de metales pesados en el suelo .....	36
<b>Tabla 6.</b> Concentración de metales pesados en raíces .....	39
<b>Tabla 7.</b> Concentración de metales pesados en frutos .....	42
<b>Tabla 8.</b> Concentración de cadmio (Cd) en suelo y raíces en planta de higos.....	45
<b>Tabla 9.</b> Concentración de Plomo (Pb) en suelo y raíces en planta de higos .....	47
<b>Tabla 10.</b> Concentración de Cromo (Cr) en suelo y raíces en planta de higos .....	48
<b>Tabla 11.</b> Concentración de cadmio (Cd) en suelo y frutos de la planta de higos.....	50
<b>Tabla 12.</b> Concentración de plomo (Pb) en suelo y frutos de la planta de higos.....	51
<b>Tabla 13.</b> Concentración de cromo (Cr) en suelo y frutos de la planta de higos .....	53
<b>Tabla 14.</b> Matriz de Consistencia .....	68
<b>Tabla 15.</b> Operacionalización de variables. ....	70
<b>Tabla 16.</b> Niveles máximos permisibles de los contaminantes por tipo de alimento NC 493:2015. ....	88
<b>Tabla 17.</b> Parámetros del Límite Máximo de Cromo en Alimentos GB 2762 – 2012	88

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Planta de higos. ....	15
<b>Figura 2.</b> Semillas de higo. ....	15
<b>Figura 3.</b> Fruto de higuera. ....	16
<b>Figura 4.</b> Flores de higuera. ....	17
<b>Figura 5.</b> Raíz de higuera. ....	17
<b>Figura 6.</b> Copa y hojas de higuera. ....	18
<b>Figura 7.</b> Tallo y ramas de la higuera. ....	19
<b>Figura 8.</b> Mineral Cadmio. ....	21
<b>Figura 9.</b> Mineral Cromo. ....	23
<b>Figura 10.</b> Mineral Plomo. ....	24
<b>Figura 11.</b> Mapa ubicación de monitoreo de calidad de Agua en Cuenca Quilca Chili .....	30
<b>Figura 12.</b> Mapa de ubicación de Zona A. ....	31
<b>Figura 13.</b> Mapa de ubicación de Zona B. ....	32
<b>Figura 14.</b> Concentración de cadmio presente en suelos referente a zona de estudio .....	37
<b>Figura 15.</b> Concentración de plomo presente en suelos referente a zona de estudio .....	38
<b>Figura 16.</b> Concentración de cromo presente en suelos referente a la zona de estudio. ....	38
<b>Figura 17.</b> Concentración de Cadmio presente en raíces de higos en la zona de estudio. ....	40
<b>Figura 18.</b> Concentración de Plomo presente en raíces de higos en la zona de estudio . ....	43
<b>Figura 18.</b> Concentración de Cromo presente en raíces de higos en la zona de estudio . ....	43

<b>Figura 20.</b> Concentración de Cadmio presente en frutos de higos en la zona de estudio .....	43
<b>Figura 21.</b> Concentración de Plomo presente en frutos de higos en la zona de estudio .....	43
<b>Figura 22.</b> Concentración de Cromo presente en frutos de higos en la zona de estudio.....	44
<b>Figura 23.</b> Relación de Cadmio (Cd) en suelo y raíces en planta de higos en mg/kg .....	46
<b>Figura 24.</b> Relación de Plomo (Pb) en suelo y raíces en planta de higos en mg/kg.	48
<b>Figura 25.</b> Relación de Cromo (Cr) en suelo y raíces en planta de higos en mg/kg..	49
<b>Figura 26.</b> Relación de cadmio (Cd) en suelo y frutos de la planta de higos en mg/kg .....	50
<b>Figura 27.</b> Relación de plomo (Pb) en suelo y frutos de la planta de higos en mg/kg .....	52
<b>Figura 28.</b> Relación de cromo (Cr) en suelo y frutos de la planta de higos en mg/kg. ....	50
<b>Figura 29.</b> Comparación de concentración de cadmio en higos frente a legislación internacional para alimentos.....	54
<b>Figura 30.</b> Comparación de concentración de plomo frente a legislación internacional para alimentos.....	51
<b>Figura 31.</b> Comparación de concentración de cromo frente a legislación internacional para alimentos.....	56
<b>Figura 32.</b> Efluentes producto del Parque Industrial Río Seco atravesando la Quebrada de Añashuayco .....	53
<b>Figura 33.</b> Uso de aguas de Quebrada de Añashuayco para actividades agrícolas en el valle de Añashuayco.....	86
<b>Figura 34.</b> Zona Valle de Añashuayco cerca de aguas de Manantial. ....	87
<b>Figura 35.</b> Zona Valle de Añashuayco cerca de aguas de río Chili .....	87



## **Resumen**

El presente estudio determina la concentración de metales pesados Cadmio (Cd), Cromo (Cr) y Plomo (Pb) presente en la planta de higo (*Ficus Cárlica*) en el distrito de Uchumayo, ciudad de Arequipa, departamento de Arequipa.

En la metodología se indican dos zonas de muestreo dentro del Valle de Añashuayco, se consideraron áreas en las cuales existen higueras en etapa de maduración adulta, así mismo se realizaron los muestreos en el mes de febrero, estación de verano, temporada de cosecha de higueras. Posteriormente las muestras se trasladaron a BHIOS Laboratorios para determinar la concentración de metales pesados Cadmio, Cromo y Plomo en muestras de suelo, raíz y frutos donde crecen las higueras. Los resultados obtenidos en promedio para frutos de higueras (*ficus carica*) en relación a la concentración de Cd, Cr y Pb son para dos zonas de estudio: Añashuayco y Río Chili, en el distrito de Uchumayo, obteniendo los resultados promedios, de Cadmio: 0.01813 mg/kg, 0.004 mg/kg; de Plomo: 0.0152 mg/kg, 0.01562 mg/kg; y de Cromo: 0.124052 mg/kg, 0.085736 mg/kg respectivamente. Asimismo, debido a que no se cuenta con normativas nacionales que regulen metales pesados en alimentos, se compararon estos resultados con Normas internacionales como Norma Cubana 493:2015 para Contaminantes Metálicos en Alimentos, y Norma China GB 2762-2012 para Límites Máximos de Contaminantes en Alimentos, encontrándose dentro de los límites permitidos para concentraciones de Cromo, Cadmio y Plomo.

**Palabras clave:** Bioacumulación, metales pesados, ficus cárica.

## **Abstract**

The present research determines the concentration of heavy metals Cadmium (Cd), Chromium (Cr) and Lead (Pb) present in the fig plant (*Ficus Cárlica*) in the district of Uchumayo, city of Arequipa, department of Arequipa.

In the methodology, two sampling zones are indicated within the Añashuayco Valley, areas in which there are fig trees in the adult maturation stage were considered, likewise the samplings were carried out in the month of February, summer season, fig harvest season. Later the samples were transferred to BHIOS Laboratorios to determine the concentration of heavy metals Cadmium, Chromium and Lead in soil, root and fruit samples where fig trees grow. The results obtained on average for fig fruits (*ficus carica*) in relation to the content of Cd, Cr and Pb are for two study areas: Añashuayco and Río Chili, in the district of Uchumayo, obtaining the average results of Cadmium: 0.01813 mg / kg, 0.004 mg / kg; Lead: 0.0152 mg / kg, 0.01562 mg / kg; and Chromium: 0.124052 mg / kg, 0.085736 mg / kg respectively. Likewise, because there are no national regulations that regulate heavy metals in food, these results were compared with international standards such as Codex Alimentarius, Cuban Standard for Metallic Contaminants in Food and Chinese Standard Maximum Limits of Contaminants in Food, finding within the permitted limits.

**Keywords:** Bioaccumulation, heavy metals, *ficus cárica*.

## I. INTRODUCCIÓN

El valle de Añashuayco se encuentra ubicado en la Quebrada del mismo nombre, el cual presenta cuerpos de agua provenientes de manantiales y sus efluentes, donde predominan la presencia de árboles frutales como higos, membrillos y guayabas. La abundancia de estos frutos permite la comercialización en el mercado interno y a su vez es un insumo principal para la preparación de la bebida tradicional de Uchumayo “El Chimbango”, licor elaborado a base de higos secos, que cada año se realiza una celebración en el distrito de Uchumayo – Arequipa, siendo parte de sus tradiciones.

El pueblo tradicional de Uchumayo se encuentra en la parte baja de la vertiente del Valle de Añashuayco, y por la parte alta de este valle se encuentra el Parque Industrial de Río Seco (PIRS), conformado por industrias que han sido monitoreadas en agua y sedimentos, encontrándose que existe una inapropiada conducción de los desechos sólidos y líquidos de algunas industrias.

Monitoreos ejecutados en el año 2016 por el OEFA, sobre las características de la zona del Parque Industrial Río Seco (PIRS) teniendo en cuenta los aspectos líquidos y sólidos, dieron como resultado un informe sobre sustancias químicas en el agua y suelo, que 13 parámetros superan los límites aceptables por normativas peruanas.

Existe la presencia de la Unidad Hidrográfica Medio Quilca-Vitor-Chili, que atraviesa el Distrito de Uchumayo; en el presente estudio se mantuvo en consideración la zona de un afluente al río Chili denominada Quebrada de Añashuayco, y la zona donde confluencia con la cuenca del río Chili, en la parte baja del Peaje Uchumayo; que se conoce ambas zonas que son afectadas por diversas industrias como las mineras, cercanas a la zona.

En la sociedad actual existe una creciente necesidad por el consumo de alimentos sanos y nutritivos, libres de agentes contaminantes que generen efectos negativos en la salud humana, tal como establecen las normas sanitarias nacionales e internacionales. Por lo que, es necesario conocer el grado de contaminantes químicos

que afectan a plantas de higos, como fuente de alimento para los lugareños y la población que los consume.

La presente investigación se pretende identificar la existencia o ausencia de 3 metales pesados que son: cromo, cadmio y plomo, en la planta de higos (*Ficus carica*), considerando especialmente a los frutos por ser de consumo humano. Algunos de los árboles de higueras del distrito de Uchumayo crecen en suelos irrigados con aguas provenientes del Valle de Añashuayco, que se encuentran afectados por los efluentes de industrias cercanas (en su mayoría curtiembres) que confluyen en este valle provenientes del Parque Industrial de Río Seco (PIRS), presentando concentraciones que superan los límites aceptables para sustancias químicas en los ambientes aire, agua y suelo establecidos por normativas peruanas.

Asimismo, en la cuenca del río Chili, parte baja del Peaje Uchumayo existe la presencia de árboles de higueras que se encuentran dispersos en ambos márgenes del río Chili, siendo en su mayoría higueras que permanecen plantadas, según memorias de algunos agricultores del distrito de Uchumayo, desde hace varias décadas, y otras incluso más de un siglo, por otro lado, explican los mismos agricultores, ya casi no cultivan las higueras y solo tienden a cosecharlas una o dos veces al año, excepcionalmente entre los meses de diciembre y enero, pero mayormente desde febrero hasta abril; también manifiestan los agricultores que se han producido cambios en las fechas de cosecha con mayor notoriedad en los últimos años, sin poder conocer la causa exacta de estos cambios.

Los suelos cercanos a las riberas del río en el distrito de Uchumayo se encuentran afectados por la acumulación de metales pesados, pero se desconoce la magnitud de acumulación que estos metales pesados puedan presentar en los frutos de higueras.

Entonces ¿Cuál es el riesgo para las poblaciones que consumen los frutos de árboles de higos con metales pesados?

El presente estudio se justifica debido al consumo de frutos de higos (*Ficus carica*) en las poblaciones locales cercanas al distrito de Uchumayo y la población arequipeña, es importante conocer la proporción de acumulación de estos metales pesados en los mencionados frutos debido a que son tóxicos en los seres humanos, pudiendo ocasionar enfermedades graves como el cáncer.

Con la presente investigación se podrá determinar la concentración de cadmio, plomo y cromo que se bioacumula en raíz y fruto de higuera (*Ficus carica*) y si estas concentraciones se encuentran dentro de los niveles permisibles establecidos por las normas internacionales sobre alimentos: Norma Cubana 493:2015, Contaminantes Metálicos en alimentos - Regulaciones Sanitarias, donde indica los Niveles máximos permisibles de los contaminantes, se comparó con el tipo de alimento frutas frescas donde el límite en Pb es de 0.1, y el límite en Cd es de 0.05, con esto se logrará demostrar si existe algún posible riesgo para la salud a los pobladores que consumen fresco o procesado estas infrutescencias.

En la parte económica, la comercialización de los frutos de las higueras es uno de los principales productos en el valle de Añashuayco con el cual los agricultores locales generan ingresos para sus familias. En ese sentido, es importante que estos frutos sean aptos para el consumo humano, por lo cual los agricultores de Uchumayo podrán conocer la calidad respecto a sus cultivos de higos y que posteriormente se pueda producir para la exportación.

En el aspecto social, debe ser de conocimiento para los agricultores locales conocer la calidad de sus productos y derivados, para que junto con las instituciones públicas locales y regionales se puedan tomar medidas adecuadas conforme a los resultados de la presente investigación. Y de esta manera, puedan ofrecer productos de calidad y con responsabilidad social, permitiendo brindar productos libres de contaminantes.

En la dimensión ambiental, ante la presencia cercana de diversas industrias (textil, curtiembre, etc.) y actividades mineras que afectan los efluentes tanto del manantial como el río Chili, con los cuales se riegan los cultivos de higos en el distrito de Uchumayo, es necesario identificar la concentración de metales pesados que se bioacumulan en los higos, cultivos representativos dentro del valle de Añashuayco en el distrito de Uchumayo, para que se pueda tomar decisiones con respecto a la dirección ambiental del distrito y de las instituciones correspondientes.

Como Objetivo general se planteó: Determinar la concentración de metales pesados (Cromo, Cadmio y Plomo) bioacumulados en la planta de higo (*Ficus carica*) en el distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021; y como Objetivos específicos: evaluar la concentración de Cromo(Cr), Cadmio(Cd) y Plomo(Pb) en los suelos de cultivo de higo (*Ficus carica*) en el distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021; evaluar la concentración de Cromo(Cr), Cadmio(Cd) y Plomo(Pb) que se acumula en las raíces de higo (*Ficus carica*) del distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021; evaluar la concentración de Cromo(Cr), Cadmio(Cd) y Plomo(Pb) que se acumula en los frutos de higo (*Ficus carica*) en su etapa de maduración adulta en el distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021.

De acuerdo a mencionado anteriormente se formuló el problema general: ¿La planta de higo (*Ficus carica*), presenta metales pesados en concentraciones que superan los máximos permitidos según normas internacionales en el distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021?; y también problemas específicos: ¿Cuánto es la concentración de Cromo, Cadmio y Plomo que se acumula en los suelos, raíces y fruto de cultivo de higo (*Ficus carica*) en el distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021?

Se tuvo como hipótesis general, si: la planta de higos (*Ficus carica*) acumula metales pesados en la raíz; y como hipótesis específicas, si: existe relación entre la acumulación de metales pesados en suelos y la bioacumulación de metales pesados en las raíces de higos (*Ficus carica*); existe relación entre la acumulación de metales

pesados en suelos y la bioacumulación de metales pesados en los frutos de higos (ficus carica).

## **II. MARCO TEÓRICO**

Están presente los antecedentes vinculados con la investigación en el territorio nacional: Se han evidenciado investigaciones anteriores que precisan la existencia de metales pesados tanto en agua, sedimentos, y cultivos en cercanías al río Chili, asimismo en la quebrada de Añashuayco. También se encuentran estudios que verifican la disposición de estos metales en el medio sólido y líquido.

Los metales pesados son elementos que poseen mayor peso específico que el agua, además una cualidad de estos metales es que pueden ser dañinos si logran concentraciones muy altas dentro de los organismos vivos.

Los higos extraídos del árbol de la higuera son inflorescencias, es decir son el conglomerado de varios frutos dentro de una piel fina que los recubre, estas inflorescencias poseen compuestos benéficos como antioxidantes, vitaminas y minerales.

Vilca y Gordillo (2016), en su trabajo de investigación “Retención de metales pesados en suelos y su impacto ambiental. Caso: aguas residuales-Parque Industrial Rio seco” cuyo propósito fue determinar la concentración de metales pesados en el medio sólido, producto del vertimiento de efluentes sobre la Quebrada de Añashuayco, y además conocer la acumulación de metales que puede variar en el suelo según su profundidad.

Los resultados demostraron que en la demarcación de estudio existen 4 los principales metales pesados que se acumulan los cuales son: Cromo, hierro, zinc y cobre. Seguidamente utilizando un método cualitativo para evaluar los efectos ambientales se identificó que los factores ambientales más perjudicados son: agua, aire y suelo, los siguientes más afectados son la flora y fauna. Lo que demuestra que las industrias no obedecen las normas ambientales.

Revilla y Carpio (2017), en el trabajo de investigación que tiene por nombre “Influencia de la temperatura, tiempo y pH en la formulación del licor de higo (*Ficus carica L.*) en base a pruebas sensoriales en la región de Arequipa” tuvo como objetivo utilizar indicadores apropiados para preparar una bebida compuesta de higos obtenidos en la región de Arequipa. Los resultados manifestaron que el producto es bastante consumido y aceptado por los pobladores de la región Arequipa, esta bebida es una tradición en la localidad por lo que es destacable frente a otros productos con similitud, como la chicha de jora. Los resultados microbiológicos del producto final tuvieron resultados inferiores a los exigidos por la NTP, así mismo la inexistencia de coliformes totales, garantizaron que el licor de higo es apto para su consumo humano.

Yupanqui y Bernabé (2018), en su trabajo de investigación “Grado de contaminación del río Chili por oligoelementos metálicos y su efecto en el cultivo de *Allium cepa L.*(cebolla) en el subsector de riego – Tiabaya”, tuvo como objetivo determinar la polución por 4 metales pesados sobre medios sólidos y líquidos donde se cultiva la cebolla en los campos de Tiabaya. Sosteniendo que los metales pesados en los terrenos de cuatro zonas, en uno de los puntos de muestreo (Marshall) presentan concentraciones altas de cobre y zinc; en otra zona de muestreo (Alta) valores altos en zinc y en la tercera zona (Punke) en manganeso. A los márgenes laterales del canal la presencia de metales es la siguiente, de menor a mayor grado de afectación, cobre, zinc, manganeso y hierro, estas concentraciones de oligoelementos son elevados en las cuatro zonas de estudio. Los metales pesados dentro de cultivo de cebolla demuestran que las acumulaciones de los cuatro metales pesados no son iguales en proporciones de parte por millón.

Pinto (2018), en su investigación “Calidad de agua superficial en el río Chili-en los sectores de Sachaca, Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo para uso de riego de vegetales y bebida de animales en la provincia de Arequipa” mediante una metodología cualitativa y cuantitativa en el río Chili aledaño a las zonas de Sachaca, Uchumayo, Tiabaya y Jacobo Hunter, provincia y región Arequipa. Para monitorear el



agua recolectaron muestras para 4 parámetros in situ, así mismo se analizaron parámetros ex situ como parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Tras esta investigación, los resultados obtenidos para el primer trimestre se concluyen que son inferiores a los Estándares de calidad Ambiental (ECA 2015) para agua, de tal forma los valores resultantes para el tercer trimestre del año 2015 son menores a lo establecido por Estándares de Calidad Ambiental (ECA en el 2017) para el agua.

Monge (2018), en su trabajo de investigación el cual lleva por título “Determinación de la concentración de los metales pesados en los sedimentos en el río Chili de la provincia de Arequipa Región Arequipa” en diez lugares donde se tomaron muestras en segmentos del río Chili, que se encamina por la ciudad de Arequipa, las muestras fueron obtenidas en época seca y húmeda, se hizo la cuantificación de la concentración de metales pesados tales son arsénico (as), cadmio (cd), cromo (cr), mercurio (hg), plomo (pb) y zinc (zn) en dichas muestras de sedimentos del río Chili con parámetros de calidad de sedimentos para la Protección de la Vida Acuática, de las directrices Canadienses de Calidad Ambiental (CEQG). Cuyos resultados del análisis de los sedimentos relacionados al arsénico se obtuvo distintas concentraciones en la estación seca y húmeda; el cadmio en época seca en cuatro estaciones de monitoreo se encuentra por encima del límite (0.6 mg/Kg), con concentraciones de 0.63 mg/Kg, 0.71 mg/Kg, 0.69 mg/Kg y 0.63 mg/Kg, respectivamente; el cobre, el cromo, el mercurio, el plomo y el zinc no superan límites para normas internacionales como la canadiense, ni en estación seca ni en estación húmeda.

García (2019), en su trabajo de investigación denominado “Contaminación del agua por metales pesados As, B, Cu, Pb, Cd y Cn en las cuencas de los ríos Tambo, Quilca, Camaná y Ocoña de la región Arequipa”, tuvo como objetivo evaluar la existencia de contaminación en el medio líquido por metales pesados los cuales se hace mención a continuación; As, B, Cu, Cd, Pb y Cn, en cuencas de cuatro ríos de la Región de Arequipa: Tambo, Quilca, Camaná y Ocoña, para determinar la contaminación en los

producto por parte de los metales pesados. Así, la mayor contaminación se puede ver en: cuenca del río Tambo donde supera los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para el arsénico y boro. También la cuenca del río Quilca excede los Estándares de la Calidad Ambiental (ECA) para el boro, plomo y cadmio. La cuenca del río Camaná (plomo 0,050 mg/L) al límite de Estándares de la Calidad Ambiental (ECA) para el agua. La cuenca del río Ocoña (boro 1,000 mg/L) se encuentra en el límite de los (ECA). El canal que conlleva agua a la ciudad de Mollendo posee una alta concentración de boro, arsénico y plomo, excediendo los Estándares de Calidad Ambiental permitidos en el agua que beben los ciudadanos de Mollendo, por tener una alta concentración de metales pesados.

Nuñez (2019), en su estudio que lleva por nombre “Cuantificación de metales pesados cobre(Cu), Cadmio(cd) y cromo(cr) en alfalfa (Medicago sativa) variedad california en el pueblo tradicional de Congata, 2018” determina los resultados de tres metales pesados: Cd (0.06 mg/kg), Cr (0.82 mg/kg), Cu(13.57mg/kg), que estuvieron bajo análisis de laboratorio en sus etapas crecimiento de la Alfalfa. En tal sentido, se examinaron otras plantas para establecer semejanzas o diferencias, estando dentro de límites permitidos. Al concluir la comparación de los valores como resultado en Cd, Cr, y Cu del tradicional pueblo de Congata con el Reglamento Internacional y el Codex Alimentario, ya que en el Perú no existe un estándar que sistematice o regule metales pesados en los alimentos. Como resultado se obtuvo: el cromo y cobre sobrepasan los límites permisibles en algunas legislaciones internacionales, y el cadmio no sobrepasa los límites permitidos por normas internacionales.

Ordoñez (2020), en su investigación que lleva por nombre “Análisis de la calidad del agua en el río Chili(distrito de Tiabaya y Uchumayo) antes y después de la puesta en marcha y operación de la planta de Tratamiento de Agua Residuales ”La Enlozada” aplicando así un modelo matemático”, se consideran datos para toma de muestras en el río Chili en los años 2013 y 2015 y donde los resultados evidenciaban

concentraciones altas en varios parámetros con respecto a la calidad del agua, afectando el río Chili, la flora y fauna, así como a los agricultores locales.

Cabe mencionar que, desde diciembre 2015, planta de tratamiento de aguas “La Enlozada” estuvo ayudado en la mejora de la calidad del agua del río Chili de manera progresiva, según estudios en años posteriores (2018) estas aguas ya no superan los estándares de calidad ambiental por tal motivo se han reducido los impactos negativos (Ordoñez Machicao, 2020).

En el ámbito internacional: (Larios Bayona, y otros, 2014) en su investigación llamado “Niveles de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en los suelos de ribera de la cuenca del Río Turia”, realizaron algunos análisis para detectar siete metales pesados por medio de instrumentos que identifican concentraciones propias de algunos elementos químicos, las muestras fueron extraídas de tres suelos según su utilidad: boscoso, agrario y boscoso quemado. Por lo general, niveles de metales pesados más altos fueron encontrados en la parte inferior del río Turia. Se obtuvo que las muestras que superaban los niveles de referencia para utilización agraria de las Comunidades cercanas al río Turia. Con los resultados de las muestras se puede también inferir debido a que cuatro de las muestras que presentan concentraciones más elevadas se encontraron en la parte inferior del río Turia se tiene que conforme se va descendiendo por la cuenca del río se va acumulando mayor concentración de metales pesados.

Gutiérrez (2015), en su trabajo de investigación denominado “Biomonitoreo de metales pesados en hojas y frutos de guayabo (*Psidium guajava* L.) y de guamúchil (*Pithecellobium dulce* (roxb.) Benth) en el Área Metropolitana de Guadalajara”. Determina las concentraciones para siete metales pesados (Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb y Zn) cuya procedencia es polución sobre el medio ambiente que recae en los frutos y hojas que son utilizadas en áreas verdes urbanas en Guadalajara. Se concluye que la polución en el medio ambiente en Guadalajara aporta en gran manera al acopio de metales pesados en las hojas y frutos de guamúchil, encontrando que estas contienen mayor acumulación de metales pesados en comparación con las hojas y frutos de guayabo. Además, obtuvo que ambas especies estudiadas son bioacumuladoras de

metales pesados captando contaminantes atmosféricos. Sin embargo, el consumo de los frutos de estos árboles (guayabo y guamúchil) pueden ser dañinos para quienes se alimenten de ellos continuamente.

Ohiagu, Lele, Chikezie, Verla y Envoh (2020), en su investigación denominado “Bioacumulación y evaluación de riesgos para la salud de metales pesados en *Musa paradisiaca*, *Zea mays*, *Cucumeropsis manii* y *Manihot esculenta* cultivadas en Onne, estado de Rivers, Nigeria”, cuyo objetivo fue investigar las concentraciones de metales pesados: plomo(Pb), cobalto(Co), cadmio(Cd), zinc(Zn), cobre(Cu), níquel(Ni) y manganeso(Mn) en plátano, maíz, melón, yuca y muestras de suelo de vertederos en Onne, área de gobierno local de Eleme, Estado de Rivers, Nigeria. Las muestras de hojas de plantas y del suelo se midieron para determinar concentraciones de metales pesados por método de espectrofotometría de absorción atómica. Como resultados se consiguió que la mayor bioacumulación de metales pesados ocurrió en *Manihot esculenta*. El HRI estimado de Plomo en *Manihot esculenta*(yuca) fue mayor que 1 HRI>1 fue indicativo que los consumidores no están seguros. Mientras las concentraciones de Co, Cd, Ni, Zn, Mn y Cu en las harinas de plátano, maíz y melón se encontraban dentro de los límites permitidos.

Aguirre, Piraneque y Vásquez (2020), en su estudio de investigación llamado “Contenido de metales pesados en suelos y tejidos de cacao en el departamento del Magdalena, Colombia: énfasis en cadmio”, determinaron que concentración de metales pesados: cadmio, níquel, plomo y cromo poseen los cultivos de cacao en 2 zonas al norte de Colombia. Se obtuvo que los contenidos de metales pesados (plomo, níquel y cromo) en las muestras de cacao no superaban los límites máximos permisibles, fijados por una Agencia de Estados Unidos, sin embargo, los el cadmio si es considerado de riesgo según estándares de la Unión Europea. A pesar que en los suelos no se encontraban muy afectados lo cual indica que la contaminación se debe al manejo de estos cultivos.

(Abid A. Ansari, y otros, 2015) en su investigación "Phytoremediation management of Environmental Contaminants Volumen 1", describió los resultados del potencial de fitoestabilización del Pb de seis especies de árboles (*Leucaena leucocephala*, *Acacia mangium*, *Peltophorum pterocarpum*, *Pterocarpus macrocarpus*, *Lagerstroemia floribunda*, *Eucalyptus camaldulensis*) fue examinado en la Mina KEMCO Pb en la provincia de Kanchanaburi, Tailandia (Meeinkuirt et al. 2012). Los estudios incluyeron un experimento de olla durante 3 meses y un experimento de prueba de campo durante 12 meses usando suelo con una concentración de Pb superior a 9,850 mg / kg. En el estudio en maceta, *E. camaldulensis* tratada con fertilizante Osmocote alcanzó la biomasa total más alta (15,3 g planta / l) seguido por *P. pterocarpum* (12,6 g planta / l) y *A. mangium* (10,8 g planta / l), ambos tratados con estiércol de vaca. La aplicación de estiércol de vaca resultó en la mayor acumulación de raíz de Pb (> 10,000 mg kg / l) en *L. floribunda* y *P. macrocarpus*, estas dos especies también exhibieron la mayor absorción de Pb (85–88 mg planta<sup>-1</sup>). Los resultados de los ensayos de campo también mostraron que Osmocote promovió el mejor rendimiento de crecimiento en *E. camaldulensis* (biomasa 385,7 g planta / l, altura 141,7 cm) seguido de *A. mangium* (biomasa 215,9 g planta / l, altura 102,7 cm). La acumulación total de Pb en las plantas fue de 600 y 812 ug / planta en *E. camaldulensis* y *A. mangium*, respectivamente. *A. mangium* con la adición de fertilizante orgánico fue la mejor opción para la fitoestabilización de contaminantes con Pb en suelos de minas y sus sedimentos.

Suelo (Pérez Palacios, y otros, 2015), considera que el suelo es una estructura natural la cual cambia continuamente, por tanto, durante su creación y a través de sus diversos procesos de transformación, requiere de factores donde están incluidos los organismos vivos y elementos no vivos. Algunos de los factores son el clima, tiempo, organismos y relieve, que en conjunto intervienen sobre la roca madre.

Metal pesado, elemento con densidad relativa mayor a 5 g/cm<sup>3</sup> y también se define como un grupo de metales o metaloides relacionado a la contaminación y toxicidad potencial (Reyes-Navarrete et al., 2012, p. 1).

Los metales pesados se les denomina a los elementos metálicos pesados, que son tóxicos para la unidad biológica celular en los seres vivos. Por otro lado, estos elementos metálicos en concentraciones menores son benéficos, más en concentraciones elevadas pueden ser tóxicos.

Los metales pesados que generan mayores daños son el mercurio, arsénico, estaño, cadmio, plomo, cromo, zinc y cobre. Estos metales son muy utilizados en las industrias, y utilizados también en algunos pesticidas y medicamentos.

Los efectos de la toxicidad de los metales pesados son excesivos, al ser solubles en agua y los individuos orgánicos los absorben fácilmente. En el interior de los cuerpos, se combinan con las enzimas e impiden que realicen sus funciones adecuadas. En algunos metales pesados en pequeñas concentraciones pueden producir efectos neuronales y fisiológicos graves. (Hernández Hernández, 2011)

Las especies de metales que se hallan comúnmente en suelo como resultado de las actividades humanas incluyen Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Hg y Cd. Aunque algunos de estos metales se requieren en pequeñas concentraciones por organismos vivos para sus actividades fisiológicas normales, su acumulación excesiva es tóxica para la mayor parte de formas de vida. (Londoño Franco, y otros, 2016).

Algunas incidencias de los metales pesados en vegetales se presentan en las hojas produciendo dificultad en el metabolismo y desarrollo de las plantas incluso a concentraciones muy bajas. Las plantas con metales presentan un engrosamiento de las puntas de sus raíces y una disminución del vello radicular. La reducción del crecimiento y el rendimiento depende el tipo de iones metálicos, tipos de medio de crecimiento, especie, y la etapa de crecimiento de la planta. La inhibición ocasionada en el crecimiento conduce a reducciones en materia seca, área foliar, longitud de raíz, y rendimiento. El principal efecto de Cd(II) es sobre el crecimiento de las raíces, seguido del crecimiento de las hojas. El crecimiento de la planta se ve afectado no solo por el efecto tóxico del Cd, sino también por causa de un desequilibrio ocasionado por

el Cd en la planta. La tasa de fotosíntesis se considera a menudo como un factor importante que regula la producción de los cultivos, es la base para rendimiento de cultivos y proporciona entre el 90 al 95% de peso seco de la planta. Las hojas son el principal lugar de fotosíntesis y los productos de su metabolismo alimentan el crecimiento de todos los órganos de las plantas. Conforme las hojas envejecen, la capacidad de su proceso fotosintético disminuye. (Asiya Hameed, y otros, 2012)

Bioacumulación, Los seres vivos reúnen contaminantes en las células a través del proceso que tiene por nombre bioacumulación, que conlleva el crecimiento progresivo que implica la acumulación de contaminante a través de todas las rutas disponibles para el organismo dentro de los tejidos, basados en el transporte metabólico activo (Abid Ali Ansari, y otros, 2016). Es el incremento gradual de la cuantía de materia en los órganos de un individuo resultante de que la rapidez de asimilación sobrepasa la eficacia del individuo para suprimir dicha materia. El nivel de acopio se supeedita de agentes como la procedencia química del impurificado, la especie de individuo, su situación funcional, su temperatura hídrica y la salinidad. Coto. 2014). El nivel de bioacumulación en plantas es gobernado por las condiciones de iluminación para las plantas. Internamente los factores fisiológicos abarcan barreras bioquímicas específicas que varían según las características de algunas plantas, así como la clasificación de las plantas en cuanto a posición, especie, fases de maduración y.

(Abid A. Ansari, y otros, 2015) Las plantas tienen la capacidad natural de degradar los metales pesados por medio de varios procesos tales como bioacumulación, translocación y almacenamiento/degradación de contaminantes. Fitorremediación es 10 veces más barato que los enfoques de ingeniería clásicos, ya que realizan la remediación in situ, funcionan con energía solar y un mantenimiento mínimo una vez establecido. (Khalid Rehman Hakeem, y otros, 2015)

Concentración, es resultante de la acumulación en el ambiente o en los tejidos de organismos a partir de la incorporación, distribución y eliminación de contaminantes obtenidos por todas las rutas de exposición por ejemplo por aire, agua, suelo, sedimento y alimento(MINAM, 2002, p. 4).

Planta de Higos (*Ficus carica*), árbol de hoja caduca perteneciente a la familia Moraceae, es uno de los primeros árboles frutales cultivados y un cultivo importante en todo el mundo tanto para consumo seco como fresco. Setenta por ciento de la producción mundial de higos se cultiva en los países del Costa mediterránea (Çalışkan y Aytakin Polat, 2011, p. 1)

Determinar, ser causa de que algo ocurra o de que alguien se comporte de un modo determinado (asociación de academias de la lengua española, 2020)

Planta de higos, el higo es producto de la higuera (*Ficus carica*). El higo no es considerado como fruto sino una infrutescencia (es decir un conglomerado de frutos). Se conocen más de 750 especies de *Ficus carica* dispersas por el planeta tierra, entre las cuales pueden ser comestibles y no comestibles (Pucha Mora, 2016).

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Rosales

Familia: Moráceas

Subfamilia: Ficeae

Género: *Ficus*

Subgénero: *Ficus*

Especie: *Ficus carica* L.

Nombre común: Higuera común

Lugar de origen: Asia menor y región mediterránea

Etimología: *Ficus*, añeja denominación para la higuera. *Carica*, alusión a Caria, antigua región en Asia occidental donde esta planta era sembrada en extensas cantidades.

Forma: Árbol de pequeño porte, crece entre 3 hasta 10m de altura, caducifolio.





**Figura 1.** Planta de higos.

Las semillas son de corto tamaño en gran cantidad pudiendo ser fértiles o no.



**Figura 2.** Semillas de higo.

El fruto de la higuera se le conoce como higo, en realidad es una inflorescencia que consiste de una agrupación de frutos pequeños, que se ubican envueltos en un receptáculo carnoso en su interior se detectan las flores. En época de verano los higos que llegan a su maduración crecen en las yemas axilares, hasta que los higos prematuros se forman en los sínocos.



**Figura 3.** Fruto de higuera.

Flores, Las higueras contienen flores de dimensiones muy reducidas ubicadas dentro del sicono, se forman flores femeninas en los costados y fondo del receptáculo, o únicamente flores masculinas cercanas al ostiolo, también se puede encontrar los dos tipos de flores, según la higuera. La flor de higuera femenina contiene un ovario unilocular con una marca de coloración rosada o blanquecina. Las dimensiones de esta marca varían según la higuera. Tal es el caso, se reconocen dos tipos de flores femeninas: flores con marcas y estilos extensos, y flores con marcas y estilos reducidos. No hay flores masculinas en la totalidad de higueras. Las flores masculinas han desaparecido por la domesticación la mencionada especie, en tanto las flores femeninas adquieren una simbiosis con un insecto polinizador (*Blastophaga psenes*). Dependiendo si requieren de polinización o no, así como de la variedad de flor, se presentan cuatro tipos de higueras: la higuera silvestre presenta florescencias masculinas y femeninas, estos *Ficus carica* no son consumibles, pero producen polen. Las higueras tipo *Smirna* producen florescencias femeninas de estilo largo y necesitan polinización para producir frutos. Las higueras tipo San Pedro presentan florescencias femeninas de estilo largo y proporcionan una cosecha inicial (brevas) donde no requiere de polinización, y una segunda cosecha (higos) por medio de polinización. Y,

por último, las higueras comunes son partenocarpas, presentan florescencias femeninas de estilo prolongado y presentan una o dos cosechas al año (unífera y bífera, respectivamente).



**Figura 4.** Flores de higuera.

Raíz, el higo constituye un sistema radicular amplio, frágil y fibroso, se desarrolla superficialmente, puede extenderse en ocasiones hasta lograr una superficie de 25 m a su alrededor. En suelos permeables las raíces pueden alcanzar la profundidad de los 6m, pero mayormente se tiene un 80 % de las raíces de la higuera que solo abarca los 20 a 45 cm de profundidad. (Pucha Mora, 2016)



**Figura 5.** Raíz de higuera.



Las higueras contienen una copa densa, ovoide, achatada, o desigual y a través de escamondar continuamente puede alcanzar la forma de copas deseadas. Las hojas son simples, alternas, rugosas y pubescentes, acorazadas. Los bordes del limbo presentan de 3 a 7 lóbulos, en ocasiones pueden ser lobuladas por segunda vez, desigualmente dentadas; pueden tener una longitud entre 10 - 20cm, mientras de ancho pueden ser de mismas dimensiones. (Pucha Mora, 2016).



**Figura 6.** Copa y hojas de higuera.

El tallo o tronco, de diámetro puede poseer hasta 18 cm, por tal motivo es de poco valor la epidermis (corteza) es de color claro y de poco y cuando se exponen a demasiado sol se tienen a cuartear con facilidad, lo que favorece que sea más susceptible al ataque de algunos agentes patógenos. La higuera contiene varias ramificaciones voluminosas de madera suave, sus ramas frágiles tienen dimensiones entre 12 – 30 cm. (Pucha Mora, 2016).



**Figura 7.** Tallo y ramas de la higuera.

Cadmio (Cd), se encuentra de forma natural en concentraciones de 0.1 a 1mg/kg de cadmio en los suelos. El cadmio está disponible para ser absorbido por los cultivos alimentarios y la cadena alimentaria. La contaminación de los suelos con cadmio, tienen efectos sobre el funcionamiento de los riñones en humanos, llegando incluso a niveles fatales en agricultores de subsistencia que consumían arroz de una zona contaminada en Japón. Fuentes difusas de cadmio, especialmente fertilizantes fosfatados y las deposiciones atmosféricas han aumentado las concentraciones de cadmio en el suelo aproximadamente 0.1 a 0.3 mg/kg de cadmio. La retención de cadmio en el suelo se controla mediante reacciones de absorción y del pH en el suelo como principal determinante. La disponibilidad de cd en el suelo para la absorción de los cultivos varía aproximadamente en un factor de 10 entre los suelos y generalmente aumenta 1.5 veces al disminuir el pH del suelo con una unidad.

En Europa, una evaluación genérica del riesgo de cd en 2007 llevó a la conclusión de que no se puede excluir el riesgo para la población ambientalmente expuesta al cadmio. Sin embargo, los límites a los fertilizantes fosfatados, como principales determinantes de las emisiones de Cd, aún no están en su lugar (Alloway, 2013).

La Organización Mundial de la Salud (2013) hace mención de la ocurrencia y severidad de patologías y disfunciones dentro de organismos vivos se asocia con la cantidad, tiempo de exposición y el medio de ingreso del metal. Cuando el grado de

exposición a estos metales es continuo durante un tiempo prolongado se observa: disfunción renal, cálculos renales, anemia, osteoporosis, osteomalacia, hipertensión, trastornos respiratorios, trastornos nerviosos (cefalea, temblores, sudoración, vértigo, perturbación del sueño, contracciones musculares involuntarias, debilidad muscular), disminución de peso y apetito, cáncer de pulmón y próstata. En intoxicaciones que aparecen y cambian rápidamente se presenta, neumonitis y edema pulmonar, gastroenteritis, náuseas, vómito, diarrea, dolor abdominal, disfunción renal, y hasta pueden aparecer alteraciones cromosómicas, efectos teratogénicos y congénicos. En los riñones puede acumularse incluso por 30 años. (Londoño Franco, y otros, 2016)

**Tabla 1. Fuentes de Cadmio**

<b>Antropogénicas</b>	<b>Naturales</b>
Lodos residuales y estiércol	Actividad volcánica
Fertilizantes fosfatados y nitrogenados	Rocas
Industria de plateado y galvanizado	
Minería del zinc, cobre, plomo y otros metales	
Industria de fundición de metales	
Incineración	
Industria de alimentos fosfatados para animales	

**Fuente:** Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental ocupacional con indicadores biológicos. Fac. de Med. Univ. Mayor de San Marcos 2002



**Figura 8.** Mineral Cadmio.

La forma más usual de encontrar al cadmio en suelos es como  $Cd^{2+}$ , pero también puede encontrarse formando iones complejos como:  $CdCl^+$ ,  $CdOH^+$ ,  $CdHCO_3^+$ ,  $CdCl_3$ ,  $CdCl_4^{2-}$ ,  $Cd(OH)_3^-$  y  $Cd(OH)_4^{2-}$ , junto a complejos orgánicos. (Vilca Castro, y otros, 2016)

El cadmio (Cd) es un elemento fitotóxico porque puede interferir con la nutrición mineral y cambiar la concentración y composición de los nutrientes vegetales. El Cadmio  $2^+$  puede interferir con la absorción de nutrientes alterando la permeabilidad de la membrana plasmática y también puede alterar la conformación de proteínas, incluyendo enzimas, transportadores o proteínas reguladoras, debido a su fuerte afinidad por sulfhídrico y grupo carboxílico. Sin embargo, no hay un consenso entre los efectos del cadmio sobre la captación de nutrientes minerales, pues hay informes contradictorios sobre las diferencias entre especies, en la interacción entre metales y tejidos vegetales. (Parvaiz Ahmad, y otros, 2012)

Según la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de enfermedades(ATSDR), el cadmio ingresa al cuerpo a través de: La inhalación, entre el 5–50% de cadmio que se respira por medio del sistema respiratorio. Por ingestión, entre el 1 al10% ingresa al

cuerpo a través del sistema digestivo. Por contacto con la dermis, casi nada de cadmio ingresa al cuerpo por la epidermis.

Cromo, es una de las sustancias tóxicas con impactos sobre la salud pública. Los efectos que repercuten en la salud dependen de: la dosis, tiempo de exposición, tipo de exposición, disposición de otros elementos químicos, características y rutinas de la persona. Este elemento se encuentra de forma natural en animales, rocas, plantas y suelos, con la presencia y combinación de diversos elementos, donde las estructuras más conocidas son Cromo (0), Cromo (III) y el Cromo (VI). El cromo lo podemos ubicar en los medios aire, agua y suelo, posterior a ser librados de industrias que utilizan cromo, tal es el caso de industrias involucradas en galvanoplastia, curtiembres, textilerías, y en industrias con productos con base en cromo. También se expulsa al medio ambiente tras la quema de combustibles fósiles como carbón, gas natural y petróleo. (ATSDR, 2012).

Según diversos autores, el cromo (Cr) es un elemento tóxico y no esencial para plantas. No tiene ninguna especificidad en los mecanismos de captación. Sin embargo, la captación de cromo(Cr) es dependiente de su forma química. Por ejemplo, Cromo (VI) se absorbe activamente, mientras que Cromo (III) es tomado pasivamente a través de los portadores para esenciales aniones, como el sulfato, y almacenados en la pared celular. Shanker y col. (2005) revisaron las relaciones conocidas entre Cromo y plantas y concluyó que una alta concentración de Cromo se asocia con una baja concentración de nutrientes minerales, como Calcio(Ca), Potasio(K), Magnesio(Mg), Fosforo(P), Boro(B), y Cobre(Cu). El cromo puede interferir en la captación de otros elementos iónicamente similares, como Hierro(Fe) y Azufre(S).





**Figura 9.** Mineral Cromo.

El cromo puede ingresar al organismo: mediante inhalación, cuando se respira aire con contenido de cromo, ingresa al cuerpo y se acumula en los pulmones por varios años. A través de la ingestión, ingresa al organismo por medio del sistema digestivo. El cromo (VI) se convierte a cromo (III) en el organismo. En su mayoría el cromo es expulsado del cuerpo a través de la orina en el lapso de una semana, sin embargo, parte del cromo puede persistir y acumularse en las células por varios años. En animales, al ingerir cromo (VI) mayormente repercute en el estómago e intestino delgado (irritación y úlceras) y en la sangre (anemia). (ATSDR, 2012)

Plomo, se denomina con el símbolo Pb, es un metal gris, blando y maleable, presente de forma natural en la corteza terrestre.

Es un catión divalente que se une fuertemente a los grupos sulfhídrico de las proteínas. Su uso generalizado ha tenido gran impacto en la contaminación ambiental y, en consecuencia, un incremento considerable en su exposición a la población que ha generado graves problemas de salud pública. Entre las principales fuentes de contaminación ambiental destacan la explotación minera, metalurgia y en algunos países el uso persistente de pinturas, gasolinas y aditivos.

La exposición al plomo puede afectar adversamente a los sistemas nervioso, inmunológico, reproductivo y cardiovascular. La absorción depende de tránsito

gastrointestinal, estado nutricional y edad; se produce principalmente por medio de los sistemas respiratorio y gastrointestinal (Azcona Cruz , y otros, 2015).



**Figura 10.** Mineral Plomo.

Existe una fuerte unión del plomo al suelo y al material vegetal. Además de una baja movilización del metal en suelo y plantas. Se sabe que es extremadamente insoluble en el rango normal de pH del suelo, y también su translocación de las raíces a los brotes aéreos están limitados debido a la unión en las superficies de las raíces y paredes celulares; por lo tanto, el Pb es generalmente acumulado en las raíces y translocación a los brotes es bajo. Se encontró que la acumulación de plomo por las partes aéreas de la cebada *Hordeum vulgare*, estaba por debajo del 5% en relación con el contenido de plomo en las raíces, confirmando así que el plomo no fue translocado desde las raíces hasta la parte superior. (Abid A. Ansari, y otros, 2015)

En función de las condiciones del medio, el Pb se puede presentar con dos estados de oxidación: 2+ o 4+, siendo el ion  $Pb_{2+}$ ; el más estable en el medioambiente. La especiación del Pb en la solución del suelo y los distintos procesos o transformaciones químicas están determinados por las características físico-químicas del sistema, como son el pH, potencial redox, presencia de otros iones y su concentración, temperatura, etc. (Vilca Castro, y otros, 2016)

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo **básica**, que también recibe el nombre de pura, por el anhelo de descubrir nuevos conocimientos. La investigación básica se utiliza como base para otras investigaciones que pueden ser aplicadas y es de principal importancia para el desarrollo de la ciencia. (Esteban Nieto, 2018)

Es **descriptivo** porque la presente investigación busca mostrar con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno; especificando las propiedades, características y los perfiles de personas, objetos o cualquier fenómeno que se someta a un análisis. (Hernández Sampieri, y otros, 2014)

Es de diseño **no experimental** debido a que las inferencias sobre las relaciones entre variables no conllevan intervención o influencia directa, las mencionadas relaciones se observan tal como ha dado en su contexto natural. (Hernández Sampieri, y otros, 2014)

Además, es de enfoque **cuantitativo**, puesto que de las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. (Hernández Sampieri, y otros, 2014). Por lo cual, de las muestras de campo se analizaron de manera estadística para comprobar las hipótesis.

El estudio es **transversal** puesto que se recopilan datos en un único momento, en un solo tiempo determinado. (Hernández Sampieri, y otros, 2014)

### 3.2. Variables y Operacionalización

#### **Variables:**

**Univariable (UV):** Concentración de metales pesados (cadmio, plomo y cromo) acumulados en suelo, raíz y fruto de planta de *Ficus carica*

**Operacionalización:** En cuanto a la definición de la variable y los indicadores se muestra en **(Ver anexo 2)**

### 3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

#### **Población**

La población de estudio es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que formará el referente para la elección de la muestra y cumple con características preestablecidas. (Arias Gómez, y otros, 2016) La población valorada en la presente investigación son todas las plantas de *Ficus carica* en el distrito de Uchumayo.

#### **Muestra**

Se consideró una muestra representativa de 10 plantas de ficus carica para realizar análisis en laboratorio y determinar la concentración de metales pesados (Cd, Pb y Cr) que se presentará en mg/kg, para dos zonas aledañas: una cerca de fuentes de aguas en la Quebrada de Añashuayco y otra en la misma Quebrada cerca del Río Chili, en el distrito de Uchumayo, Arequipa.

## Muestreo

La presente investigación está basada en un método de muestreo no probabilístico y muestreo intencional o de conveniencia, el cual consiste en seleccionar muestras con características similares a la población objetivo. Se puede utilizar este método cuando se tiende a realizar alguna exploración de un fenómeno en una población o cuando no existe un tamaño muestra definido. (Arias Gómez, y otros, 2016). El muestreo se desarrolló teniendo en cuenta el Decreto Supremo N°002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo: Guía para el muestreo de suelos.

## Unidad de Análisis

Correspondiente al elemento que tiene la finalidad de ser investigado para definir la unidad de análisis. La unidad que se considera para análisis son 10 muestras de suelos con peso mayor a 150gr, 10 muestras de raíces con peso mayor a 150gr, 10 muestras de frutos con peso mayor a 150gr.

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

En la siguiente tabla se aprecia la técnica utilizada en la investigación, con su fase y e instrumento:

**Tabla 2.** Técnica e instrumentos para la obtención de datos

FASE	FUENTE	TECNICA	INSTRUMENTO	RESULTADO
1. Identificación y recolección de muestras en zona de estudio	Higueras y suelos en las riberas del afluyente en	Observación y bases de datos	Ficha N°1	Zona de estudio identificado y obtención de

	Quebrada de Añashuayco			150gr o más de cada muestra
2. Análisis en laboratorio	Laboratorio	Observación	Ficha N°2	Datos de concentración de Cromo, Plomo y Cadmio (mg/kg)

### 3.4.1 Técnicas de la investigación

La técnica de investigación científica es un procedimiento representativo, protegido por la práctica, orientado mayormente a recolectar y transformar datos útiles para solucionar problemas de conocimiento en materias científicas. Se empleó la técnica de observación, un proceso que tiene por función primaria recolectar información acerca de un objeto que se tiene en consideración, es una operación de selección y estructuración de datos para obtener varios significados. (Rojas Crotte, 2011)

### 3.4.2 Instrumentos de la investigación

Para la obtención de información en el presente estudio se utilizaron fichas para recolectar distintos datos de campo y de laboratorio:

**Ficha 1:** “Cuaderno de campo”, se recolectó lo observado en el medio físico.

**Ficha 2:** “Resultados de la concentración de metales pesados (Cadmio, Plomo y Cromo), se registraron datos de los resultados en laboratorio respecto a la concentración de metales pesados en mg/kg.

### 3.4.3 Validez del instrumento

La validación consiste en un procedimiento sujeto a comprobar un instrumento a través de tácticas: la consulta y prueba con expertos. Quienes calificarán el instrumento y darán recomendaciones para corregir el diseño; así mismo, una prueba piloto del instrumento. (Rojas Crotte, 2011) . La validez de 2 formatos se determinó por medio de 3 expertos (tabla 3).

**Tabla 3.** Validación de los Instrumentos de recolección de datos

<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	<b>N° CIP</b>	<b>N° CBP</b>	<b>% DE VALIDEZ</b>	<b>PROMEDIO DE VALIDEZ</b>
BENITES ALFARO, Elmer	71998		85%	
PERALTA ALARCÓN, Gladis		2648	90%	88%
NEIRA PERALTA, Noelia Liz		11092	90%	

### 3.4.4 Confiabilidad del instrumento de recojo de datos

Los instrumentos para coleccionar información del objeto en estudio (metales en *Ficus carica*) fueron firmado por 3 expertos brindando confiabilidad para su ejecución (tabla 3).

### 3.5. Procedimiento de la obtención de datos

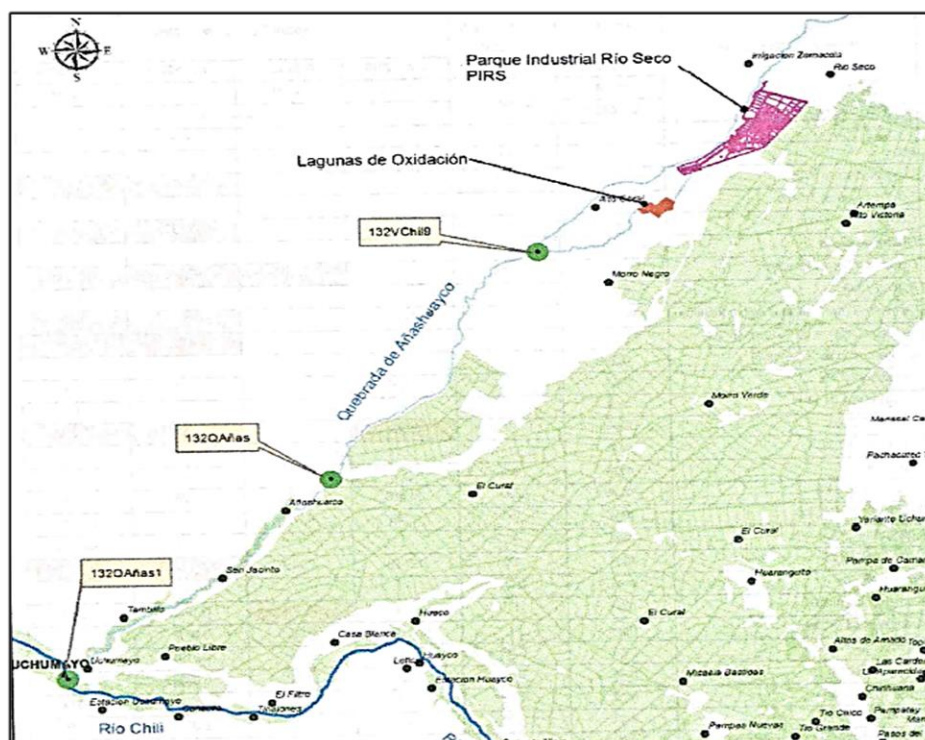
La ejecución para la toma de muestras se desarrolló en el mes de febrero de 2021. Y considera 2 fases:

#### **Fase 1. Identificación y recolección de muestras en zona de estudio.**

Se recolectaron datos del Valle de Añashuayco se ubicado en la quebrada del mismo nombre, que forma parte del distrito de Uchumayo, provincia de Arequipa. Donde el descenso de las aguas que atraviesan este valle se presenta de noreste a suroeste, hasta que confluencia con el río chili.

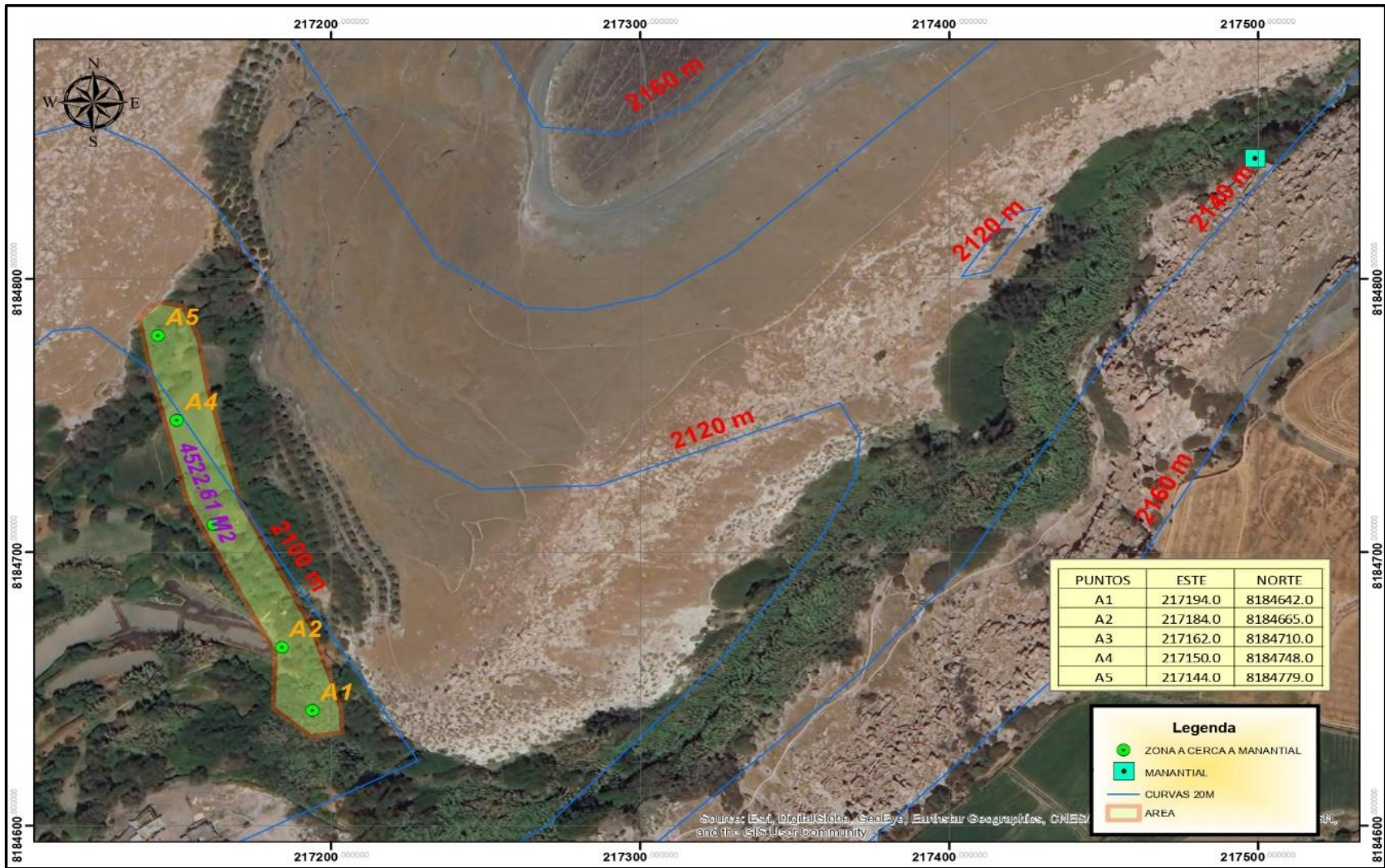
En el presente trabajo de investigación se tomaron muestras de la zona designada: Zona A, se tomó como base de datos los monitoreos del ANA en el año 2014, ubicando 5 puntos de muestreo a unos 400 metros aguas abajo del punto de monitoreo de calidad de Agua en la Cuenca Quilca Chili, 132QAñas, con descripción: Quebrada Añashuayco, Aguas arriba de la intersección con trocha(Puente) – Sector Pampa del Rosario. (Zona Media) con coordenadas UTM-WGS84 al Este 217610, al Norte 8185052, a una altitud de 2119 msnm. Por otro lado, se consideró 5 puntos de muestreo para otra zona denominada Zona B, cerca al punto de monitoreo 132QAñas1, con descripción Quebrada de Añashuayco a 1400m antes de confluencia con el río Chili (Zona Baja) cuyas coordenadas UTM-WGS84 son al Este 217610 y al Norte 8182099 con una altitud de 1949 msnm. (Autoridad Nacional del Agua Administración local de Agua Chili, 2016). En la tabla 3 se encuentran las coordenadas de los 10 puntos de muestreo. En las figuras 11, 12 y 13 se muestra las ubicaciones de las áreas donde se realizó la investigación.

**Figura 11.** Mapa ubicación de monitoreo de calidad de Agua en Cuenca Quilca Chili



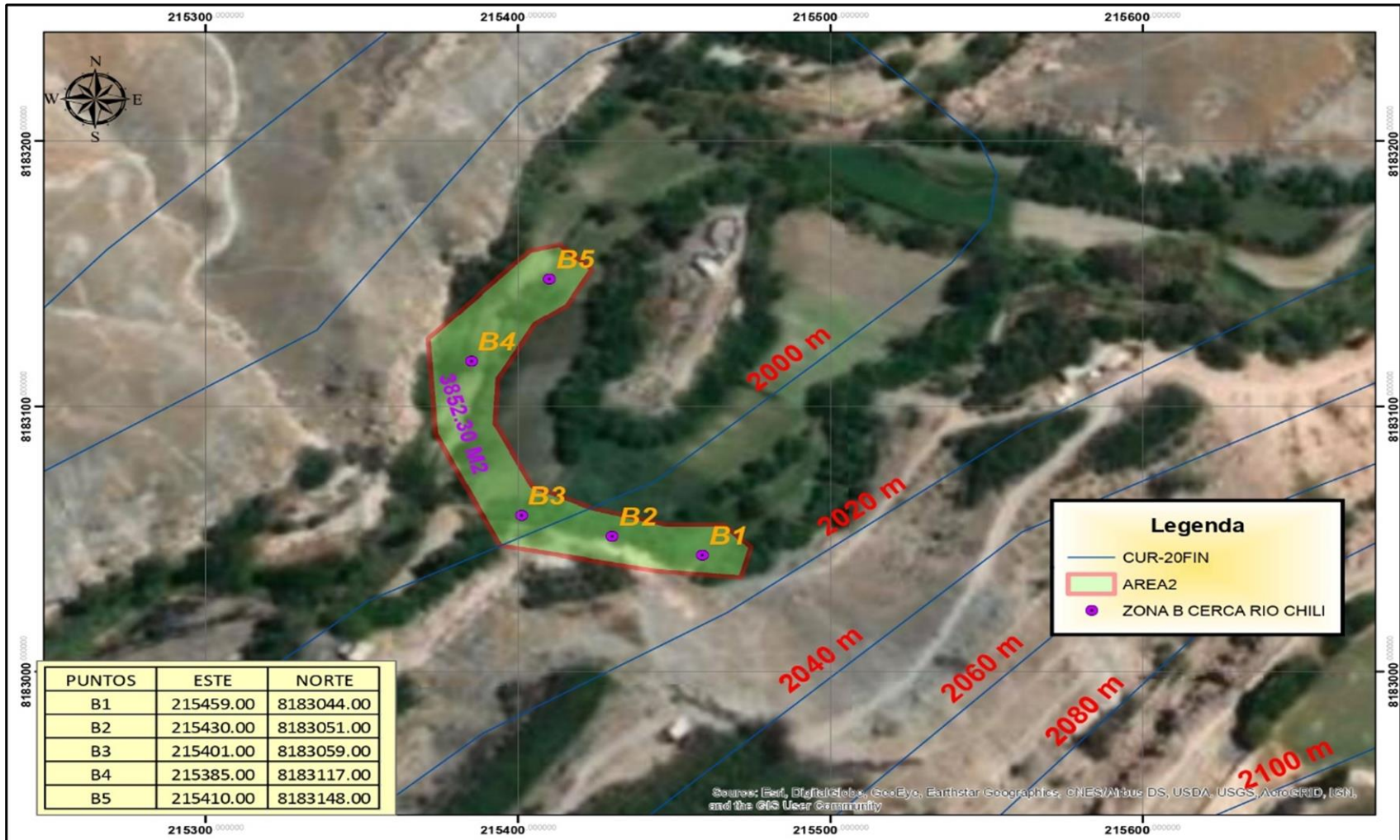
**Fuente:** ALA CHILI – ANA





Fuente: ArcGis y Google Earth

Figura 12. Mapa de ubicación de Zona A.



Fuente: ArcGis y Google Earth

Figura 13. Mapa de ubicación de Zona B.

**Tabla 4. Coordenadas UTM**

<b>Coordenadas UTM</b>			
<b>Zona 19 – WGS 84</b>			
		Este	Norte
	Punto A1	217194	8184642
<b>Añashuayco</b>	Punto A2	217184	8184665
<b>cerca de</b>	Punto A3	217162	8184710
<b>manantial</b>	Punto A4	217150	8184748
	Punto A5	217144	8184779
	Punto B1	215459	8183044
	Punto B2	215430	8183051
<b>Añashuayco</b>	Punto B3	215401	8183059
<b>cerca del río</b>	Punto B4	215385	8183117
<b>Chili</b>	Punto B5	215410	8183148

**Fase 2. Análisis en Laboratorio.**

Para los análisis de los parámetros Cromo, Plomo y Cadmio en frutos y raíces de higos, los resultados emitidos por BHIOS Laboratorios S.R.L. por método: BHIOS-FQ-008, Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011, se presentaron en los Informes de Ensayos (anexos 3,4,6 y 7).

Para los análisis del contenido de Cromo, Plomo y Cadmio en suelo, las muestras fueron presentadas por BHIOS Laboratorio S.R.L. y se ha utilizado método Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sedges and Soils. Revisión 1996., los resultados fueron presentados en Informes de Ensayos (anexos 5 y 8).



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

#### **3.6.1 Estadística descriptiva**

Los datos obtenidos fueron procesados por medio de programas informáticos como Microsoft Excel, que porta de paquetes estadísticos; con los cuales se elaboraron los resultados en cuadros y gráficos para la presente investigación.

#### **3.6.2 Representación**

Los resultados fueron representados por medio de tablas y gráficos, en los cuales se describen las concentraciones (mg/kg) de metales pesados (cromo, cadmio y plomo) encontrados en las raíces y frutos de 10 plantas de higo (*Ficus carica*), así como las concentraciones de metales pesados en los suelos donde crece la higuera; del mismo modo la relación existente entre estas concentraciones en el suelo, y raíz de higo; también la relación de concentración en suelo, y fruto de higo.

Los resultados en suelos fueron comparados en tablas con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo (Decreto Supremo N°011-2017-MINAM).

Los resultados en frutos de higos fueron comparados en cuadros y gráficos con normas internacionales: Norma Cubana 493:2015, Contaminantes Metálicos en alimentos - Regulaciones Sanitarias, donde indica los Niveles máximos permisibles de los contaminantes, se comparó con el tipo de alimento frutas frescas donde el límite en Plomo (Pb) es de 0.1 mg/kg, y el límite en Cd es de 0.05 mg/kg; y la Norma Nacional de la República Popular de China GB 2762-2012, Norma Nacional de Inocuidad Alimentaria Límites Máximos de Contaminantes en Alimentos, se comparó con el tipo de alimento hortalizas frescas donde el límite máximo de Cromo (Cr) es de 0.5 mg/kg.

### **3.6.3 Técnica de comprobación de la hipótesis**

Con los resultados de laboratorio se evaluó si la concentración de metales pesados (cr, cd y pb) en raíces y fruto de higo (*Ficus carica*) se evalúa mediante análisis estadístico descriptivo la relación de acumulación de metales pesados con respecto a los suelos.

### **3.7 Aspectos éticos**

Antes de realizar el presente estudio se solicitó el permiso correspondiente a los propietarios de cada una de las 2 áreas de muestreo donde existe la presencia de higueras, distrito de Uchumayo, Arequipa; se les informó de los objetivos y la finalidad de los mismos. Toda la concentración de los datos recolectados en la presente investigación es de carácter confidencial y manejada por el investigador. Así mismo el presente trabajo será analizado por el software Turniting para evidenciar el grado de similitud con otras investigaciones.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Metales pesados (Cd, Pb, Cr) en el suelo

Se ha realizado la medición de la concentración de metales pesados en los suelos donde se encuentran las plantas de higos. Se han tomado muestras para 10 puntos, divididos en dos zonas, obteniéndose los siguientes resultados:

**Tabla 5.** Concentración de metales pesados en el suelo

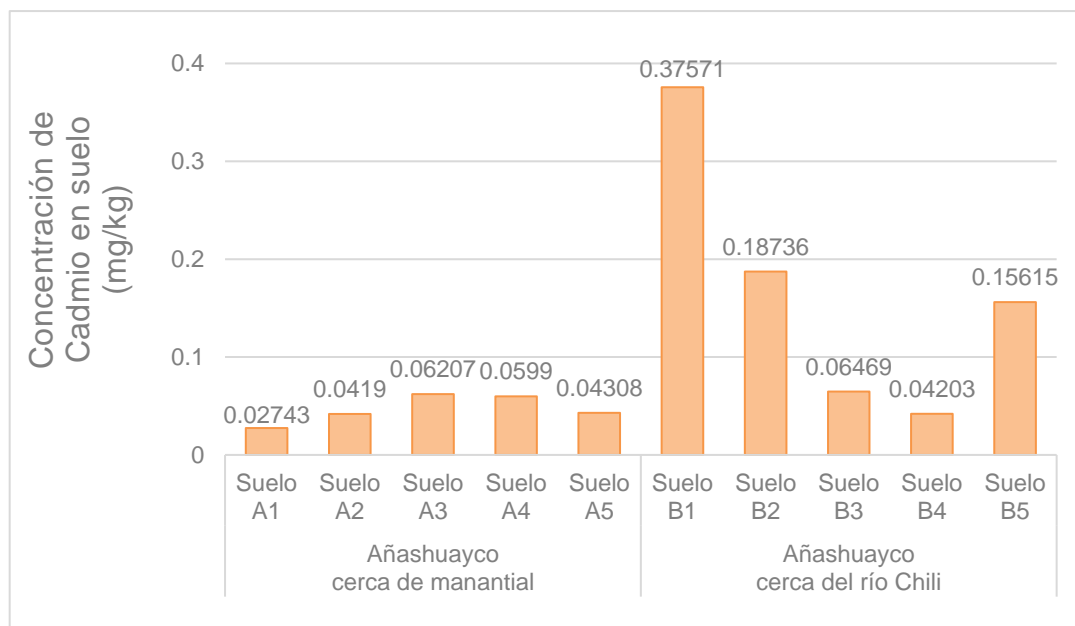
Zona	Muestra	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)
<b>Añashuayco cerca de manantial</b>	Suelo A1	0.02743	1.6906	2.27265
	Suelo A2	0.0419	3.2817	3.26166
	Suelo A3	0.06207	2.4537	1.09331
	Suelo A4	0.0599	2.2896	1.60438
	Suelo A5	0.04308	2.1614	2.51637
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.23438</b>	<b>2.3754</b>	<b>2.1497</b>
<b>Añashuayco cerca del río Chili</b>	Suelo B1	0.37571	53.2267	20.27399
	Suelo B2	0.18736	7.218	38.97757
	Suelo B3	0.06469	1.7226	1.37361
	Suelo B4	0.04203	1.8579	1.73381
	Suelo B5	0.15615	6.3322	17.2569
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.165188</b>	<b>14.07148</b>	<b>15.923176</b>
	ECA	1.4	70	0.4

Como se observó en la tabla 5, el cadmio, plomo y cromo se encuentran en los suelos productivos de higos que van desde los valores de 0.02743 mg/kg (muestra A1) hasta 0.37571 mg/kg (muestra B1) para el caso del cadmio; para el plomo con valores de 1.6906 mg/kg (muestra A1) hasta 53.2267 mg/kg (muestra B1) y 1.09331 (muestra A3) a 38.97757 mg/kg (muestra B2) para el cromo.

Como se pudo observar los mayores valores de los metales pesados analizados en el presente estudio se encuentran en la zona cerca del Río Chili, que así mismo es una zona de mayor cercanía al Peaje de Uchumayo.

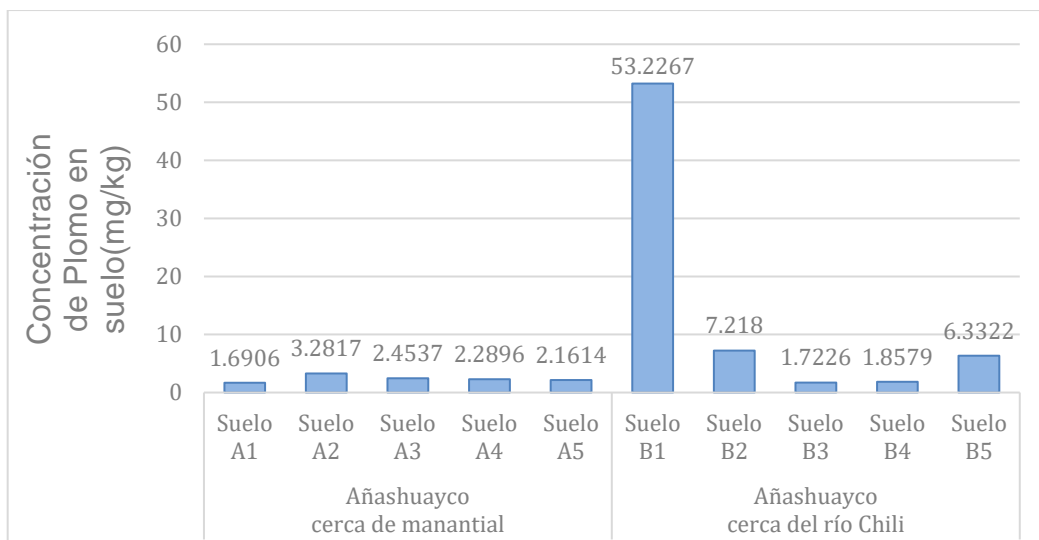
En el suelo considerado con el código B1 predomina la presencia de plomo y cromo; mientras que, en la zona de Añashuayco cerca de manantial el suelo con el código A1 presenta los valores más bajos en concentración de esos metales pesados.

En las dos zonas de estudio, se observa que el cromo se encuentra en valores superiores a los ECA para suelo cuyo máximo permitido es 0.4 mg/kg para cromo. (Decreto Supremo N°011-2017-MINAM)



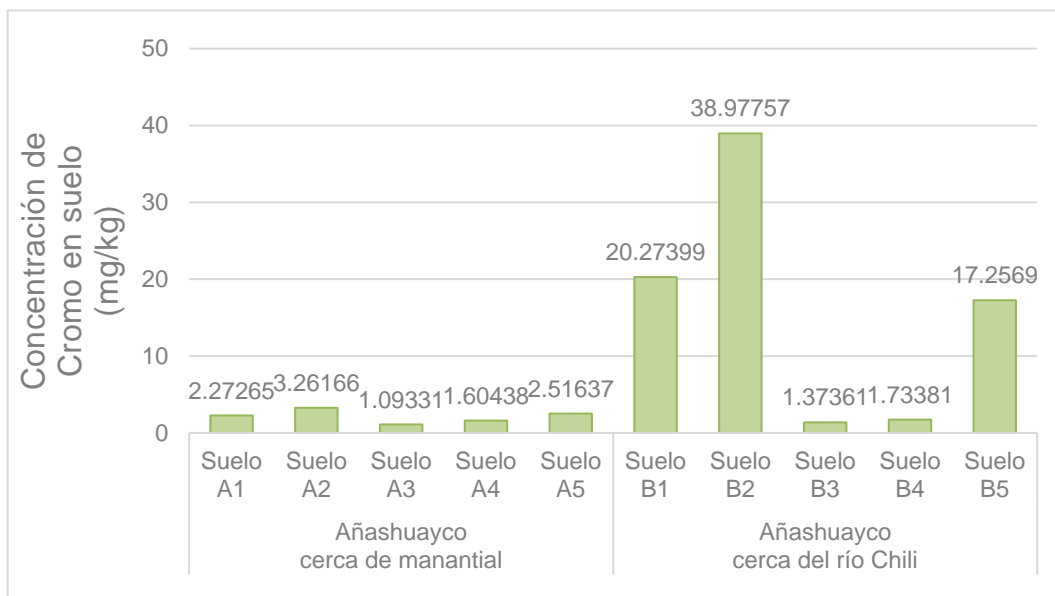
**Figura 14.** Concentración de cadmio presente en suelos referente a zona de estudio

Se logró apreciar que el suelo con el código B1 contiene la mayor concentración de cadmio, seguido por los suelos codificados B2 y B5; los suelos con códigos A1, A2, A3, A4, A5, B3 y B4 presentan valores inferiores a 0.1 mg/kg de cadmio.



**Figura 15.** Concentración de plomo presente en suelos referente a zona de estudio.

Se observó que el suelo codificado como B1 contiene la mayor concentración de plomo presentando en el contenido de esta muestra 53.2267 mg/kg, seguido por los suelos con códigos B2 y B5; los suelos codificados como A1, A2, A3, A4, A5, B3 y B4 presentan valores menores a 3.29 mg/kg de plomo.



**Figura 16.** Concentración de cromo presente en suelos referente a la zona de estudio.



Se mostró que el suelo B2 contiene la mayor concentración de cromo con 38.97757 mg/kg, seguido por el suelo B1 y B5; los suelos A1, A2, A3, A4, A5, B3 y B4 presentan valores inferiores a 3.27 mg/kg en concentraciones de cromo.

#### 4.2 Metales pesados (Cd, Pb, Cr) en la raíz de plantas de higos

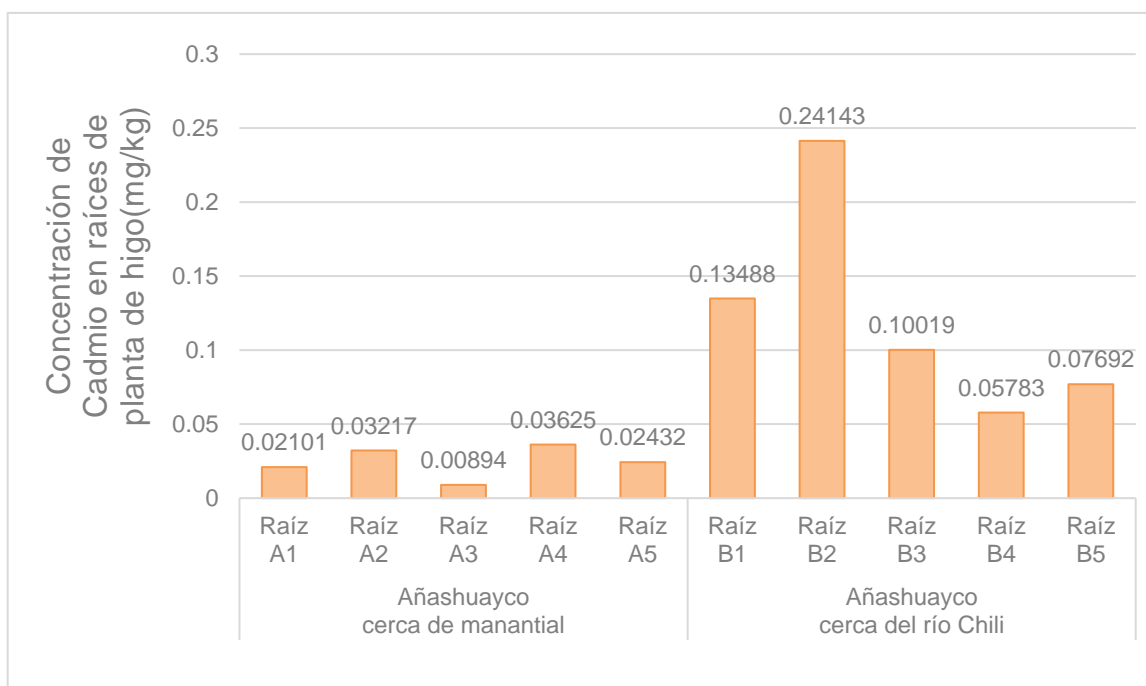
Se ha realizado análisis de presencia de cadmio, plomo y cromo en raíces de 10 plantas de higos, los resultados se presentan a continuación:

**Tabla 6.** Concentración de metales pesados en raíces

<b>Zona</b>	<b>Muestra</b>	<b>Cd (mg/kg)</b>	<b>Pb (mg/kg)</b>	<b>Cr (mg/kg)</b>
<b>Añashuayco cerca de manantial</b>	Raíz A1	0.02101	0.3839	2.984
	Raíz A2	0.03217	0.7533	3.51901
	Raíz A3	0.00894	0.174	1.14573
	Raíz A4	0.03625	0.3892	2.70553
	Raíz A5	0.02432	0.4305	5.13537
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.024538</b>	<b>0.42618</b>	<b>3.097928</b>
<b>Añashuayco cerca del río Chili</b>	Raíz B1	0.13488	11.2692	13.3433
	Raíz B2	0.24143	3.2748	15.43631
	Raíz B3	0.10019	0.6502	3.36413
	Raíz B4	0.05783	0.9199	4.07162
	Raíz B5	0.07692	0.6918	6.12126
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.12225</b>	<b>3.36118</b>	<b>8.467324</b>

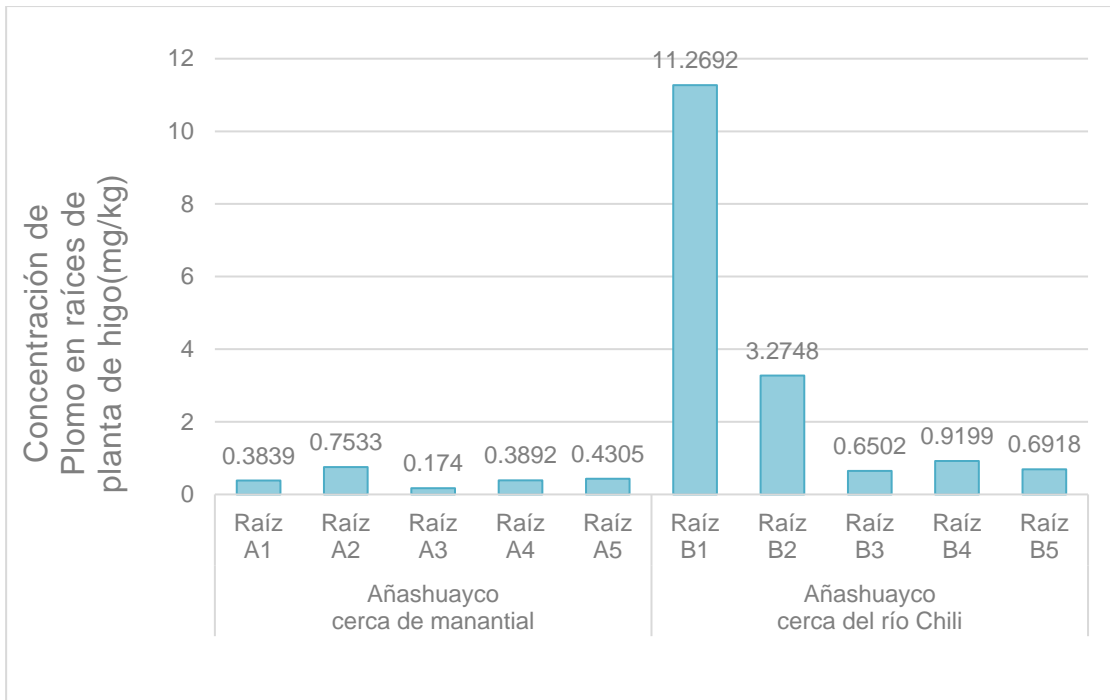
Como se logró apreciar en la tabla 6, se encuentra la presencia de cadmio, plomo y cromo en las raíces de higos. Los mayores valores de estos metales pesados se encuentran en la zona de Río Chili cerca del Peaje Uchumayo, en las raíces

la muestra B2 con un valor de 0.24143 mg/kg, 3.2748 mg/kg y 15.43631 mg/kg predomina la presencia de cadmio, plomo y cromo respectivamente; mientras que, en la zona Añashuayco en la muestra A3 presenta los valores más bajos 0.00894 mg/kg para cadmio, 0.174 mg/kg para plomo y 1.14573 mg/kg para cromo.



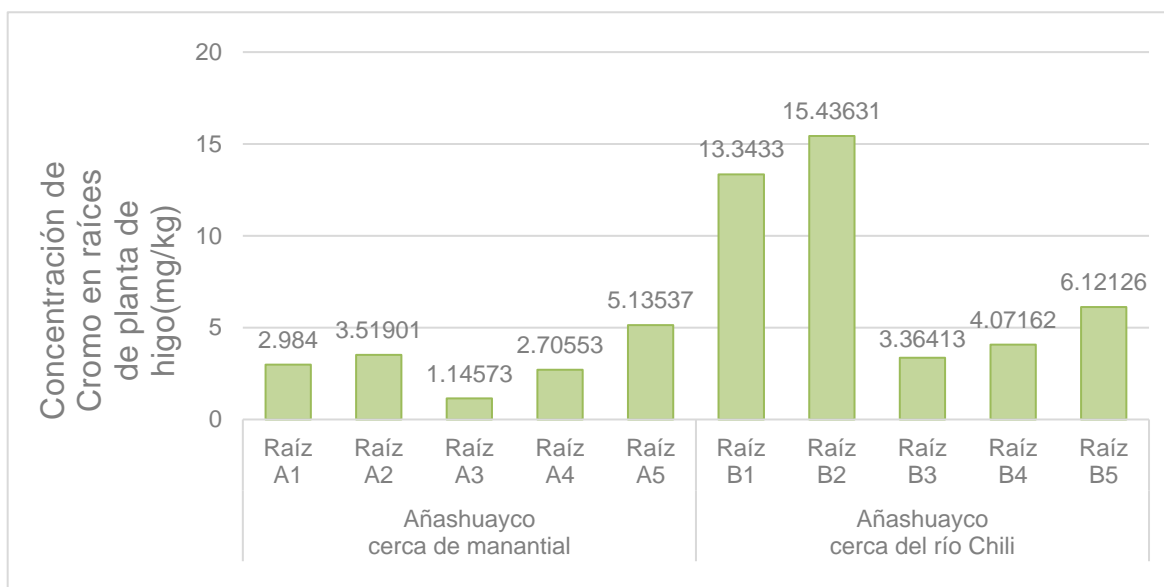
**Figura 17.** Concentración de Cadmio presente en raíces de higos en la zona de estudio

Se evidenció que en las raíces B2 contienen la mayor concentración de cadmio seguido de las raíces B1 y B3. En las demás raíces el contenido de cadmio presenta valores menores a 0.07692 mg/kg.



**Figura 18.** Concentración de Plomo presente en raíces de higos en la zona de estudio.

Se distinguió que en las raíces de la muestra B1 contienen la mayor concentración de plomo seguido de la muestra B2. En las demás raíces el contenido de plomo presenta un valor mínimo de 0.9199 mg/kg.



**Figura 19.** Concentración de Cromo presente en raíces de higos en la zona de estudio.

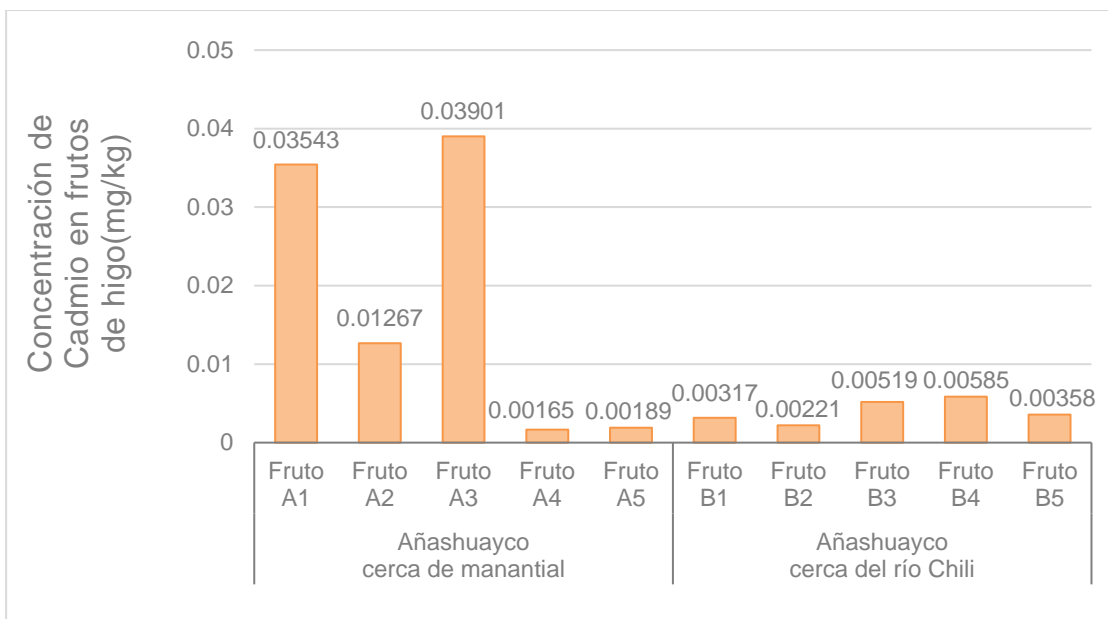
Se apreció que en las raíces de B2 y B1 contiene la mayor concentración de plomo. En las demás raíces el contenido de cromo es de menores concentraciones a 6.12126 mg/kg.

#### 4.3 Metales pesados en frutos de higos

**Tabla 7.** Concentración de metales pesados en frutos

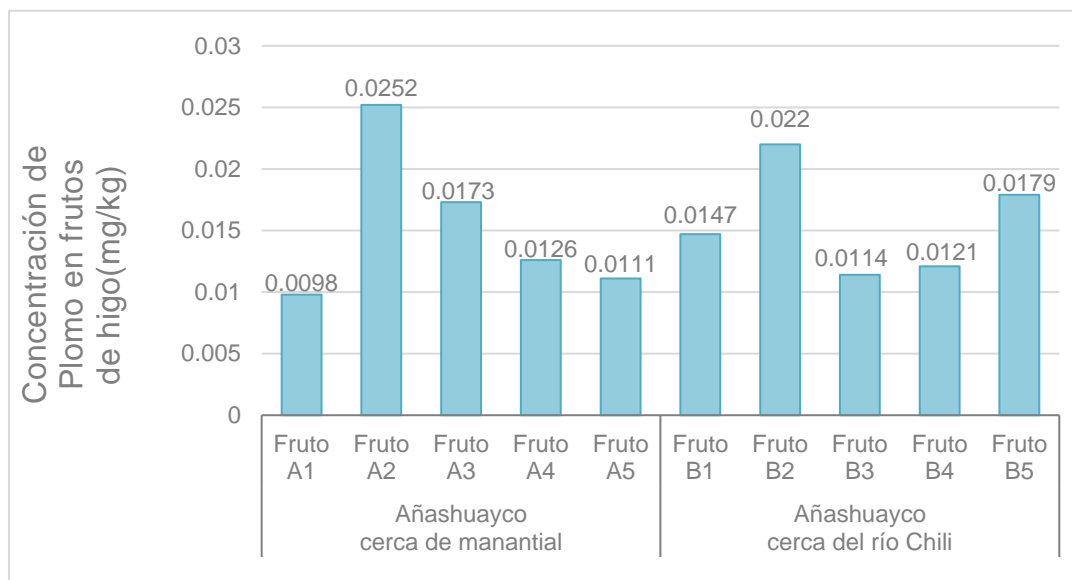
<b>Zona</b>	<b>Muestra</b>	<b>Cd (mg/kg)</b>	<b>Pb (mg/kg)</b>	<b>Cr (mg/kg)</b>
<b>Añashuayco cerca de manantial</b>	Fruto A1	0.03543	0.0098	0.08561
	Fruto A2	0.01267	0.0252	0.18514
	Fruto A3	0.03901	0.0173	0.1094
	Fruto A4	0.00165	0.0126	0.13719
	Fruto A5	0.00189	0.0111	0.10292
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.01813</b>	<b>0.0152</b>	<b>0.124052</b>
<b>Añashuayco cerca del río Chili</b>	Fruto B1	0.00317	0.0147	0.07496
	Fruto B2	0.00221	0.022	0.08171
	Fruto B3	0.00519	0.0114	0.08984
	Fruto B4	0.00585	0.0121	0.1174
	Fruto B5	0.00358	0.0179	0.06477
	<b>PROMEDIO</b>	<b>0.004</b>	<b>0.01562</b>	<b>0.085736</b>

Como se observó en la tabla 7 la presencia de cadmio, plomo y cromo en los frutos de higos fueron en pequeñas concentraciones. Siendo los mayores valores para cadmio en la muestra A3 con un valor de 0.03901 mg/kg y un mínimo en la muestra A4 con un valor de 0.00165 mg/kg. Para el caso del plomo el valor máximo está en la muestra A2 con un valor de 0.0252 mg/kg y un mínimo de 0.0111 mg/kg de muestra A5. Con respecto al concentración de cromo en el fruto de higo se tiene un valor máximo de 0.18514 mg/kg en la muestra A2 y un mínimo de 0.06477 mg/kg la muestra B5.



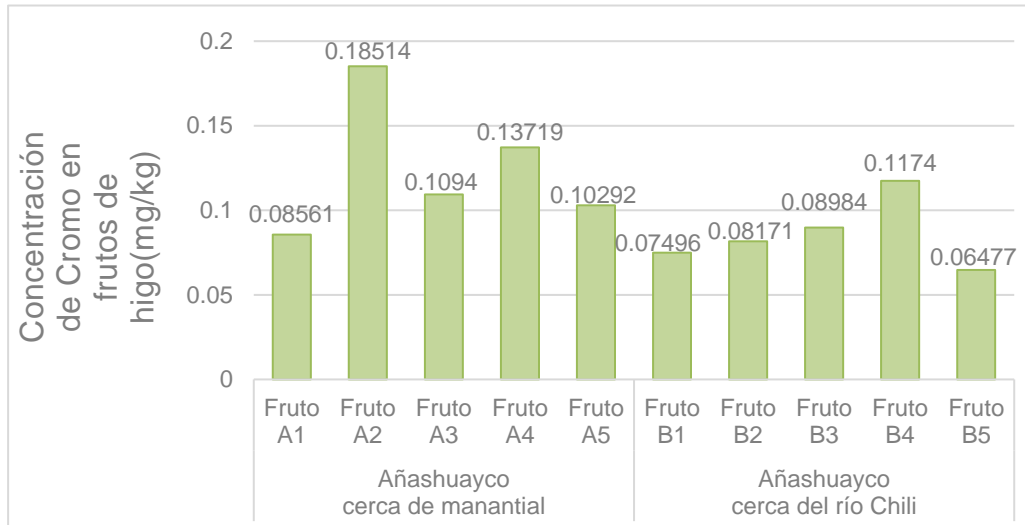
**Figura 20.** Concentración de Cadmio presente en frutos de higos en la zona de estudio.

Se observa que en los frutos A1 y A3 contienen la mayor concentración de cadmio, seguido de los frutos en A2, siendo la zona de Añashuayco donde existe mayor presencia de cadmio acumulado en los frutos de higos. En los otros frutos la concentración de cadmio presenta valores menores a 0.006g/kg.



**Figura 21.** Concentración de Plomo presente en frutos de higos en la zona de estudio.

Se aprecia que en los frutos en A2 contienen la mayor concentración de plomo seguido de los frutos en B2. En los demás frutos la concentración de plomo presenta valores menores a 0.018 mg/kg.



**Figura 22.** Concentración de Cromo presente en frutos de higos en la zona de estudio.

En esta figura 22 se observa que en los frutos en A2 existe mayor concentración de cromo, seguido de los frutos en A4, B4, A3 y A5. En los demás frutos las concentraciones de cromo se encuentran en valores no menores a 0.06477mg/kg.

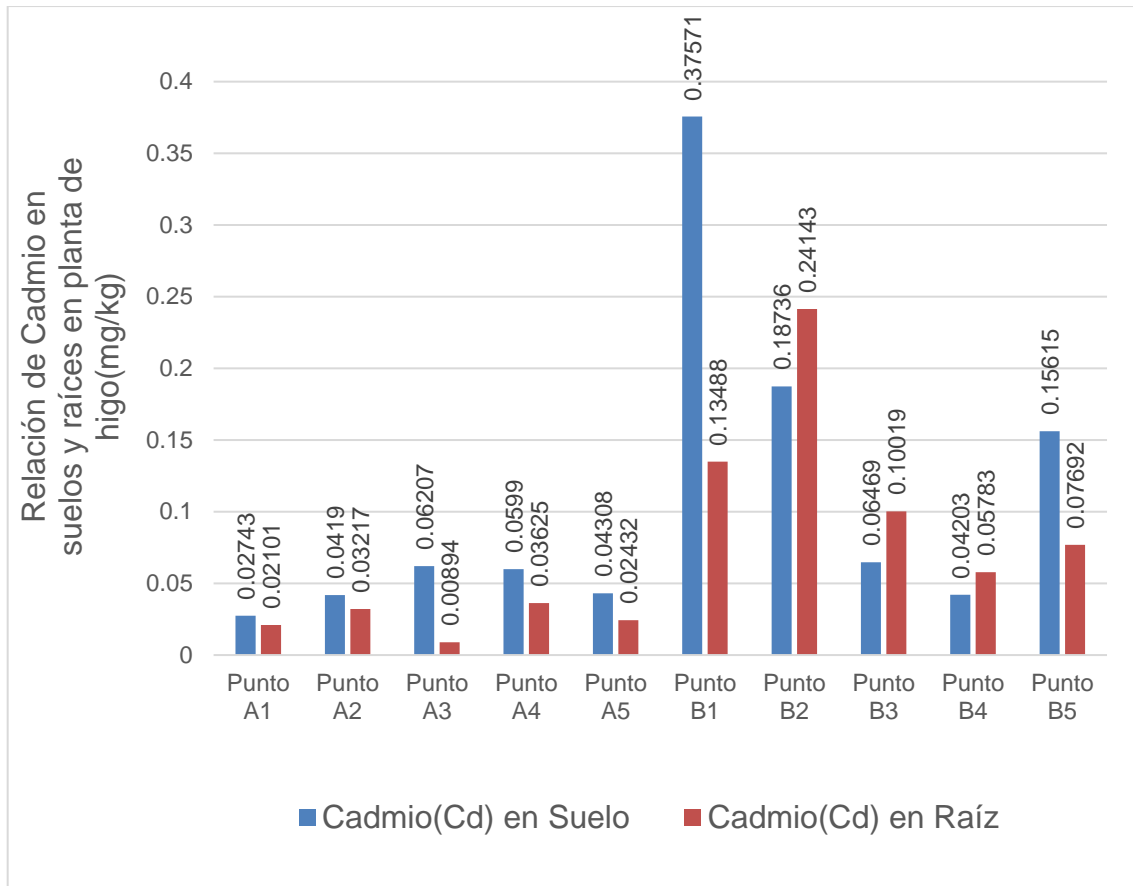
#### 4.4 Relación de metales pesados de suelo y raíces en plantas de higos

Los valores de concentración de cadmio(cd) existente en los puntos de muestreo de suelos para las dos zonas de estudio en relación a la concentración de cadmio(cd) en las raíces de la planta de higos (ficus carica), se presenta en la tabla 8:

**Tabla 8.** Concentración de cadmio (Cd) en suelo y raíces en planta de higos

Zona	Cd (mg/kg)		
	Muestra	Suelo	Raíz
Añashuayco cerca de manantial	Punto A1	0.02743	0.02101
	Punto A2	0.0419	0.03217
	Punto A3	0.06207	0.00894
	Punto A4	0.0599	0.03625
	Punto A5	0.04308	0.02432
Añashuayco cerca del río chili	Punto B1	0.37571	0.13488
	Punto B2	0.18736	0.24143
	Punto B3	0.06469	0.10019
	Punto B4	0.04203	0.05783
	Punto B5	0.15615	0.07692

En la tabla 8 se observó los resultados de las concentraciones de cadmio presente en los suelos muestreados. Para determinar la relación de concentraciones de cadmio se realizó la prueba de correlación encontrando que el índice es de 0.64, mostrando que existe correlación positiva media entre el cadmio (Cd) del suelo y el cadmio (Cd) presente en la raíz de la planta, por lo cual a mayor concentración de cadmio (Cd) en el suelo mayor será la concentración de cadmio (Cd) en las raíces de la planta de higos (*Ficus carica*).



**Figura 23.** Relación de Cadmio (Cd) en suelo y raíces en planta de higos en mg/kg

En la figura 23 se aprecia la comparación de cadmio presente en suelo y raíces de higos donde los resultados de la zona cercana al río chili muestran mayores concentraciones de cadmio. Se aprecia que las concentraciones de cadmio en los puntos de muestreo B2, B3 y B4 para raíces de higos superan las concentraciones de cadmio en suelo.

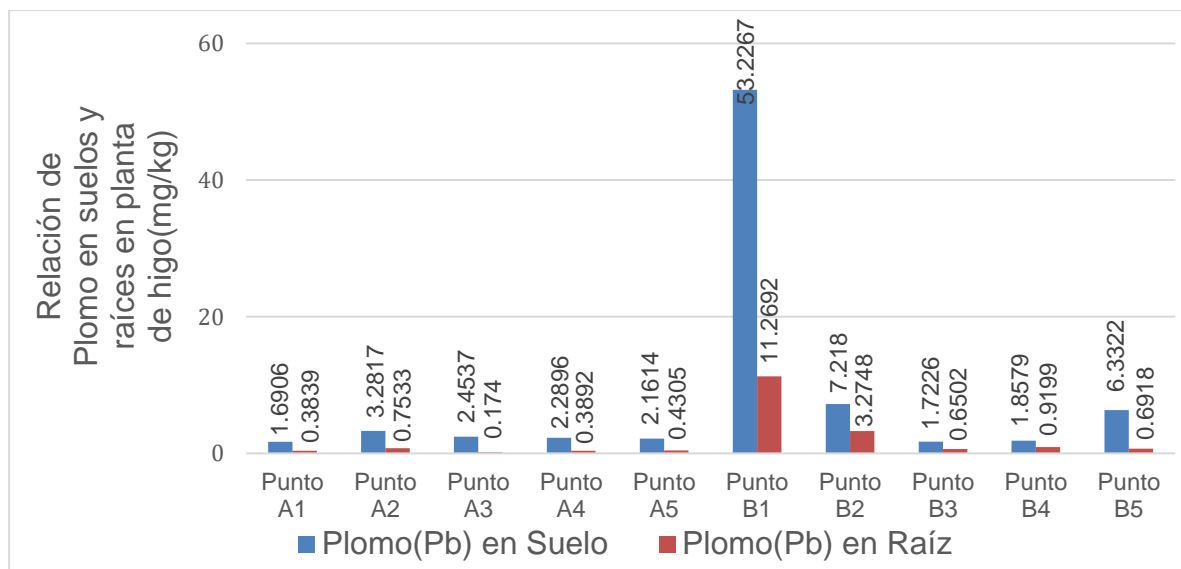
Los valores de concentración de plomo(pb) existente en los puntos de muestreo de suelos para las dos zonas de estudio en relación a la concentración de plomo(pb) en las raíces de la planta de higos (ficus carica), se presenta en la tabla 9:



**Tabla 9.** Concentración de Plomo (Pb) en suelo y raíces en planta de higos

Zona	Muestra	Pb (mg/kg)	
		Suelo	Raíz
Añashuayco cerca de manantial	Punto A1	1.6906	0.3839
	Punto A2	3.2817	0.7533
	Punto A3	2.4537	0.174
	Punto A4	2.2896	0.3892
	Punto A5	2.1614	0.4305
Añashuayco cerca del río chili	Punto B1	53.2267	11.2692
	Punto B2	7.218	3.2748
	Punto B3	1.7226	0.6502
	Punto B4	1.8579	0.9199
	Punto B5	6.3322	0.6918

En la tabla 9 se observó los resultados de las concentraciones de plomo(Pb) presente en los suelos muestreados. Para determinar la relación de concentraciones de plomo(Pb) se realizó la prueba de correlación encontrando que el índice es de 0.98, mostrando que existe correlación positiva media entre el plomo (Pb) del suelo y el plomo (Pb) presente en la raíz de la planta, por lo cual a mayor concentración de plomo (Pb) en el suelo mayor será la concentración de Plomo (Pb) en las raíces de la planta de higos (*Ficus carica*).



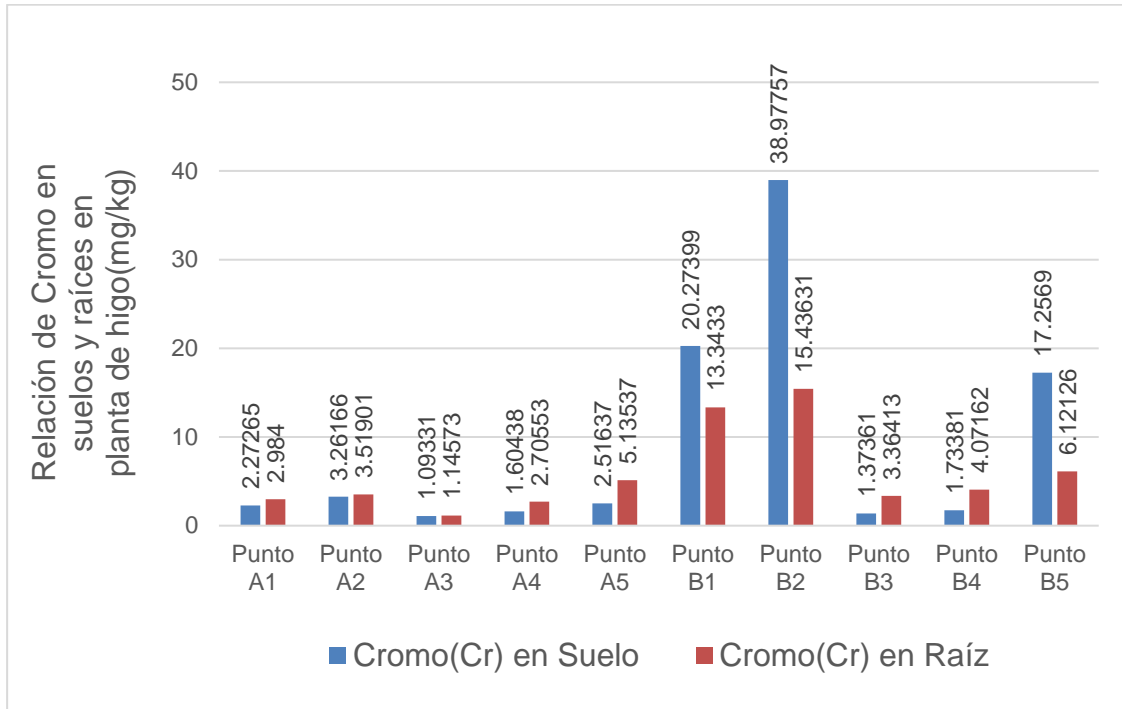
**Figura 24.** Relación de concentración de Plomo (Pb) en suelo y raíces en planta de higos en mg/kg.

En la figura 24 se aprecia la relación de plomo presente en suelo y raíces de higos donde los resultados de la zona cercana al río chili los puntos B1, B2, B5 muestran mayores concentraciones de plomo.

**Tabla 10.** Concentración de Cromo (Cr) en suelo y raíces en planta de higos

Zona	Muestra	Cr (mg/kg)	
		Suelo	Raíz
Añashuayco cerca de manantial	Punto A1	2.27265	2.984
	Punto A2	3.26166	3.51901
	Punto A3	1.09331	1.14573
	Punto A4	1.60438	2.70553
	Punto A5	2.51637	5.13537
Añashuayco cerca del río chili	Punto B1	20.27399	13.3433
	Punto B2	38.97757	15.43631
	Punto B3	1.37361	3.36413
	Punto B4	1.73381	4.07162
	Punto B5	17.2569	6.12126

En la tabla 10 se apreció los resultados de concentraciones de cromo en suelo y raíces de higo siendo las concentraciones de cromo en suelo superiores a las concentraciones de cromo en raíces de planta de higo.



**Figura 25.** Relación de Cromo (Cr) en suelo y raíces en planta de higos en mg/kg.

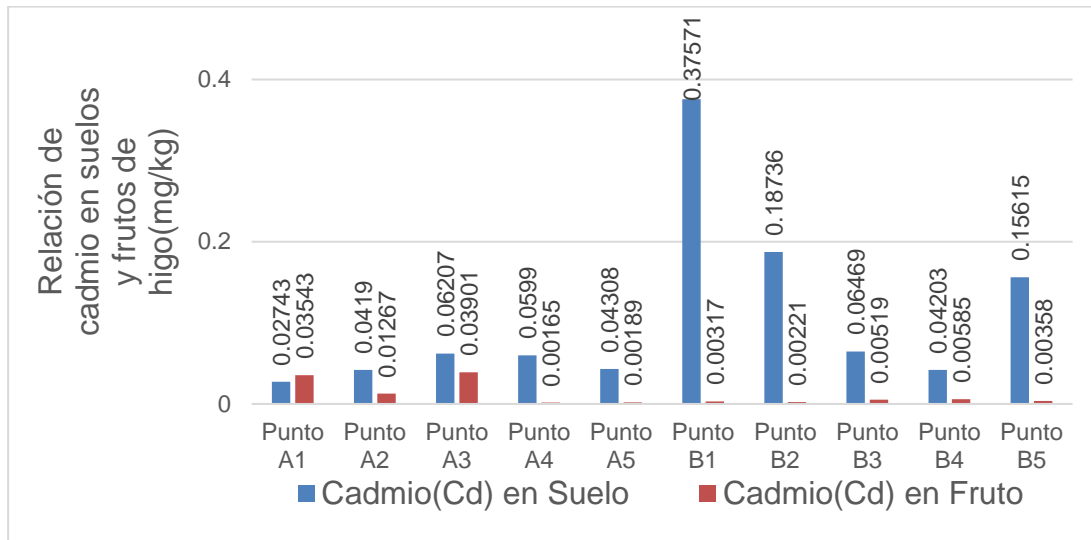
Al realizar la prueba de correlación se encuentra que el índice es de 0.92959483, mostrando que existe una correlación positiva alta entre el cromo (Cr) del suelo y el cromo (Cr) presente en la raíz de la planta, por lo cual a mayor concentración de cromo (Cr) en el suelo mayor será la concentración de cromo (Cr) en las raíces de la planta de higos (*Ficus carica*).

#### 4.5 Relación de metales pesados de suelo y frutos de higos

**Tabla 11.** Concentración de cadmio (Cd) en suelo y frutos de la planta de higos

Zona	Cd (mg/kg)		
	Muestra	Suelo	Fruto
Añashuayco cerca de manantial	Punto A1	0.02743	0.03543
	Punto A2	0.0419	0.01267
	Punto A3	0.06207	0.03901
	Punto A4	0.0599	0.00165
	Punto A5	0.04308	0.00189
Añashuayco cerca del río chili	Punto B1	0.37571	0.00317
	Punto B2	0.18736	0.00221
	Punto B3	0.06469	0.00519
	Punto B4	0.04203	0.00585
	Punto B5	0.15615	0.00358

En la tabla 11 se apreció los resultados de concentraciones de cadmio en suelo y frutos de higo siendo las concentraciones de cadmio en suelo muy superiores a las concentraciones de cromo en raíces de planta de higo.



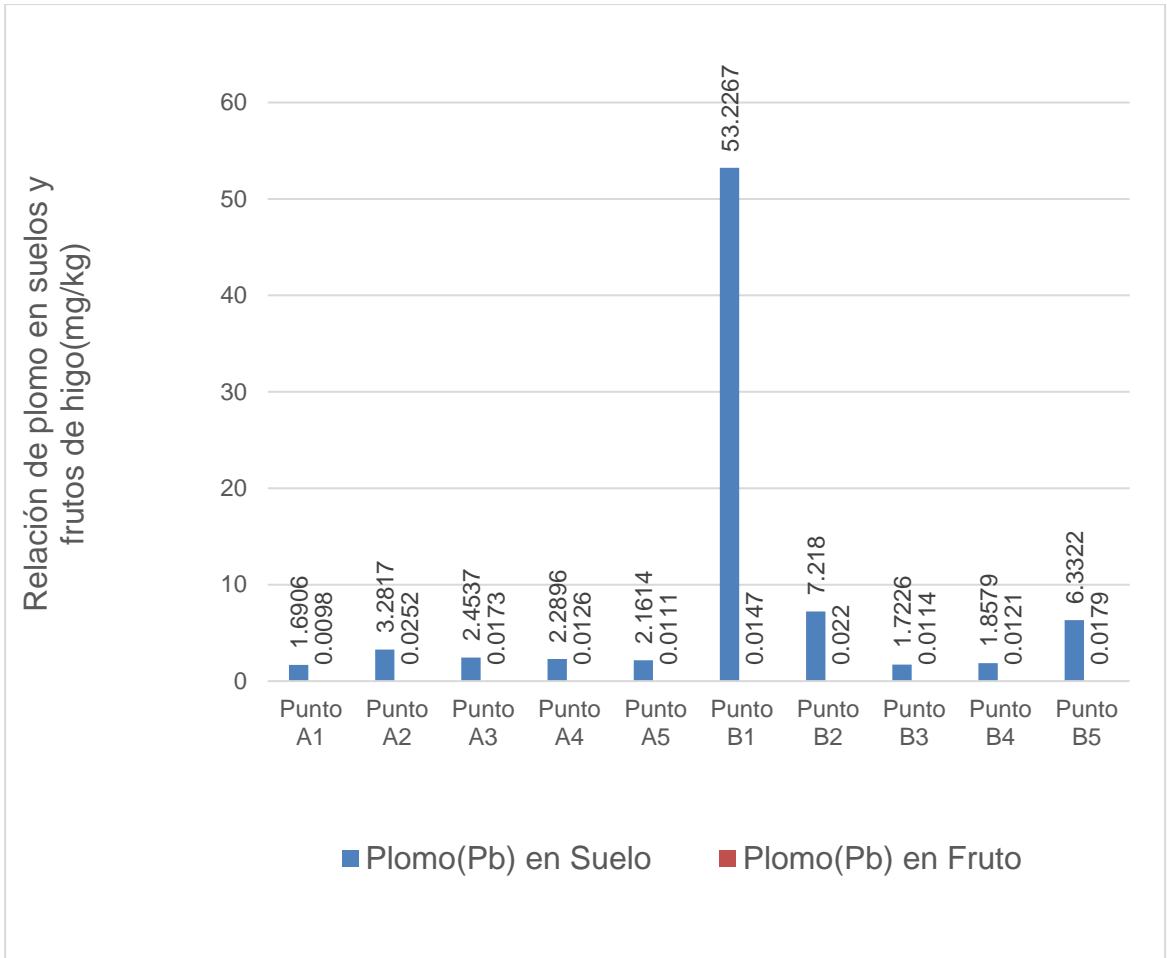
**Figura 26.** Relación de cadmio (Cd) en suelo y frutos de la planta de higos en mg/kg.

Al realizar la prueba de correlación se encuentra que el índice es de -0.35268266, su correlación es baja pero inversamente proporcional, mientras los valores en suelos con cadmio (Cd) en mg/kg son mayores, los valores de cadmio (Cd) en mg/kg para los frutos serán menores en la mayoría de los puntos de toma de muestras.

**Tabla 12.** Concentración de plomo (Pb) en suelo y frutos de la planta de higos

Zona	Muestra	Pb (mg/kg)	
		Suelo	Fruto
Añashuayco cerca de manantial	Punto A1	1.6906	0.0098
	Punto A2	3.2817	0.0252
	Punto A3	2.4537	0.0173
	Punto A4	2.2896	0.0126
	Punto A5	2.1614	0.0111
Añashuayco cerca del río chili	Punto B1	53.2267	0.0147
	Punto B2	7.218	0.022
	Punto B3	1.7226	0.0114
	Punto B4	1.8579	0.0121
	Punto B5	6.3322	0.0179

En la tabla 12 se apreció los resultados de concentraciones de plomo en suelo y frutos de higo presentándose las mayores concentraciones de plomo en suelo.



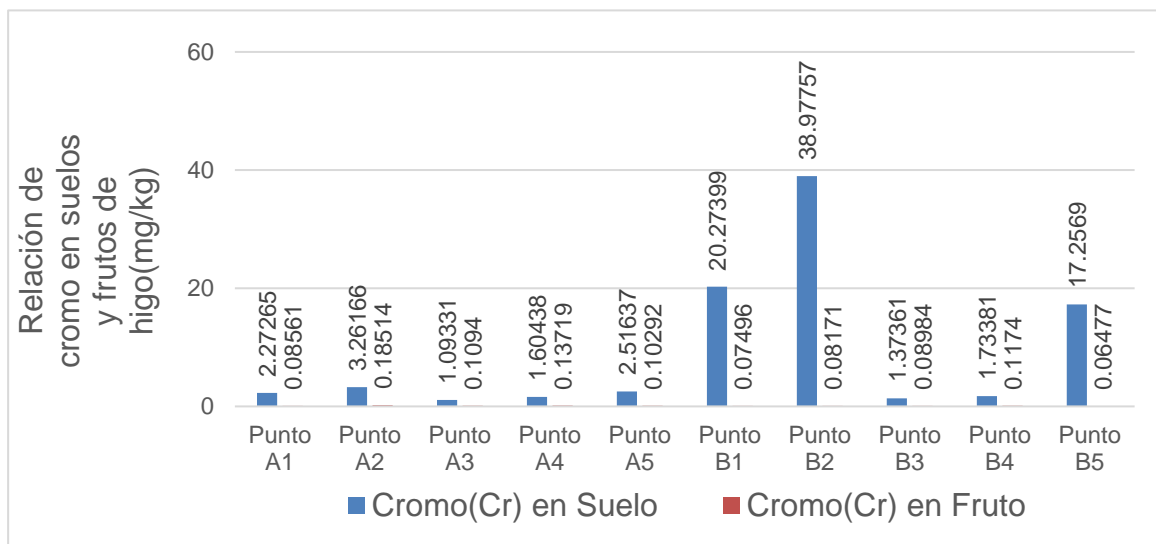
**Figura 27.** Relación de plomo (Pb) en suelo y frutos de la planta de higos en mg/kg.

Al realizar la prueba de correlación se encuentra que el índice es de 0.03280806, su relación es baja pero directamente proporcional, mientras los valores en suelos con plomo (Pb) en mg/kg aumentan, los valores de plomo (Pb) en mg/kg para los frutos también se acrecientan en pocas concentraciones.

**Tabla 13.** Concentración de cromo (Cr) en suelo y frutos de la planta de higos

Zona	Cr (mg/kg)		
	Muestra	Suelo	Fruto
Añashuayco cerca de manantial	Punto A1	2.27265	0.08561
	Punto A2	3.26166	0.18514
	Punto A3	1.09331	0.1094
	Punto A4	1.60438	0.13719
	Punto A5	2.51637	0.10292
Añashuayco cerca del río chili	Punto B1	20.27399	0.07496
	Punto B2	38.97757	0.08171
	Punto B3	1.37361	0.08984
	Punto B4	1.73381	0.1174
	Punto B5	17.2569	0.06477

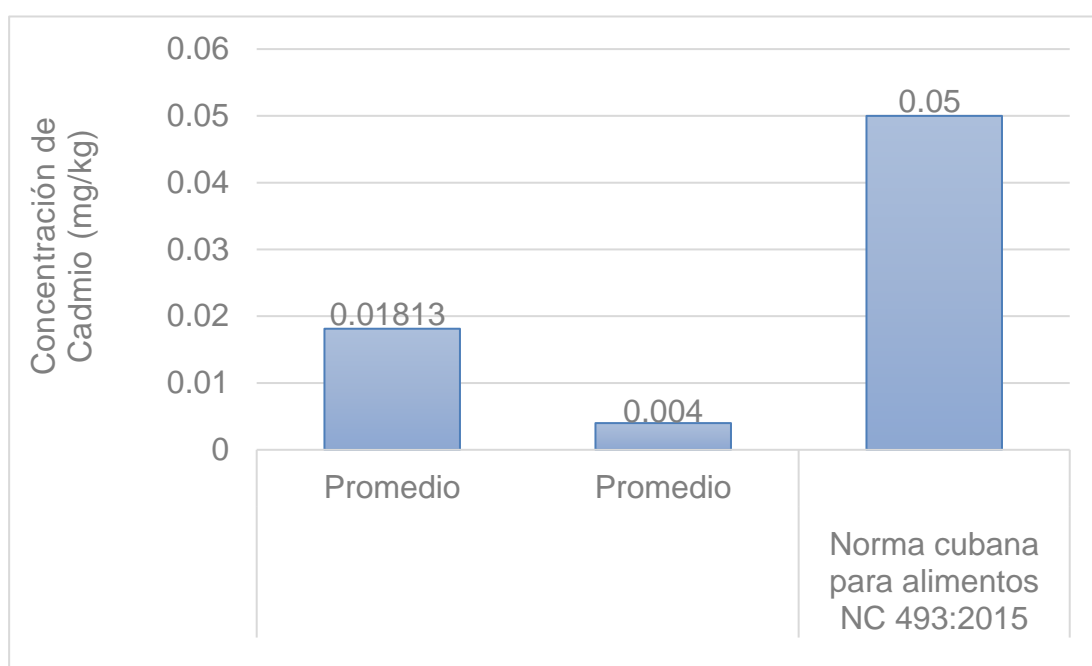
En la tabla 13 se apreció los resultados de concentraciones de cromo en suelo y frutos de higo siendo las concentraciones de cromo en suelo muy superiores a las concentraciones de cromo en frutos de planta de higo.



**Figura 28.** Relación de cromo (Cr) en suelo y frutos de la planta de higos en mg/kg.

Al realizar la prueba de correlación se encuentra que el índice es de -0.478521, su relación es media pero inversamente proporcional, mientras los valores en suelos con cromo (Cr) en mg/kg son mayores, los valores de cromo (Cr) en mg/kg para los frutos serán menores.

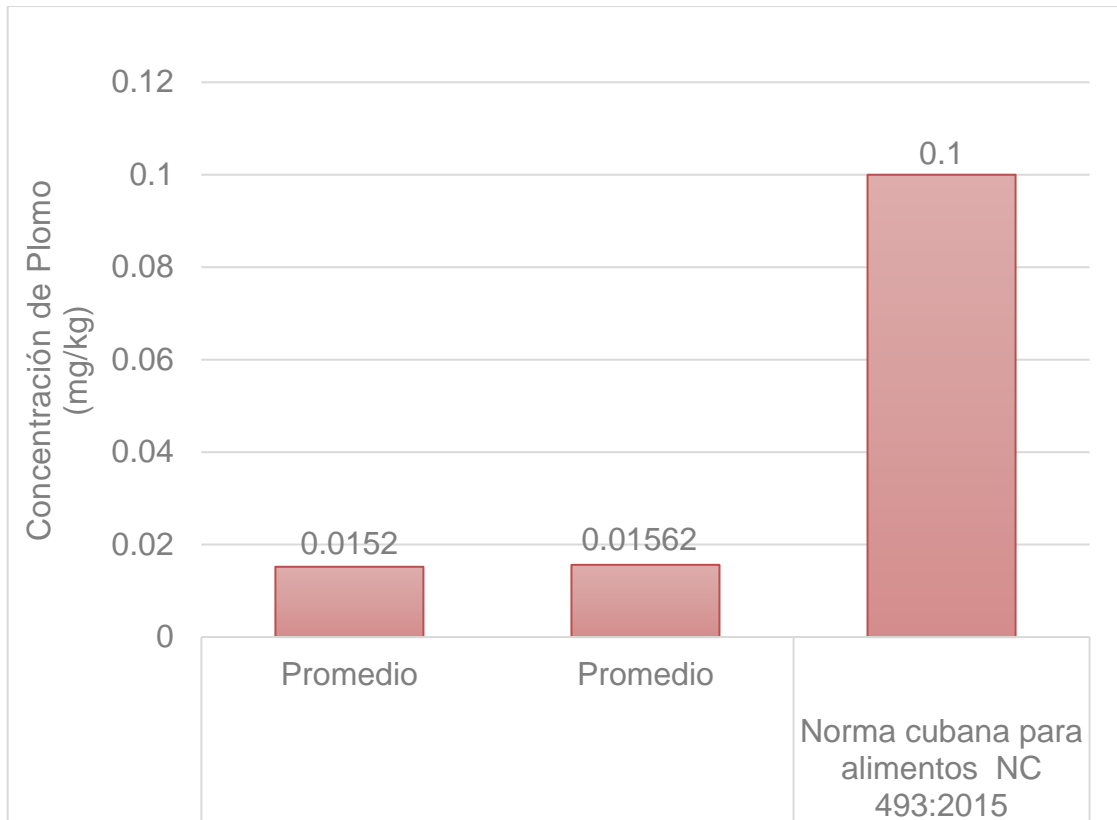
#### 4.6 Legislaciones internacionales para contenido de metales pesados en alimentos comparados con metales pesados encontrados en Uchumayo



**Figura 29.** Comparación de concentración de cadmio en higos frente a legislación internacional para alimentos.

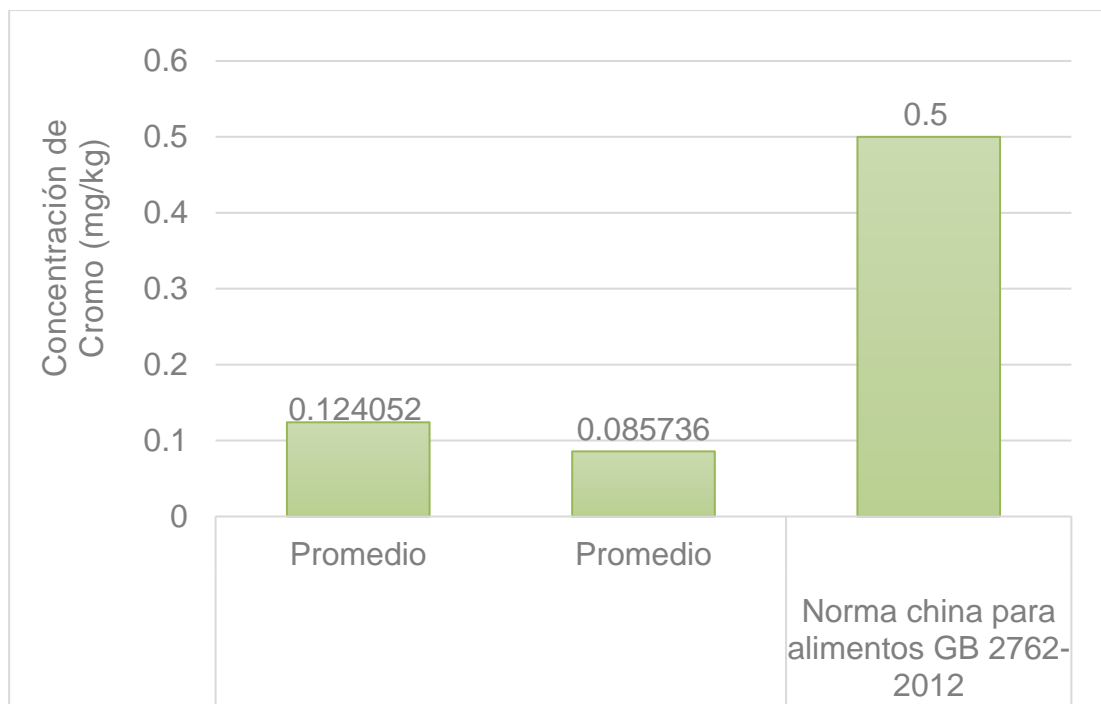
En el presente gráfico podemos observar la concentración de cadmio (Cd) presente para el promedio para muestras de frutos de higos en la zona de Añashuayco que es de 0.01813 mg/kg, así mismo también para muestras de frutos de higos en la zona codificada como Río Chili aguas abajo del Peaje Uchumayo, el valor promedio es de 0.004 mg/kg. Según la normativa cubana el máximo permitido de cadmio (Cd) para frutas frescas es de 0.05 mg/kg.





**Figura 30.** Comparación de concentración de plomo frente a legislación internacional para alimentos.

En el presente grafico podemos comparar los niveles máximo permisibles de concentraciones promedio de plomo (Pb) presentes en muestras de higos en Añashuayco es de 0.0152 y del río Chili aguas abajo del peaje Uchumayo es de 0.01562. La normativa cubana, indica que para frutas el máximo permitido es de 0.1 mg/kg para la concentración de plomo (Pb).



**Figura 31.** Comparación de concentración de cromo frente a legislación internacional para alimentos.

En el presente gráfico se comparan los promedios de concentraciones de cromo (Cr) para los promedios de las muestras obtenidas de higueras en Añashuayco (0.124052 mg/kg) y Río Chili (0.085736). Según la norma nacional de inocuidad alimentaria de la república popular China los parámetros del límite máximo de cromo (Cr) en alimentos como hortalizas y sus productos es 0,5 mg/kg.

## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se obtuvieron como resultados de las pruebas de laboratorio para 10 muestras de suelo: la concentración de cadmio (Cd) encontrado no excede los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) establecidos por el Ministerio del Ambiente (MINAM); en tanto la concentración de plomo (Pb) tampoco excede los Estándares Nacionales; por otra parte, las concentraciones de cromo (Cr) con valores promedios de 9.036438 si superan los ECA en suelo para Cromo VI.

Con respecto a las concentraciones de cadmio en los frutos de higos para las dos zonas de estudio los resultados indican que estarían dentro de lo permitido para el consumo humano con respecto a la norma cubana.

En relación al contenido de plomo, cadmio y cromo en frutos de higos en dos zonas de estudio (Añashuayco y Río Chili), se obtiene en comparación con la normativa cubana de contaminantes metálicos en alimentos y de la República Popular China para límites máximos de contaminantes en alimentos, que los tres metales (cr, cd y pb) para el presente estudio contenidos en los frutos de higos no superan estos estándares, siendo aún aptos para su consumo.

La presencia de cromo tanto en suelo, raíz y fruto es importante considerar que sea cromo VI, el cual es tóxico y bioacumulable en varios órganos del cuerpo humano, por lo tanto, sea nocivo para la salud. En las fábricas, en especial las de curtiembre es donde se utiliza el cromo III y estos residuos son eliminados por efluentes que llegan a las fuentes de agua en la Quebrada de Añashuayco, que por contacto con el oxígeno y el agua se transforma en cromo VI.

Según el trabajo de investigación presentado por (Lazo Cuentas, 2017), denominado “Evaluación de la Contaminación Ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del parque industria de Río Seco, Arequipa”, en el resultado de los monitoreo en sulfuros y cromo mg/l se considera que hay la presencia de aguas provenientes en la laguna de oxidación contienen alto contenido de sulfuros superan en más de un 499.7% los límites máximos permisibles y para el cromo total excede en más de un 1301% los límites máximos permisibles. Al contrastar con la presente investigación se pudo observar que los excedentes en las aguas provenientes de las lagunas de oxidación llegan a confluir con las aguas que irrigan las zonas de cultivo en el Valle de Añashuayco, por lo cual son de afectación para los cultivos que sean irrigados por estas aguas.

Con relación a la concentración de metales pesados presentes en *Ficus carica* para 2 zonas dentro del distrito de Uchumayo, se obtuvo la concentración de metales pesados: cromo, cadmio y plomo, que no superan los límites máximos con referencia a normas internacionales como la cubana y de la República Popular China, para metales pesados en frutos, sin embargo, se encontró que el contenido de cromo supera los Estándares de Calidad Ambiental establecido por MINAM para suelos, en todos los puntos de muestreo, evidenciando que para suelos la mayor acumulación de cromo se presenta en la zona de monitoreo con coordenadas UTM-WGS84, al Este 217610 y al Norte 8182099 con una altitud de 1949 msnm. Aguirre, Piraneque y Vásquez (2020), en su estudio de investigación llamado “Contenido de metales pesados en suelos y tejidos de cacao en el departamento del Magdalena, Colombia: énfasis en cadmio”, determinaron que concentración de metales pesados: cadmio, níquel, plomo y cromo poseen los cultivos de cacao en 2 zonas al norte de Colombia. Se obtuvo que las concentraciones metales pesados (plomo, níquel y cromo) en las muestras de cacao no superaban los límites máximos permisibles, establecidos por una Agencia de Estados Unidos, sin embargo, los el cadmio si es considerado

de riesgo según estándares de la Unión Europea. A pesar que en los suelos no se encontraban muy afectados lo cual indica que la contaminación se debe al manejo de estos cultivos.

Vilca y Gordillo (2016), en su trabajo de investigación “Retención de metales pesados en suelos y su impacto ambiental. Caso: aguas residuales-Parque Industrial Rio seco” cuyo propósito fue determinar la concentración de metales pesados en el medio sólido, producto del vertimiento de efluentes sobre la Quebrada de Añashuayco, y además conocer la acumulación de metales que puede variar en el suelo según su profundidad.

Los resultados demostraron que en la demarcación de estudio existen 4 los principales metales pesados que se acumulan los cuales son: Cromo, hierro, zinc y cobre. Seguidamente utilizando un método cualitativo para evaluar los efectos ambientales se identificó que los factores ambientales más perjudicados son: agua, aire y suelo, los siguientes más afectados son la flora y fauna. Lo que demuestra que las industrias no obedecen las normas ambientales.

## VI. CONCLUSIONES

1. Se realizó el análisis de suelo, raíz y fruto para las zonas muestreadas con presencia de higos (*Ficus carica*) en el distrito de Uchumayo, concluyendo que la concentración de metales pesados en los suelos tiene relación con la bioacumulación en las raíces de higos.
2. Se determinó la bioacumulación de metales pesados Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Cromo (Cr) en las raíces de higueras en su etapa de maduración adulta para dos zonas de estudio: Añashuayco y Río Chili, en el distrito de Uchumayo, siendo las concentraciones promedio, de Cadmio: 0.024538 mg/kg, 0.12225 mg/kg; de Plomo: 0.42618 mg/kg, 3.36118 mg/kg; y de Cromo: 3.097928 mg/kg, 8.467324 mg/kg respectivamente.
3. Se determinó el contenido de metales pesados Cadmio (Cd), Plomo (Pb) y Cromo (Cr) en frutos de higo (*Ficus carica*) para dos zonas de estudio: Añashuayco y Río Chili, en el distrito de Uchumayo, obteniendo los resultados promedios, de Cadmio: 0.01813 mg/kg, 0.004 mg/kg; de Plomo: 0.0152 mg/kg, 0.01562 mg/kg; y de Cromo: 0.124052 mg/kg, 0.085736 mg/kg.
4. Se confrontó los resultados obtenidos del presente estudio respecto a los frutos de higos frente a Normativas Internacionales (cubana y china) de inocuidad alimentaria para productos similares, recabando como resultados que el Cadmio, Plomo y Cromo contienen valores por debajo de estos estándares, cumpliendo con estas normas.
5. Al evaluar las concentraciones de metales pesados Cadmio(cd) y Cromo (cr) en fruto de higuera (*ficus carica*) se determinó que la correlación entre el suelo y fruto de higo es inversamente proporcional por lo cual no se bioacumula grandes cantidades de estos metales en los frutos, por otro lado, las concentraciones de Plomo(pb) tienen una correlación muy baja entre suelo y fruto de higo.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Efectuar muestreos en la Cuenca del río Chili para determinar metales pesados en *Ficus carica*.
2. Realizar análisis de tallo y hojas de *Ficus carica* para determinar la concentración de acumulación de metales pesados en estos sistemas de la planta.
3. Ejecutar estudios complementarios de análisis de metales pesados en los vectores ambientales aire, agua y suelos en las riberas de la Quebrada de Añashuayco y río Chili.
4. Determinar la afectación de los metales pesados en los habitantes del Distrito de Uchumayo por la ingestión de cultivos cercanos a las riberas Quebrada de Añashuayco y río Chili.
5. Se recomienda que el Ministerio de Agricultura realice los estudios correspondientes a las normativas para establecer los Límites Máximos Permisibles de metales pesados en frutos de la región tales como en el caso del higo (*Ficus carica*) de la presente investigación.
6. Realizar estudios para conocer si la relación entre Cromo, Plomo y Cadmio presente en la planta de *Ficus carica* están asociados a su contenido de nutrientes minerales.
7. Se sugiere realizar mayores estudios de las fuentes de agua que irrigan el valle de Añashuayco, los cuales pueden influir en la calidad de suelos y de los cultivos de esta zona.

## REFERENCIAS

- ABID A. Ansari, y otros. 2015. *Phytoremediation Management of Enviromental Contaminants*. s.l.: Springer, 2015. Vol. Volume 1. Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-10969-5\\_25](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-10969-5_25)
  
- ABID Ali Ansari, y otros. 2016. *Phytoremediation Management of Enviromental Contaminants*. s.l.: Springer, 2016. Vol. Volume 3. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9783319401461>
  
- AGUIRRE FORERO, SONIA ESPERANZA, PIRANEQUE GAMBASICA, NELSON VIRGILIO Y VÁSQUEZ POLO, JOSÉ RAFAEL. 2020. *Contenido de metales pesados en suelos y tejidos de cacao en el departamento del Magdalena, Colombia: énfasis en cadmio*. Universidad de Magdalena, Santa Marta: 2020. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/2654/265466153020/>
  
- ALLOWAY, Brian J. 2013. Heavy Metals in Soils. *Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability*. Third Edition. s.l.: Springer, 2013, Vol. Volume 22, pág. 283. Disponible en: <https://www.springer.com/gp/book/9789401045865>
  
- ARIAS GÓMEZ Jesús, VILLASÍS KEEVER Ángel y MIRANDA NOVALE, María Guadalupe. 2016. *El protocolo de investigación III: la población de estudio*. Colegio Mexicano de Inmunología Clínica y Alergia, A.C., México: 2016. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
  
- ASIYA Hameed, y otros. 2012. *Tolerancia de las plantas y acidos grasos Perfil en respuesta a metales pesados*. Jamia Hamdard University, Nueva Delhi: 2012.
  
- ATSDR. 2012. *Resumen de salud pública Cromo*. 2012. Disponible en [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs7.pdf](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs7.pdf)



- Autoridad Nacional del Agua Administración local de Agua Chili. 2016. *Informe N°009-2016-ANA-AAA.CO/ALA.CH/ECA-JCM*. Arequipa: s.n., 2016.
  
- AZCONA CRUZ, María Isabel, RAMÍREZ Y AYALA, Ribani y VICENTE FLORES, Gabriela. 2015. *Efectos tóxicos del plomo*. Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado de México, México: 2015. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/473/47345916012.pdf>
  
- BENENAULA B., Ana L. y BRITO O., Diana E. 2006. *Determinación del efecto analgésico de las hojas de Ficus carica L.* Universidad de Cuenca, Cuenca : 2006. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20260/1/TESIS.pdf>
  
- ESTEBAN NIETO, Nicomedes Teodoro. 2018. *Tipos de Investigación*. Universidad Santo Domingo de Guzman, Lima: 2018. Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/bitstream/USDG/34/1/Tipos-de-Investigacion.pdf>
  
- GARCIA FLORES DE NIETO, Basilia Vilma. 2019. *Contaminación de agua por metales pesados As, B, Cu, Pb, Cd y Cn - en las cuencas de los ríos Tambo, Quilca, Camaná y Ocoña de la Región Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa: 2019. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10764>
  
- GUTIERREZ MARTÍNEZ, Paulina Beatriz. 2015. *Biomonitoreo de metales pesados en hojas y frutos de guayabo (Psidium guajava L.) y de guamúchil (Pithecellobium dulce (Roxb.) Benth.) en el Área Metropolitana de Guadalajara*. Universidad de Guadalajara, Zapopan, Jalisco: 2015. Disponible en: <http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/handle/123456789/5918>

- HERNÁNDEZ, Adela. 2011. *Determinación de metales pesados en suelos de natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca*. Universidad de la Sierra Juárez, Ixtlán de Juárez, Oaxaca: 2011. Disponible en: <http://eca-suelo.com.pe/wp-content/uploads/2018/08/50.-CONTAMINACI%C3%93N-DE-METALES-PESADOS-EN-SUELOS-DE-NATIVIDAD-IXTLAN-DE-JUARES-OAXACA.pdf>

- HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos y Baptista Lucio, Pilar. 2014. *Metodología de la Investigación*. 6ta. s.l.: McGraw-Hill Interamericana, 2014. 151. Disponible en <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

- KHALID REHMAN Hakeem, y otros. 2015. *Soil Remediation and Plants Prospects and Challenges*. s.l.: Elsevier, 2015. Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/soil-remediation-and-plants-prospects-and-challenges/oclc/891384744>

- LARIOS BAYONA, María, GIMENO GARCÍA, Eugenia, ANDREU PÉREZ, Vicente y MARTÍ VERGÉ, Esther. 2014. *Niveles de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb y Zn en los suelos de ribera de la cuenca del Río Turia*. Universidad de Lleida, Barcelona: 2014. Disponible en: <https://www.recercat.cat/handle/10459.1/69296>

- LAZO CUENTAS, Estefanía Alejandra. 2017. *Evaluación de la contaminación Ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del Parque Industrial de Río Seco, Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa: 2017. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2413>

- LONDOÑO FRANCO, Luis Fernando, LONDOÑO MUÑOZ, Paula Tatiana y MUÑOZ GARCÍA, Fabián Gerardo. 2016. *Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal*. Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín :2016. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/307948295> LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL

- MONGE QUISPE, Karina. 2018. *Determinación de la concentración de los metales pesados en los sedimentos en el Rio Chili de la Provincia de Arequipa Región Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa : 2018. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6906/AMmoquk.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- NUÑEZ ALBERCA, Maria de los Angeles. 2019. *Cuantificación de Metales pesados cobre(cu), cadmio(cd) y cromo(cr) en alfalfa (Medicago sativa) variedad california en el pueblo tradicional de Congata, 2018*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequip, Arequipa: 2019. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9072>

- OHIAGU, Franklyn O., y otros. 2020. *Bioacumulación y evaluación de riesgos para la salud de metales pesados en Musa paradisiaca, Zea mays, Cucumeropsis manii y Manihot esculenta cultivadas en Onne, estado de Rivers, Nigeria*. Environmental Analysis Health and Toxicology, Estado de Rivers : 2020. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7374184/>

- ORDOÑEZ MACHICAO, Noe. 2020. *Análisis de la calidad del agua en el Río Chili (distritos de Tiabaya y Uchumayo) antes y después de la puesta en marcha y operación de la planta de Tratamiento de agua residuales "La enlozada"*

*aplicando un modelo matemático*". Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa: 2020. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11135/UPorman.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- PARVAIZ Ahmad y M.N.V. Prasad. 2012. *Abiotic Stress Responses in Plants Metabolism, Productivity and Sustainability*. s.l.: Springer, 2012. Disponible en: <https://b-ok.lat/book/1256977/bf9555?id=1256977&secret=bf9555>

- PEREIRA MORALES, César Andrés, y otros. 2011. *Edafología 1*. Universidad de Caldas, Caldas: 2011. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/handle/123456789/7381?show=full>

- PÉREZ PALACIOS, Enmanuel de Jesús y Blandón Laguna, Melvin Enrique. 2015. *Evaluación de sistemas productivos agrícolas bajo prácticas agronómicas y culturales sostenibles de productores de tres microcuencas de Ciudad Darío, Matagalpa I Semestre 2015*. Universidad Autónoma de Nicaragua, Managua, Matagalpa: 2015. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2872/>

- PINTO PAREDES, Melanny Alejandra. 2018. *Calidad de agua superficial en el río Chili - en los sectores de Sachaca, Jacobo Hunter, Tiabaya y Uchumayo para uso de riego de vegetales y bebida de animales en la provincia de Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa: 2018. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6160>

- PUCHA MORA, Luis Alejandro. 2016. *Evaluación de nueve accesiones de higo (Ficus carica L.) en la estación experimental del austro del INIAP, cantón Gualaceo provincia del Azuay - Ecuador*. Universidad de Cuenca, Cuenca: 2016. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25205/1/tesis.pdf>

- REVILLA FERNÁNDEZ, Lleshi Ann y CARPIO TORRES, Karen Claudia. 2017. *Influencia de la temperatura, tiempo y PH en la formulación del licor de higo (ficus carica L) en base a pruebas sensoriales en la región de Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa: 2017. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3405>
- ROJAS CROTTE, Ignacio Roberto. 2011. *Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica*. Toluca, Mexico: s.n., 2011. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/38942>
- VILCA CASTRO, Fiorella y GORDILLO VILCA, Yomelly Bertha. 2016. *"Retención de Metales Pesados en suelos y su impacto ambiental. Caso: Aguas Residuales - Parque Industrial Río seco"*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa: 2016. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3276/QUvicaf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- YUPANQUI MENDOZA, Matilde y BERNABÉ ORTIZ, Julio César. 2018. *Grado de contaminación del río Chili por oligoelementos metálicos y su efecto en el cultivo de Illium cepa L.(cebolla) en el subsector de riego - Tiabaya*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa: 2018. Disponible en: <https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/rc/article/download/1341/1100>

## ANEXOS

### Anexo 1

**Tabla 14.** Matriz de Consistencia

BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS CROMO(CR), CADMIO(CD) Y PLOMO(PB) EN LA PLANTA DE HIGOS ( <i>FICUS CARICA</i> ) EN EL DISTRITO DE UCHUMAYO, AREQUIPA – 2021					
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
¿ La planta de higo ( <i>Ficus carica</i> ), presenta metales pesados en concentraciones que superan los máximos permitidos según normas internacionales en el distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021?	Determinar la concentración de metales pesados (Cromo, Cadmio, Plomo) presentes en la planta de higos( <i>Ficus carica</i> ) en el distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021.	La planta <i>Ficus carica</i> acumula metales pesados en la raíz.  <b>Hipótesis específicas:</b>  Existe relación entre la acumulación de metales pesados en suelos y la bioacumulacion de metales pesados en las raíces de higos ( <i>Ficus carica</i> ).	<b>UNIVARIABLE</b>  Concentración de metales pesados (Cromo, Cadmio y Plomo) en raíz y fruto	Metales pesados en raíz	<b>Tipo de investigación</b> Básica  <b>Diseño</b> No experimental, descriptivo, transversal  <b>Población</b> Todas las plantas de Ficus carica en el distrito de Uchumayo  <b>Muestra</b> 10 plantas de Ficus carica  <b>Tipo de muestreo</b>
<b>Problemas específicos:</b>  ¿Cuánto es la concentración de Cromo(Cr), Cadmio(Cd) y Plomo(Pb) que se acumula en los suelos de	<b>Objetivos específicos:</b>  Evaluar el concentración de Cromo(Cr), Cadmio(Cd) y Plomo(Pb) en los suelos donde crece <i>Ficus</i>			Metales pesados en fruto	

cultivo de Higos ( <i>Ficus carica</i> ), distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021?	<i>carica</i> del distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021.	Existe relación entre la acumulación de metales pesados en suelos y la bioacumulación de metales pesados en los frutos de higos ( <i>Ficus carica</i> )			Muestreo intencional o de conveniencia en zig zag
¿Cuánto es la concentración de Cromo(Cr), Cadmio(Cd) y Plomo(Pb) que se acumula en las raíces de higueras( <i>Ficus carica</i> ) del distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021?	Evaluar la concentración de Cromo(Cr), Cadmio(Cd) y Plomo(Pb) que se acumula en las raíces de higueras( <i>Ficus carica</i> ) del distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021.			Características del suelo	
¿Cuánto es la concentración de Cromo(Cr), Cadmio(Cd) y Plomo(Pb) que se acumula en los frutos de higueras( <i>Ficus carica</i> ) en su etapa de maduración adulta en el distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021?	Evaluar la concentración de Cromo(Cr), Cadmio(Cd) y Plomo(Pb) que acumulan los frutos de higueras ( <i>Ficus carica</i> ) del distrito de Uchumayo, Arequipa, 2021 en su etapa de maduración adulta.				

## Anexo 2

**Tabla 15.** Operacionalización de variables.

BIOACUMULACIÓN DE METALES PESADOS CROMO(CR), CADMIO(CD) Y PLOMO(PB) EN LA PLANTA DE HIGOS ( <i>FICUS CARICA</i> ) EN EI DISTRITO DE UCHUMAYO, AREQUIPA – 2021					
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
UNIVARIABLE  Concentración de metales pesados bioacumulados en raíz y fruto	<b>Metales pesados:</b> se les denomina a los elementos metálicos pesados, que son tóxicos para la unidad biológica celular en los seres vivos. Por otro lado, estos elementos metálicos en concentraciones menores son benéficos, más en concentraciones elevadas pueden ser tóxicos.  <b>Bioacumulación:</b> Los organismos concentran contaminantes en sus tejidos mediante un proceso denominado bioacumulación, que implica el aumento progresivo de la cantidad de sustancia en los tejidos de un organismo como consecuencia de que la velocidad	La concentración de metales pesados acumulados, serán medidos a través de las concentraciones de cromo, cadmio y plomo presentes en las raíces y frutos de <i>Ficus carica</i> ; la concentración de metales pesados será realizada a través de Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. Por el método BHIOS-FQ-008.	Metales pesados en raíz	Cadmio	mg/Kg
				Plomo	mg/Kg
				Cromo	mg/Kg
			Metales pesados en fruto	Cadmio	mg/Kg
				Plomo	mg/Kg
				Cromo	mg/Kg
			Características del suelo	Cadmio	mg/Kg
				Plomo	mg/Kg
				Cromo	mg/Kg
Características de zonas de muestreo	Zona en relación a ubicación y altura de fuentes de agua	Coordenadas UTM y msnm			



	de absorción supera la capacidad del organismo para eliminar dicha sustancia. (Coto. 2014)				
--	--	--	--	--	--

### Anexo 3

Informe de análisis de concentración (mg/kg) de Cd, Pb y Cr en fruto de higo Zona A



**INFORME DE ENSAYOS Nº 0831 - 2021**  
**PÁGINA 2 DE 2**

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	HIGOS EN UCHUMAYO A1 FRUTO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.03543	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.0098	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	0.08561	mg/Kg

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	HIGO EN UCHUMAYO A2 FRUTO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.01267	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.0252	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	0.18514	mg/Kg

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	HIGOS EN UCHUMAYO A3 FRUTO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.03901	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.0173	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	0.10940	mg/Kg

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	HIGOS EN UCHUMAYO A4 FRUTO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.00165	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.0126	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	0.13719	mg/Kg

**RESULTADOS**

LAB	DETERMINACIÓN	HIGOS EN UCHUMAYO A5 FRUTO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.00189	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.0111	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	0.10292	mg/Kg

**ABREVIATURAS:**

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

**MÉTODOS UTILIZADOS :**

Elemento Cd : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

Elemento Pb : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

**OBSERVACIONES :**

Resultados expresados en Base Húmeda.

**FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS :** FQ 24/02/2021 al 05/03/2021

**FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS :** 05/03/2021



*Miguel Valdivia Martínez*

**Bigo. Miguel Valdivia Martínez**  
**Gerente Técnico**

Fin del Informe

## Anexo 4

Informe de análisis de concentración (mg/kg) de Cd, Pb y Cr en raíz de higo Zona A



### INFORME DE ENSAYOS N° 0839- 2021 PÁGINA 2 DE 2

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAÍCES EN UCHUMAYO A1 RAÍZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.02101	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.3839	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	2.98400	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAÍCES EN UCHUMAYO A2 RAÍZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.03217	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.7533	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	3.51901	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAÍCES EN UCHUMAYO A2 RAÍZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.03217	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.7533	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	3.51901	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAÍCES EN UCHUMAYO A4 RAÍZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.03625	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.3892	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	2.70553	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAÍCES EN UCHUMAYO A5 RAÍZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.02432	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.4305	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	5.13537	mg/Kg

#### ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cd : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

Elemento Pb : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

#### OBSERVACIONES :

Resultados expresados en Base Humeda.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 24/02/2021 al 05/03/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 05/03/2021



  
Bigo. Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico

## Anexo 5

Informe de análisis de concentración (mg/kg) de Cd, Pb y Cr en suelos Zona A



### INFORME DE ENSAYOS N° 0835- 2021 PÁGINA 2 DE 2

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO AGRÍCOLA EN UCHUMAYO A1 SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.02743	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	1.6906	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	2.27265	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO AGRÍCOLA EN UCHUMAYO A2 SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.04190	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	3.2817	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	3.26166	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO AGRÍCOLA EN UCHUMAYO A3 SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.06207	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	2.4537	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	1.09331	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO AGRÍCOLA EN UCHUMAYO A4 SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.05990	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	2.2896	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	1.60438	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO AGRÍCOLA EN UCHUMAYO A5 SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.04308	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	2.1614	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	2.51637	mg/Kg

#### ABREVIATURAS:

mg/Kg

: Miligramos por kilogramo

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.  
Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.  
Elemento Cr : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

#### OBSERVACIONES :

Resultados expresados en Base Humeda.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 24/02/2021 al 05/03/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 05/03/2021



  
Bigo. Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico

Fin del Informe

## Anexo 6

Informe de análisis de concentración (mg/kg) de Cd, Pb y Cr en fruto de higo Zona B



### INFORME DE ENSAYOS N° 0891 - 2021 PÁGINA 2 DE 2

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HIGO EN UCHUMAYO B1 FRUTO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.00317	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.0147	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	0.07496	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HIGO EN UCHUMAYO B2 FRUTO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.00221	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.0220	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	0.08171	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HIGO EN UCHUMAYO B3 FRUTO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.00519	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.0114	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	0.08984	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HIGOS EN UCHUMAYO B4 FRUTO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.00585	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.0121	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	0.11740	mg/Kg

#### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	HIGO EN UCHUMAYO B5 FRUTO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.00358	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.0179	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	0.06477	mg/Kg

#### ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cd : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

Elemento Pb : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frío. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

#### OBSERVACIONES :

Resultados expresados en Base Humeda.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 25/02/2021 al 05/03/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 05/03/2021



*[Signature]*  
Blgo. Miguel Valdivia Martínez  
Gerente Técnico



## Anexo 7

Informe de análisis de concentración (mg/kg) de Cd, Pb y Cr en raíz de higo Zona B



INFORME DE ENSAYOS N° 0901 - 2021

PÁGINA 2 DE 2

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAÍCES EN UCHUMAYO B1 RAÍZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.13488	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	11.2692	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	13.34330	mg/Kg

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAÍCES EN UCHUMAYO B2 RAÍZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.24143	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	3.2748	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	15.43631	mg/Kg

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAÍCES EN UCHUMAYO B3 RAÍZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.10019	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.6502	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	3.36413	mg/Kg

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAÍCES EN UCHUMAYO B4 RAÍZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.05783	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.9199	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	4.07162	mg/Kg

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	RAÍCES EN UCHUMAYO B5 RAÍZ	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.07692	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	0.6918	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	6.12126	mg/Kg

#### ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cd : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

Elemento Pb : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

Elemento Cr : BHIOS-FQ-008. Determinación de Metales por Espectrofotometría de Absorción Atómica, Hidruros y Vapor Frio. (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Cadmio, Calcio, Cobalto, Cromo, Cobre, Estaño, Hierro, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Niquel, Plomo, Potasio, Selenio, Sodio, Zinc). Versión 02-2011

#### OBSERVACIONES :

Resultados expresados en Base Humeda.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 25/02/2021 al 05/03/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 05/03/2021

Bigo. Miguel Vaidivia Martínez  
Gerente Técnico

Fin del Informe

## Anexo 8

Informe de análisis de concentración (mg/kg) de Cd, Pb y Cr en suelos Zona B



**INFORME DE ENSAYOS N° 0896- 2021**

**PÁGINA 2 DE 2**

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO AGRÍCOLA EN UCHUMAYO B1 SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.37571	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	53.2267	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	20.27399	mg/Kg

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO AGRÍCOLA EN UCHUMAYO B2 SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.18736	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	7.2180	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	38.97757	mg/Kg

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO AGRÍCOLA EN UCHUMAYO B3 SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.06469	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	1.7226	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	1.37361	mg/Kg

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO AGRÍCOLA EN UCHUMAYO B4 SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.04203	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	1.8579	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	1.73381	mg/Kg

### RESULTADOS

LAB	DETERMINACIÓN	SUELO AGRÍCOLA EN UCHUMAYO B5 SUELO	UNIDADES
FQ	Elemento Cd	0.15615	mg/Kg
FQ	Elemento Pb	6.3322	mg/Kg
FQ	Elemento Cr	17.25690	mg/Kg

#### ABREVIATURAS:

mg/Kg : Miligramos por kilogramo

#### MÉTODOS UTILIZADOS :

Elemento Cd : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.  
 Elemento Pb : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.  
 Elemento Cr : Environmental Protection Agency. Method 3050B. Acid Digestion of Sediments, Sludges and Soils. Revision 1996.

#### OBSERVACIONES :

Resultados expresados en Base Humeda.

FECHAS DE EJECUCIÓN DE LOS ENSAYOS : FQ 25/02/2021 al 05/03/2021

FECHA DE EMISIÓN DEL PRESENTE INFORME DE ENSAYOS : 05/03/2021



  
**Blgo. Miguel Valdivia Martínez**  
 Gerente Técnico

Fin del Informe

Ficha N°1 Cuaderno de campo

UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO	Distrito	Provincia	Departamento	
Fecha:				
Nombre del responsable:				
Zona:				
Coordenadas (WGS 84)	Latitud:		Tipo de muestra:	
	Longitud:		Altitud:	
Cantidad de muestra:		Código de punto de muestreo:		
Observaciones				



Dra. Gladis H. Peralta Alarcón  
C.B.P. 2648  
Investigador UNSA  
ORCID 0000-0002-0820-6121



BLGA. NOELIA LIZ  
NEIRA PERALTA  
CBP 11092



DR. ELMER BENITES ALFARO  
CIP 71998  
Investigador CONCYTEC. Código Renacyt: P0034858



Ficha N°2 Resultados de concentración de metales pesados (Cadmio, Plomo, Cromo)


Zona:	Descripción de zona:									Observaciones:
Código de Punto de muestreo	Concentración de metales pesados (Cadmio, Plomo, Cromo)									
	Cadmio (Cd) en suelo (mg/kg)	Plomo (Pb) en suelo (mg/kg)	Cromo (Cr) en suelo (mg/kg)	Cadmio (Cd) en raíz (mg/kg)	Plomo (Pb) en raíz (mg/kg)	Cromo (Cr) en raíz (mg/kg)	Cadmio (Cd) en fruto (mg/kg)	Plomo (Pb) en fruto (mg/kg)	Cromo (Cr) en fruto (mg/kg)	



Dra. Gladis H. Peralta Alarcón  
C.B.P. 2648  
Investigador UNSA  
ORCID 0000-0002-0820-6121



BLGA. NOELIA LIZ  
NEIRA PERALTA  
CBP 11092



DR. ING. ELMER BENITES ALFARO  
CIP 71998  
Investigador CONCYTEC. Código Renacyt: P0014858

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1

I. DATOS GENERALES

- 1.1 Apellidos y Nombres: Benites Alfaro Elmer  
 1.2 Cargo e institución donde labora: UCV-LN  
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cuaderno de campo  
 1.4 Autor(A) de Instrumento: Araoz Zegarra, José Manuel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE 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	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										X			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										X			
8. COHERENCIA	Exite coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										X			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño 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. OPINION DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



DR. ELMER BENITES ALFARO  
 CIP 71998  
 Investigador CONCYTEC, Código Renacyt: P0034858

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: Benites Alfaro Elmer  
 b. Cargo e institución donde labora: ucv-LN  
 c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Resultados de concentración de metales pesados (Cadmio, Plomo, Cromo)  
 d. Autor(A) de Instrumento: Araoz Zegarra, José Manuel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE 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	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										x			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										x			
8. COHERENCIA	Exite coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										x			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño 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			

x

III. xOPINION DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

x

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

85%



ELMER BENITES ALFARO  
 CIP 71998  
 Investigador CONCYTEC. Código Renacyt. P0034856

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1**

**I. DATOS GENERALES**

1.1 Apellidos y Nombres:

Dra. Gladis H. Paralta Alarcón

1.2 Cargo e institución donde labora

Docente Universidad Nacional de San Agustín

1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: Cuaderno de campo

1.4 Autor(A) de Instrumento:

Araoz Zegarra, José Manuel

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE 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	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicaciones.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño 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. OPINION DE APLICABILIDAD**

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

SI

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

90



Dra. Gladis H. Paralta Alarcón  
C.B.P. 2648  
Investigadora UNSA  
ORCID 0000 - 0002 - 0820 - 6121



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2

### I. DATOS GENERALES

a. Apellidos y Nombres:

Dra. Gladis H. Paralta Alarcón

Cargo e institución donde labora: Docente Universidad Nacional de San Agustín

b. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Resultados de concentración de metales pesados (Cadmio, Plomo, Cromo)

c. Autor(A) de instrumento:

Araoz Zegarra, José Manuel

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE 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 la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos 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 diseño 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. OPINION DE APLICABILIDAD

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

SI

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN

90



.....  
 Dra. Gladis H. Paralta Alarcón  
 C. B. P. 2648  
 Investigador UNSA  
 ORCID 0000 - 0002 - 0820 - 6121

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 1**

**I. DATOS GENERALES**

- 1.1 Apellidos y Nombres: **Bga. Noelia L. Neira Peralta**  
 1.2 Cargo e institución donde labora: **Científica de producción en ELLUME-QLD-Australia**  
 1.3 Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cuaderno de campo**  
 1.4 Autor(A) de Instrumento: **Araoz Zegarra, José Manuel**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE 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	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Exite coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño 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. OPINION DE APLICABILIDAD**

El instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

si

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

no  90

  
 BLGA. NOELIA LIZ  
 NEIRA PERALTA  
 CBP 11092

**VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO 2**

**I. DATOS GENERALES**

- a. Apellidos y Nombres: **Blga. Noelia L. Neira Peralta**  
 b. Cargo e institución donde labora: **Científica de producción en ELLUME-QLD-Australia**  
 c. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Resultados de concentración de metales pesados (Cadmio, Plomo, Cromo)**  
 d. Autor(A) de Instrumento: **Araoz Zegarra, José Manuel**

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE 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	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Exite coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño 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. OPINION DE APLICABILIDAD**

El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación

*Li*

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN**

90

*Li*  

**BLGA. NOELIA LIZ NEIRA PERALTA**  
**CBP.11092**



## Anexo 9

Fotografías de la problemática actual en el distrito de Uchumayo-Arequipa



**Figura 32.** Efluentes producto del Parque Industrial Río Seco atravesando la Quebrada de Añashuayco.



**Figura 33.** Uso de aguas de Quebrada de Añashuayco para actividades agrícolas en el valle de Añashuayco.

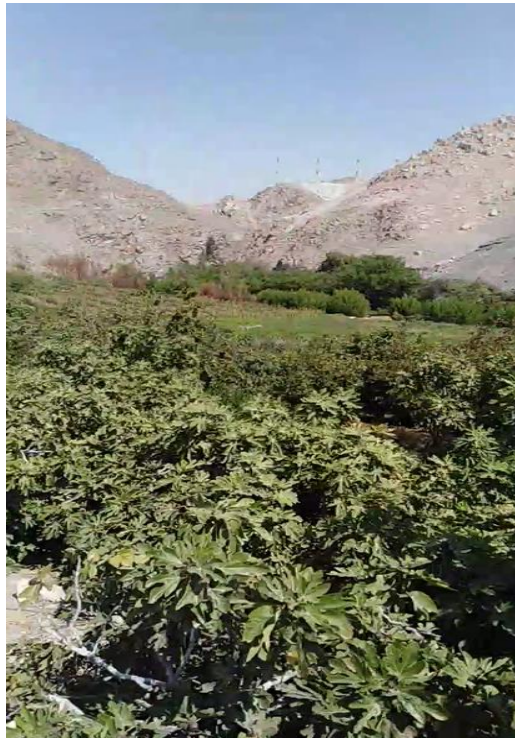


## Anexo 10

Fotografías de zonas de muestreo para la presente investigación



**Figura 34.** Zona Valle de Añashuayco cerca de aguas de Manantial.



**Figura 35.** Zona Valle de Añashuayco cerca de aguas de río Chili.

## ANEXO 11

**Tabla 16.** Niveles máximos permisibles de los contaminantes por tipo de alimento NC 493:2015.

Norma Cubana de Contaminantes Metálicos en Alimentos – Regulaciones Sanitarias

<b>Tipo de Alimento</b>	<b>Pb</b>	<b>Cd</b>
Frutas y sus productos		
Frutas frescas	0.1	0.05

Nota: Todos los valores que se indican en la tabla se expresan en ppm (mg/kg ó mg/L)

Nota<sup>1</sup>: Para el mercado de Mercosur y el Asiático.

## ANEXO 12

**Tabla 17.** Parámetros del Límite Máximo de Cromo en Alimentos GB 2762 – 2012

Norma Nacional de la República Popular de China

<b>Clases(nombres) de los Alimentos</b>	<b>Límite Máximo (Cr) Mg/kg</b>
Hortalizas y sus productos	0.5
Hortalizas frescas	