



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA QUIMICA



TESIS

**DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE CADMIO Y MERCURIO
EN CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) OBTENIDA EN LOS
DISTRITOS DE TARACO Y COATA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO - 2022**

PRESENTADO POR:

SEVERO HUAQUIPACO ENCINAS

PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS

MENCION EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

PUNO, PERU

2022



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRIA EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA QUIMICA
TESIS



**DETERMINACION DE LA CONCENTRACION DE CADMIO Y MERCURIO
EN CAÑIHUA (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) OBTENIDA EN LOS
DISTRITOS DE TARACO Y COATA DEL DEPARTAMENTO DE PUNO - 2022**

PRESENTADO POR:
SEVERO HUAQUIPACO ENCINAS
PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
MENCION EN SEGURIDAD INDUSTRIAL Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

.....
Dr. PEDRO ALVARO EDWIN GALLEGOS PASCO

PRIMER MIEMBRO

.....
Mg. Sc. HIGINIO ALBERTO ZUÑIGA SANCHEZ

SEGUNDO MIEMBRO

.....
Dra. MARIA RODRIGUEZ MELO

ASESOR DE TESIS

.....
Dr. TEOFILO DONAIRES FLORES

Puno, 20 de diciembre del 2022

ÁREA: Investigación

TEMA: Seguridad y Medio Ambiente

LÍNEA: Recursos Naturales y Medio Ambiente



DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo



AGRADECIMIENTOS

A mis docentes y en especial mi asesor de tesis



INDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
INDICE DE ACRONIMOS	x
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. Marco teórico	3
1.1.1. Cañihua	3
1.1.2. Importancia nutricional de la cañihua	4
1.1.3. Metales pesados	4
1.1.4. Cadmio (Cd)	5



1.1.4.1. Intoxicación por Cadmio	5
1.1.5. Mercurio (Hg)	5
1.1.5.1. Intoxicación por mercurio	5
1.1.6. Contaminación y afectación de la planta por metales pesados.	5
1.1.7. Normas Internacionales sobre los Límites Máximos Permisibles (LMP)	6
1.1.8. Seguridad de los alimentos	7
1.1.9. Que es la desviación estándar relativa	7
1.2. Antecedentes	8

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

2.1. Identificación del problema	14
2.2. Enunciado del problema	16
2.2.1. Problema general	16
2.2.2. Problemas específicos	17
2.3. Justificación	17
2.4. Objetivos	21
2.4.1. Objetivo general	21
2.4.2. Objetivos específicos	21
2.5. Hipótesis	21
2.5.1. Hipótesis general	21



2.5.2. Hipótesis específicas	21
------------------------------	----

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar de estudio	22
3.2. Población	22
3.3. Muestra	22
3.4. Método de investigación	23
3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	24
3.6. Procesamiento de la muestra	26

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados	37
4.2. Contrastación de hipótesis	39
4.2.1. Contrastación de hipótesis específica 1:	39
4.2.1.1 Prueba la normalidad de datos.	39
4.2.1.2. Coeficiente de correlación de Pearson	42
4.2.2 Contrastación de hipótesis específica 2:	44
4.2.2.1 Prueba de normalidad	44
4.2.2.2. Coeficiente de correlación de Pearson	45
4.2.3 Contrastación de hipótesis específica 3:	48



4.2.3.1 Prueba de normalidad	48
4.2.3.2. Cálculo de coeficiente de correlación de Spearman (r)	49
4.3 DISCUSIÓN	52
CONCLUSIONES	54
RECOMENDACIONES	55
ANEXOS	67



INDICE DE TABLAS

	Pág.
1. Lugar y fecha de recojo de muestras cañihua	23
2. Datos de recolección de muestras	27
3. Equipos	34
4. Materiales	35
5. Insumos	36
6. Resultados prueba normalidad concentración de cadmio	41
7. Coeficiente correlación variable concentración de cadmio	42
8. Prueba de normalidad variable concentración de mercurio	44
9. Coeficiente correlación variable concentración de mercurio	46
10. Prueba normalidad variable relación cadmio y mercurio	48
11. Coeficiente de correlación variable relación cadmio mercurio	50



INDICE DE FIGURAS

	Pág.
1.Recolección de muestras Coata	26
2. Recolección de muestras de Taraco	27
3. Mapa de ubicación lugares de muestreo Taraco y Coata	28
4. Etiquetado muestras Coata y Taraco	29
5. Instrumento de pesado de muestras	29
6. Molienda de muestras de cañihua	30
7. Pre digestión y filtración de muestras	31
8. Digestión de muestras	32
9. Analizador directo de mercurio vista frontal	32
10. Espectrómetro 4210 MP – AES	33
11.Contenido de cadmio (Cd) muestra cañihua Taraco	37
12.Contenido de cadmio (Cd) muestra cañihua Coata	38
13.Contenido de mercurio (Hg) muestra cañihua Coata	38
14.Contenido de mercurio (Hg) muestra cañihua Taraco	38
15.Contenido promedio de cadmio (Cd) muestra cañihua Taraco y Coata	39
16.Contenido promedio de mercurio (Hg) muestra cañihua Taraco y Coata	39



INDICE DE ANEXOS

	Pág.
1. Cuadro Matriz de Consistencia:	67
2. Legislación Europea	68
3. Legislación MERCOSUR	69
4. Legislación Brasileña	70
5. Análisis de laboratorio	71
6. Certificado de operatividad	73
7. Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson r	78



INDICE DE ACRONIMOS

MERCOSUR	: Mercado Común del Sur.
MINAM	: Ministerio del Medio Ambiente.
DAPRO	: Dirección de Análisis Productivo.
INDECOPI	: Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
TDF	: Fibra Dietética Total.
MINSA	: Ministerio de Salud.
RSD	: Desviación Estándar Relativa.
UE	: Unión Europea.
CODEX	: Código.
ECAs	: Estándar de Calidad Ambiental.
LMP	: Límite Máximo Permisible.
USEPA	: Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.
USA	: Estados Unidos de América.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
NMP	: Método del Número más Probable.
INIA	: Instituto Nacional de Innovación Agraria.
PTE	: Elementos Potencialmente Tóxicos.
NOAA	: Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica.
EUA	: Estados Unidos de América.
CEQG	: Guías de Calidad Ambiental Canadiense.
PCM	: Presidencia del Consejo de Ministros.



- ISQG : Guía Provisional de Calidad de Sedimentos.
- DMA : Analizador Directo de Mercurio.
- EPA : Agencia de Protección Ambiental.
- MW : Megavatio.
- AA : Absorción Atómica.
- MP-AES : Espectrómetro de Emisión Atómica de Plasma por Microondas.



RESUMEN

La minería, la industria, los fertilizantes, los insecticidas, las aguas residuales y los desechos sólidos de las ciudades han provocado la contaminación de los suelos, el agua, los animales y las plantas con metales pesados como el cadmio, el mercurio y otros, que ponen en peligro la seguridad alimentaria y la salud pública en todo el mundo. El objetivo del estudio es determinar si las concentraciones de cadmio y mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno se encuentran dentro de los máximos límites establecidos por la Unión Europea, Mercosur y la Legislación Brasileña ya que aún no existe normativa nacional. Con un planteamiento cuantitativo, diseño no experimental, de tipo aplicada, usando el método de cuantificación de Hg y Cd por analizador directo de mercurio y espectrometría de absorción atómica de microondas respectivamente. Los resultados mostraron que la concentración promedio de cadmio en cañihua en el distrito de Coata fue del 0.0668 mg/kg y en el distrito de Taraco fue del 0.0718 mg/kg y la concentración media de mercurio en el distrito de Coata fue del 0.0014 mg/kg y en el distrito de Taraco fue del 0.00184 mg/kg. Concluyéndose que, si bien las muestras manifiestan presencia de cadmio y mercurio, estas no superan los límites permitidos para alimentos (cereales y otros) según legislación de la Unión Europea, Mercosur y Brasileña. La relación entre cadmio y mercurio tiene un coeficiente de Spearman (r) = -0.3446 que indica una correlación negativa baja.

Palabras clave:

Cadmio, cañihua, concentración, mercurio, metales pesados.



ABSTRACT

Mining, industry, fertilizers, insecticides, sewage and solid waste of cities have caused the soils contamination, water, animals and plants with heavy metals such as cadmium, mercury and others, that endanger food safety and public health around the world. The objective of the research is determined if the concentrations of mercury in cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtained in the districts of Taraco and Coata in the Puno department are established at the maximum limits by the European Union, Mercosur and Brazilian Legislation because does not exist national regulation yet. With a quantitative approach, non-experimental design of the applied type, using the Hg and Cd quantification method by direct mercury analyzer and microwave atomic absorption spectrometry respectively. The results indicate that the average concentration of cadmium in cañihua was 0.0668 mg/kg in Coata district and in Taraco district it was 0.0718 mg/kg and the average concentration of mercury in the Coata district was 0.0014 mg/kg. kg and in Taraco district it was 0.00184 mg/kg. Concluding, even though the samples show the presence of cadmium and mercury, they do not exceed the limits allowed for food (cereals and others) according to European Union, Mercosur and Brazilian legislation. The relationship between cadmium and mercury has a Spearman coefficient ($r = -0.3446$) indicating a low negative correlation.

Keywords:

Cadmium, cañihua, concentration, mercury, heavy metals.

INTRODUCCIÓN

Las actividades mineras en nuestro país, especialmente a pequeña escala, son peligrosas para el ser humano y el entorno. Por una parte, la eliminación de residuos que contengan metales pesados como el Hg y por otro lado la minería aurífera, implica el uso de mercurio para amalgamar oro, y los desechos a menudo se acumulan en los cauces y riberas de los ríos. Así mismo la minería ilícita e irresponsable contamina las fuentes de agua y por ende perjudica a la población al utilizar elevadas cantidades de agua y producir abundantes restos tóxicos (MINAM, 2016).

A partir de la perspectiva de la toxicología alimentaria, son de esencial trascendencia los metales pesados, debido a que ocasionan diversos cambios en el cuerpo con secuelas para la salud, debido a ello se debería aumentar, potenciar y considerar su análisis en las exportaciones de comida. Los metales pesados son elementos naturales de enorme peso molecular, extensamente distribuidas y usadas. Entre los metales mayormente contaminantes se hallan: el cromo (Cr), el cobalto (Co), el hierro (Fe), el cobre (Cu), el manganeso (Mn), el zinc (Zn) y el vanadio (V), que son fundamentales en los procesos bioquímicos. El plomo (Pb), mercurio (Hg), arsénico (As) y cadmio (Cd) no poseen efectos servibles para el organismo (Lopez et al., 2019).

Los impactos por metales pesados en el suelo, arsénico, mercurio, plomo superan los modelos de calidad ambiental del suelo y el límite máximo permisible de sedimentos, también presentes en los sedimentos del suelo de los ríos (Crucero, Carabaya, Cuyo Cuyo), provocando impactos en la biodiversidad, los ecosistemas y la cuenca de la torrentera del Ramis al Titicaca (Ayamamani, 2019).

A nivel mundial, nacional y regional, los metales pesados son elementos naturales con pesos atómicos elevados y al menos cinco veces la densidad del agua. Debido a sus diversos usos industriales, domésticos, agrícolas, médicos y técnicos, se encuentra ampliamente distribuido en el medio ambiente. Suscitando preocupación por los posibles impactos en la salud humana y el medio ambiente (Tchounwou et al., 2012).

Tanto cuantitativa como cualitativamente, el tema de la seguridad alimentaria es de máxima prioridad para el desarrollo global sostenible. Tanto la seguridad alimentaria como la salud humana se han visto amenazadas recientemente por los efectos adversos de la contaminación imprevista en la calidad de los cultivos. El metabolismo humano

puede verse alterado por metales pesados y metaloides, lo que aumenta la morbilidad y la mortalidad. Ejemplos de estas impurezas incluyen Hg, As, Pb, Cd, y Cr, que están asociados con peligros para la salud humana. Estos subsistemas también analizan las posibles rutas de migración de metales pesados alrededor del mundo. También se proporciona una descripción completa de los mecanismos de translocación fisiológicos y químicos/moleculares que subyacen a la absorción de contaminantes metálicos por parte de las plantas comestibles (Prabhat et al., 2019).

Desde ese punto de vista, el trabajo busca determinar si la concentración de cadmio y mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno se encuentran dentro de los márgenes máximos aceptables fijados por MERCOSUR, la Unión Europea y la Legislación brasileña. Presentando la investigación ordenada en cuatro capítulos: el primero versa sobre las bases teóricas y antecedentes; el segundo aporta la problemática, justificación, objetivos e hipótesis; el tercer capítulo es la descripción de la metodología utilizada y el último capítulo presenta los resultados a los cuales se arribaron, así como la contrastación de hipótesis utilizando estadística inferencial. Por lo que los aportes del presente trabajo de investigación son:

- Cuantificación de la concentración de cadmio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.
- Cuantificación de la concentración de mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.
- Determinación de la relación entre los niveles de cadmio y mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.

CAPITULO I

REVISION DE LITERATURA

1.1. Marco teórico

1.1.1. Cañihua

La cañihua es un cultivo andino que viene recobrando su lugar ante el olvido, inclusive, por los propios agricultores de cañihua. Para integrarse otra vez como alimento fundamental en la dieta cotidiana poblacional campestre y semiurbana, para que la humanidad pueda volver a consumir cañihua en productos de cereales versátiles. (Mamani, 2020).

La cañihua contiene proteínas de mayor valor natural que la quinua, así como fibra. Se considera un comestible funcional, con un alzado contenido proteico del 15.7 a 18.8% (Apaza, 2010).

La planta se siembra y crece en condiciones de poca lluvia y en suelos de escasa fertilidad y elevada salinidad. Este cultivo posee la función de adaptabilidad y resiliencia a los efectos del cambio climático (sequías, heladas y granizadas y otros fenómenos climáticos extremos), donde los campos de cañihua cobran vida con plantas de color amarillo, verde, naranja, rosa, rojo o morado proporcionando vida a un espacio frío donde la temperatura mínima alcanza los 265 K (DAPRO, 2020).

La cañihua es un vegetal herbáceo de tamaño bajo de la familia Chenopodiaceae. Los pseudocereales milenarios de los andes son pseudocereales producidos por la planta cañihua, de alto valor nutritivo, aptos para el consumo humano, especialmente lactantes (niñas y niños) y gestantes (Mamani & Aliaga, 2018).

Kañiwa, kañawa, kañahua, kañagua, quitacañigua, ayara, cuchiquinua.

Aimara: iswalla hupa, ahara hupa, aara, ajara, cañahua, kañawa.

Español: cañihua, cañigua, cañahua, cañagua, kañiwa.

Inglés: kaniwa, canihua.

Son los nombres frecuentes por los que se llama a la cañihua (INDECOPI, 2018).

La cañihua se considera nutricionalmente crítica en comparación con otros cultivos y artículos entregados en Bolivia. También tiene valiosas propiedades como la tolerancia a las bajas temperaturas y, sobre todo, la ausencia de saponinas en las semillas, pero su principal problema es la pérdida de semillas durante la producción, lo que indica que es una variedad en evolución (Coarite et al., 2017).

Cañihua, considerado un superalimento, debido a su elevado valor nutricional, que supera al de la quinua (Caceres, 2018).

1.1.2. Importancia nutricional de la cañihua

Los atributos nutricionales de la cañihua son notables y mayores a otros granos, haciéndolo importante y útil para la salud humana. La cañihua posee proteínas de 15 a 19%, también contiene ácidos grasos poliinsaturados (2,6%) como el $\omega 6$ (ácido linoleico) y es una excelente fuente de mezclas fenólicas, con elevada acción antioxidante (1509, 80 μg trolox/g), Es una fuente alternativa a los cereales típicos como alimento humano. (Bartolo, 2013).

Entre los componentes de los granos andinos se estudiaron los granos integrales (quinua, kiwicha y canihua); el contenido de fibra dietética total (TDF) varía de 9,29 a 20,0% (Ligarda et al., 2021).

1.1.3. Metales pesados

La presencia de los metales pesados descritos en el medio ambiente y en los alimentos puede provocar diversas intoxicaciones que provocan daños irreparables en la salud humana y animal, siendo graves y teratogénicas, cancerígenas e incluso mortales. Es importante señalar que altas concentraciones de estos metales en el organismo modifican procesos bioquímicos y fisiológicos que provocan distintas patologías. Del

mismo modo, las personas deben ser conscientes de cómo proteger y preservar el medio ambiente del enemigo silencioso de los "metales pesados" (Londoño et al., 2016), los cuales son un grupo de elementos químicos con pesos atómicos entre 63,55 y 200,59. Dependiendo de la concentración, sus iones y compuestos son particularmente tóxicos y, por lo tanto, tienen cierta toxicidad para los humanos. Esta categoría incluye los elementos químicos: Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Cromo (Cr), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Níquel (Ni), Plomo (Pb), Estaño (Sn) y Zinc (Zn) (Rangel, 2017).

1.1.4. Cadmio (Cd)

1.1.4.1. Intoxicación por Cadmio

El envenenamiento por cadmio es un cambio bioquímico y fisiológico en el cuerpo humano que se manifiesta como signos y síntomas resultantes de la relación de esta toxina con uno de sus compuestos dependiendo de la dosis y vía de exposición. (MINSA, 2015a).

1.1.5. Mercurio (Hg)

1.1.5.1. Intoxicación por mercurio

El envenenamiento por mercurio es un cambio bioquímico y fisiológico en el cuerpo humano causado por la interacción de esta toxina con los efectos de cualquiera de sus compuestos, dependiendo de la dosis y vía de exposición. (MINSA, 2015b).

1.1.6. Contaminación y afectación de la planta por metales pesados.

Las actividades industriales y mineras liberan metales tóxicos como plomo, mercurio, cadmio, arsénico y cromo al medio ambiente. Cuando estas toxinas metálicas permanecen en el medio ambiente, contaminan el suelo y se acumulan en las plantas, son extremadamente dañinas para la salud humana y la mayoría de los organismos vivos (Larioja.org, 2016).

- El primer paso para entrar en la cadena alimentaria es la absorción de metales pesados por las plantas y la posterior acumulación dependen de:
- Transferencia de metales de la solución del suelo a las raíces de las plantas
- Los metales pasan a través de la membrana de las células en el ritidoma de la raíz.

- Transporte de metal desde las células de la corteza hasta la xilema. Desde allí, la solución que contiene metales se traslada desde las raíces hasta los tallos.
- Posibilidad de movilización de metales foliares por floema a tejidos de almacenamiento utilizados para la alimentación (semilla, tubérculo, fruto). Una vez absorbidos por las plantas, los metales quedan disponibles para los herbívoros y los humanos, ya sea directamente o a través de la cadena trófica. (Chaney, 1988).

Las actividades mineras durante la extracción de oro dan como resultado la formación de grandes cantidades de sólidos en suspensión, alta turbidez que excede los estándares aceptables, contaminación del agua, suelo y biodiversidad (Mina, 2017).

Los peligros de los metales son los contaminantes del suelo que se encuentran en su "biodisponibilidad". Estos contaminantes metálicos con una alta biodisponibilidad pueden ingresar a la cadena alimentaria e incluso afectar la salud del hombre. El suelo contaminado con metales pesados no solo es un problema donde eliminamos estos compuestos, sino que llegan a nuestros alimentos y por ende a nuestro organismo, creando carencias y toxicidad (Barrio, 2017).

La presencia y la concentración de metales pesados (cadmio, plomo y mercurio) son inferiores a los estándares de calidad ambiental para el agua de riego, el pH y la conductividad son inferiores, entretanto que el aluminio y el hierro sobrepasan los límites fijada por la ECA para fines de regadío. (Villanueva, 2018).

En la ciudad urbanizada de La Habana, Cuba, las concentraciones de cobre, plomo, zinc y cadmio en suelos cultivables próximos a las emisiones variaron en los siguientes rangos: cadmio (0,24–2,1 mg/kg), cobre (38,4–81,3 mg/kg), plomo (18,1–138,5 mg/kg) y zinc (44,1–294,7 mg/kg) (Olivares et al., 2013).

1.1.7. Normas Internacionales sobre los Límites Máximos Permisibles (LMP)

La acumulación de Cd según las normas internacionales de MERCOSUR (mercado común del sur) es igual a 0, 10mg/kg (Mercosur, 2011).

La concentración de Cd según las normas internacionales de la Unión Europea es igual a un contenido máximo de 0.10 mg/kg y la concentración de Hg según la legislación brasileña es igual 0.01 mg/kg (Díaz, 2014).

1.1.8. Seguridad de los alimentos

Se pueden vender solo alimentos inocuos. Se considera inofensivo un alimento si: Sin efectos adversos en la salud; Debe ser considerado apto para el consumo humano por una autoridad sanitaria competente; y Cuando se prepara y/o consume de acuerdo con el uso previsto, no causará daño al cliente.

Si un alimento inocuo pertenece al mismo lote de las mismas especificaciones, todos los alimentos de ese lote o lotes se considerarán inseguros a menos que un estudio detallado diga lo contrario así mismo se prohíbe la comercialización y consumo de productos alimenticios de procedencia desconocida o dudosa, dañados o declarados inservibles por las autoridades sanitarias competentes (El Peruano, 2008).

1.1.9. Que es la desviación estándar relativa

La desviación estándar relativa (% RSD) es una medida estadística de la dispersión de un conjunto de datos con respecto a su media, se calcula dividiendo la desviación estándar de los datos por la media, se expresa en porcentaje y su valor es siempre positivo, se utiliza para indicar la dispersión de la muestra de los datos; cuanto mayor sea el valor de %RSD, hay más dispersión en ellos, además cuanto menor sea el %RSD, más cerca estarán los datos a la media (PENET, 2022).

1.2. Antecedentes

A nivel global, nacional y local, reconocemos que la contaminación por metales pesados y metaloides ha aumentado a tal punto que está afectando gravemente la sanidad pública, la salud alimentaria y el medio ambiente. El Pb, Hg, Ar y el Cd son los metales pesados y metaloides que presentan mayores secuelas tóxicas en la sanidad del hombre. Los metales pesados se encuentran en fuentes naturales y antropogénicas, suelo, agua, aire, plantas, desechos industriales, agricultura intensiva con agroquímicos, industria y combustibles fósiles. En el cuerpo del hombre se acumulan los metales pesados como el Pb, Hg, el Cd y el Ar en concentraciones cada día más altas (Polo & Sulca, 2019).

En cuanto a los metales pesados, la UE especifica niveles extremos para esta clase de alimentos de 0,1 mg/kg para Cd y Hg y 0,2 mg/kg para Pb en su resumen “Niveles máximos de metales pesados en alimentos” (Díaz, 2014).

Del total de advertencias reportadas en 2020 (277), se identificaron 280 riesgos, de los cuales el 53% fueron riesgos químicos, el 22% riesgos biológicos, el 11% etiquetas y advertencias al consumidor, el 8% riesgos físicos, el 4% riesgos estructurales riesgos y el 2% tenía otro riesgo. De los riesgos químicos identificados (148), 80 se destacaron por la detección de productos fitosanitarios, 20 por la detección de mercurio por encima de los parámetros legales y 9 por la presencia de micotoxinas (Madrid Salud, 2020).

La acumulación de As, Cd y Pb en muestras de arroz pulido y sin pulimentar investigadas en este análisis fueron inferiores a los parámetros permitidos en el grupo de arroz por el CODEX. Asimismo, la acumulación de estos metales en el arroz importado y local comprado para este análisis han estado en los parámetros recomendados accesibles y, por lo que la mayoría de ellos no estaban contaminados con metales pesados. Las concentraciones de plomo en arroz fueron de una manera significativa más altas comparativamente con las concentraciones de arsénico y cadmio logradas. Las agencias o instituciones responsable de la regulación de alimentos debe analizar muestras regularmente para concentraciones de metales (Agyeibea, 2016).

La existencia y las acumulaciones de metales (Cd, Pb y Hg) fue menor que el agua de riego ECAs, con pH y conductividad mínimos. Mientras que el aluminio y el hierro para agua de riego superan los límites de la ECAs (Villanueva, 2018).

También se identificaron alimentos vegetales con alto contenido en metales, con altas concentraciones determinadas por indicadores: frutas, hierbas, raíces y tubérculos, legumbres, hortalizas, cereales. El 93% de As, el 33% de Cd y el 33% de Pb excedieron el LMP en los productos alimenticios evaluados. Determinación de mercurio en tubérculos (papas). Se concluyó que los ecuatorianos estuvieron expuestos a ingerir alimentos contaminados con metales pesados (Romero, 2020).

Se encontró evidencia de impurezas en los granos de arroz, principalmente Cr (7 de 30 muestras), Cd (6 de 30 muestras) y Pb (3 de 30 muestras), en algunas de las muestras más analizadas. valor superado. Normas europeas desarrolladas por la Comisión del Código Alimentario. Por lo tanto, estos elementos se transfieren del suelo al arroz (Tineo & Periche, 2019).

En el primer mes del año de 2016, Perú ratificó los artículos del tratado del acuerdo de Minamata, que impone al territorio a detener emisiones de Hg y verificar a las localidades vulnerables en riesgo. El tratado entró en vigor en agosto del 2017, y este análisis dio una de las primeras evaluaciones integrales de la exposición al mercurio en personas mineras y no mineras, así como para féminas en edad fértil. Finalmente, dichos resultados garantizan la necesidad de hacer más averiguaciones sobre los impactos en la salud después de ser expuesto al Hg (Wyatt et al., 2017).

De acuerdo con el documento conservación y uso sostenible de ecosistemas para la provisión de servicios eco sistémicos se estima que más de 3.000 toneladas de mercurio han ingresado a la afluyente de la Amazonía en los últimos 20 años, contaminando el agua, los organismos acuáticos y las personas que consumen el agua y los peces (MINAM, 2017).

El uso excesivo de plaguicidas podría ser un factor de contaminación de los alimentos. La mayor parte de las causas de la contaminación son el uso inapropiado de productos químicos en la producción de la tierra y en las labores esenciales de mantenimiento, la insuficiente gestión, orientación y evaluación de productores y expertos especialistas, y el uso insuficiente de plaguicidas. La selección de productos vegetales fueron alcachofa, banana, aceituna, cebolla, esparrago, limón, mandarina, uva, mangó, naranja, castaña, aguacate, pimienta y tomate (Delgado et al., 2018).

En Puno esta contaminación se presenta a 4500 m.s.n.m. Los estudios de agua arrojaron concentraciones por encima de los ECAs para agua Perú: Ar (800 mg/m^3) máximo; y Pb (76 mg/m^3) máximo. De la misma forma, se han reportado concentraciones sobre los límites permisibles (USEPA USA) en sedimentos: As (152 mg/kg) máximo, Hg ($0,140 \text{ mg/kg}$) máximo y Pb (55 mg/kg) máximo, que es el resultado de la utilización destemplada de Hg utilizada en la recuperación de oro en Rinconada y Ananea, que también están creando cantidades expansivas de materia en suspensión y, en el impacto, el despilfarro de la superficie. Las altas concentraciones reportadas de metales tóxicos y la existencia de ocupaciones mineras en los tramos elevados de la cuenca Ramis (Sub cuencas Azángaro y Ayaviri) contribuidas por los pasivos de las mineras Cecilia (Pb y Zn), San Rafael y Arasi a los avances de la contaminación registrada (Cornejo & Pacheco, 2014).

El agua de la cuenca LLallimayo en la clausura de la mina ARASI S.A.C. de la zona de Puno tiene valores de 260 a 186.2 mgHg/m^3 de líquido y superan los máximos permitidos según los estándares internacionales de la OMS y el MINSA (Soloisolo, 2022).

En cuanto al mercurio supera el valor máximo permisible (NMP) con una acumulación de 6.8 mg/m^3 durante la fase de aceleración en los puntos de muestreo N° 01, N° 03 y N° 06. 1.93 mg/m^3 , 7.22 mg/m^3 . Asimismo, metales como As, Cd, Cr, Pb, Cu y Zn fueron detectados bajo NMP por descargas de aguas residuales líquidas de actividades minero-metalúrgicas. Establecido en el D.S. 010-2010-MINAM. Varios elementos, como el hierro y el mercurio, superaron los estándares establecidos en algunas zonas de estudio, concluyendo así que el nivel de contaminación en la zona de estudio es alto (Quecaño, 2018).

El contenido de Cd fue de $0,94 \pm 0,35 \text{ mg/kg}$, el contenido de Pb fue de $2,22 \pm 0,81 \text{ mg/kg}$ y Zn fue de $99,12 \pm 9,11 \text{ mg/kg}$ de contenido de metales pesados en dos cultivares de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) del distrito de Illpa INIA, región Puno. Supera los valores normales establecidos por el código alimentario y las normas cubanas. El contenido de metales pesados de las semillas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) del distrito de Cupi, región Puno fue Cd $0,65 \pm 0,24 \text{ mg/kg}$, Pb $1,80 \pm 0,24 \text{ mg/kg}$ y Zn $160,35 \pm 18,74 \text{ mg/kg}$, ligeramente superior al valor normal establecido por el código alimentario y las normas cubanas (Cari, 2017).

El río Progreso de Puno se encuentra levemente contaminado con los metales pesados As y Hg, con concentraciones por debajo del modelo de calidad ambiental. Sin embargo, la minería informal al final de la cuenca puede aumentar la concentración de metales pesados como el arsénico y el mercurio (Condori, 2018).

La ingesta dietética de agua junto a estos minerales tiene un impacto social y afecta la salud de las comunidades costeras. El 70% de la población manifestó estar en riesgo de padecer enfermedades gastrointestinales por exposición a metales pesados. El segundo efecto social se refleja en el consumo de alimentos vegetales y animales (arroz, camarones) en el río Ocoña. (Garcia, 2019).

La escasez de agua potable en la población hace que el 96,2% de las personas consuma agua de pozos y manantiales. Los grifos destinados al uso humano no han sido probados para metales pesados, y los alimentos que consumen provienen de animales de pastoreo y alimentos de origen vegetal un área adyacente a relaves mineros que suministra arsénico. Las personas muestran resultados de metales pesados mayores del 57,8% se puede mostrar la presencia de arsénico por encima del estándar y el 2,2% tiene mercurio, cadmio y plomo de metales pesados el indicador está dentro del rango normal (Guzmán, 2020).

Se encontraron niveles de Hg de 1,31 mg/kg y niveles de Cd en avena de 1,26 mg/kg. Estos dos minerales rebasan los LMP. El mercurio puede alterar la fotosíntesis, inhibir el crecimiento y degradar la absorción de potasio, y el cadmio es un subproducto de las fundiciones de zinc y puede aumentar sus impurezas en los fertilizantes (Vargas, 2017).

Esta averiguación tuvo como propósito estudiar la acumulación de PTE y la variación espacial y calidad del sistema suelo-arroz en la ciudad de Babao. Descubrimos que los valores promedio de todos los PTE eran superiores que los valores de fondo de Yunnan, y la superficie del suelo estaba amenazada principalmente por Cd y Hg (Tian et al., 2021).

Los rangos de concentración mínima y máxima fueron 4,10 mg/kg cromo, 0,10 mg/kg cadmio y 3,75 mg/kg plomo y 28,42 mg/kg cromo, 0,70 mg/kg cadmio y 16,50 mg/kg plomo respectivamente. Se ha encontrado que ciertos valores mínimos superan los valores extremos establecidos por las Normas de Calidad Ambiental para Suelos del

Ministerio del Ambiente del Perú. Se identificó como probable causa de la contaminación el impacto de las aguas servidas antropogénicas de la ciudad de Juliaca, Perú (Quispe et al., 2019).

El cumulo de contaminantes inorgánicos (metales pesados) en partes del medio ambiente es un grave problema a nivel global, debido a que muchas veces provienen de ciudades e industrias con un manejo inadecuada de los desechos (Salas et al., 2020).

Los vegetales regados con agua del cauce inferior del afluente de Coata ampliaron la captación de metales Cd, Pb, Cu y Zn tanto en la parte aérea como en las raíces en medio del arreglo en desarrollo. Esto probablemente se deba al aumento de la materia orgánica en el suelo. Los cationes metálicos crean compuestos altamente solubles, lo que permite que el maíz absorba más metales (Flores, 2018).

Cari (2017), menciona el nivel de metales pesados en cañihua de la zona Illpa-INIA de la región Puno, con un contenido de cadmio de 0.94 ± 0.35 mg/kg, también señala que determinó el contenido de metales pesados en cañihua de la zona de Cupi de la región Puno que tiene un nivel de cadmio de 0.65 ± 0.24 mg/kg, superando en ambos, los valores normales establecidos por el Codex Alimentarius y la Norma Cubana.

Huamani (2018), señala que el contenido de metales pesados tóxicos en tres variedades de cañihua como son: Chilliwa, Planta purpura y Cañihua roja, estuvo por debajo de los límites máximos permisibles según la Unión Europea que es de 0.1 mg/kg para cadmio y mercurio.

Alcocer & Huaman (2018) mencionan que la concentración media de cadmio en quinua es de 0.175 mg/kg con cifras extremas de 0.08 y 0.28, superó el 73% de las muestras el LMP dados por MERCOSUR y Unión Europea, también señala que la concentración promedio de Mercurio en quinua es de 0.005 mg/kg con cifras extremas de 0.001 y 0.011, superó el 45% de las muestras el LMP dado por la Legislación Brasileña, así mismo en cuanto a la relación entre los metales analizados concluye que tienen correlación positiva los metales Arsénico y Cadmio; y Mercurio y Plomo, lo cual indica que la concentración de estos metales se ve influenciados mutuamente, más no se acepta considerando el coeficiente de correlación de Pearson.

Lavado (2017) encontró que en la quinua comercializada en Lima Metropolitana del 100% de las muestras escogidas 50% de ellas superan los límites en cadmio



comparados con los valores establecidos por la Unión Europea y Mercosur donde 30% de ellas son de venta ambulancia con los siguientes índices: quinua amarilla cadmio 0.13 mg/kg, quinua, quinua negra cadmio 0.23 mg/kg, quinua roja 0.15 mg/kg y el 20% de ellas son de venta envasada con los siguientes índices: quinua amarilla cadmio 0.19 mg/kg, quinua roja cadmio 0.16 mg/kg también menciona que existe una relación entre las concentraciones de plomo y cadmio, $r = 0.4736$ lo que puede interpretarse como una correlación positiva moderada en el sentido de que el 47% de la concentración total se debe a la presencia de plomo 53% con cadmio dependiendo de la variedad de quinua de los centros de abasto de Lima Metropolitana.

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. Identificación del problema

Nacional:

El mercurio, plomo, arsénico, cadmio, cobre, cromo, etc. es el resultado de la contaminación del agua, los suelos, las plantas y los organismos; por causa de la minería, la industrialización, los fertilizantes, los productos químicos y otras sustancias que eran comunes del avance de las sociedades avanzadas, han contribuido al aumento exagerado de metales. A esto se suman variables como el cambio climático, el impacto de los viveros, la deforestación y el deterioro de los activos vegetales y animales normales. La amenaza de estos metales en la naturaleza va en aumento (Londoño et al., 2016). La polución química resulta por la presencia en los alimentos de determinados productos químicos que resultan nocivos o tóxicos a corto, medio o extenso periodo (Elika, 2013)..

El envenenamiento humano por metales tóxicos depende del estado químico, las vías de absorción y las concentraciones de elementos químicos que pueden ser tóxicos para la salud humana, como daño cerebral, daño óseo, renal, hepático y pulmonar; es un problema que también afecta el sistema nervioso, el sistema reproductivo y el sistema inmunitario, y a menudo provoca cáncer y la muerte (Rangel, 2017).

La contaminación del suelo, el agua y el debate por semimetales y metales venenosos es uno de los principales peligros reales para la alimentación y el bienestar general a escala mundial y local. Este análisis aborda los problemas específicos de contaminación ambiental y alimentaria por Hg, As, Cd y Pb. Discute las fuentes y los

efectos sobre los organismos, y su contaminación y destino en los alimentos y productos destinados al consumo humano. (Reyes et al., 2016).

Los metales tóxicos tienen un papel importante en la homeostasis de las células vivas. Sin embargo, estos elementos provocan diversos efectos ambientales adversos y toxicidad que afectan gravemente a las células y organismos vivos. En los últimos años, se ha informado que algunos contaminantes de metales tóxicos afectan negativamente la calidad de los cultivos, afectando la seguridad alimentaria y la salud humana (Munir et al., 2022).

Regional:

Las cuestiones ambientales que presenta la zona de Puno afectan directa o indirectamente en la condición de vida de la comunidad y la economía regional. Puno tiene una demografía de más del 50% en extrema pobreza y su población se divide en dos unidades geográficas: la sierra con la hondonada del lago Titicaca y la selva con una variedad de especies silvestres exclusivo en el mundo. También existen otras culturas asentadas en la zona, los quechuas y los aimaras, cuyas actividades económicas: agricultura, textil, comercio y minería se distinguen territorialmente, a las que se suman las actividades pesqueras, petroleras, forestales, energéticas y turísticas (DAR Puno, 2012).

La contaminación alimentaria está causada por la proximidad de ciertos componentes que pueden tener efectos nocivos o venenosos a breve, mediano o dilatado plazo. Uno de estos componentes son los metales pesados. La proximidad de estos metales en la alimentación puede ser una realidad debido a algunos suplementos relacionados con la contaminación y el daño que causa al bienestar. Metales tal como el Ar, Cd, Hg, Pb y otros utilizados en las fábricas para procesar combustibles, baterías, fertilizantes, etc. y tienen la propiedad de acumularse en plantas y elementos líquidos, haciéndolos extremadamente resistentes a su degeneración y difíciles de controlar (Falero, 2021).

La Rinconada en el departamento de Puno – Perú, es un lugar donde se dedican bastante a la extracción de oro artesanal, donde las cabeceras de cuenca arroyos vienen siendo vertidas con desechos y relaves. La cantidad de mercurio encontrada fue de 9 y 373 mg/kg, Las muestras al 100% sobrepasaron los LMP de la NOAA (EUA) y de los

CEQG. Con estos índices se confirmó que la zona se encuentra totalmente contaminado por este metal y representa un elevado peligro para la salud pública y el medio ambiente comprometidos (Loza & Ccancapa, 2020).

Local:

El lago Titicaca y sus afluentes se ven afectados por las aguas residuales de la minería responsable e irresponsable, así como por las aguas residuales domésticas sin tratar de las ciudades aledañas a la cuenca. Este efecto se observó para las concentraciones de elementos sobre grandes ríos y lagos en las cuencas hidrográficas del modelo de calidad del agua (ECAs), como Ramis y Suches, donde los niveles de sedimentos y metales pesados eran altos (Comisión Multisectorial para la Prevención y Recuperación Ambiental del Lago Titicaca y sus Afluentes, 2014).

La contaminación metálica de la zona rural causada por las inundaciones del afluente Ramis se debe a la minería espontánea e ilegal en la zona de Ananea de San Antonio de Putina. A partir de 2017, el río Torococha, que desemboca en el río Coata en el lago Titicaca, estaba amenazado por la contaminación y los desechos sólidos de la ciudad de Juliaca. También provocado por los relaves mineros, se detectó agua que contenía metales pesados como arsénico, mercurio y otros, provocando la muerte de animales, en especial de animales acuáticos, la contaminación del suelo, y por ende de cultivos locales por este desbordamiento en épocas de lluvia, ha afectado la salud de personas con presencia de metales pesados en el cuerpo.

2.2. Enunciado del problema

Los metales pesados son originados por la naturaleza y es importante su seguimiento en los alimentos, ya que algunos integran parte de estos, por lo que es muy difícil su forma de expulsión. Por lo cual en el presente trabajo se cuestiona lo siguiente:

2.2.1. Problema general

¿Excederán las concentraciones de cadmio y mercurio en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno - 2022?

2.2.2. Problemas específicos

- ¿Superarán la concentración de cadmio en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno?
- ¿Superarán la concentración de mercurio en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno?
- ¿En qué medida se relacionan los niveles de cadmio y mercurio en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno?

2.3. Justificación

La investigación beneficiará a niños, adolescentes, adultos, adultos mayores y la sociedad, ya que el cultivo de granos andinos como la cañihua, la quinoa y otros ha sido empujado desde hace muchos años fuera del mercado y actualmente muestra un gran impulso en su estudio y aprovechamiento, el hecho de que los consumidores busquen ahora alimentos que sean nutricionalmente beneficiosos y que además tengan propiedades preventivas de las diversas patologías que actualmente aquejan a la población, como son las enfermedades cardio vasculares, el cáncer, enfermedades relacionadas con el estrés, cuyo número ha aumentado a niveles sin precedentes. Se ha observado que esta cifra se reduce con el consumo de alimentos vegetales que contienen cantidades significativas de compuestos con actividad antioxidante, evitando la oxidación y permitiendo un equilibrio entre los efectos oxidativos y antioxidantes generados por los compuestos exógenos asociados a aspectos relacionados con la dieta, como fenoles, vitaminas y oligoelementos, etc. (Cruz, 2013).

La cañihua se debe consumir ya que tiene un elevado valor nutritivo, más que la quinua, tiene un elevado contenido de Hierro, de simple asimilación por el organismo, no posee saponina o sea no es amarga (Amachi & Arapa, 2011). La cañihua es buena en oligoelementos como el Zn, el P y el Ca, y es conocida por sus sustancias vitamínicas altas, lo que la hace diferente entre los demás alimentos. Su utilización permite evitar la insuficiencia de vitaminas más que cualquier otra, en grupos indefensos como los niños, las mujeres embarazadas y los ancianos. La cercanía de las vitaminas B como la tiamina, la riboflavina y el niacina (que actúan como cofactores en diferentes formas metabólicas) contribuye completamente al control del marco ansioso, evitando el movimiento de la

fragilidad y el sistema de digestión de los glúcidos y lípidos. Es fuente de ácidos grasos saludables, rico en $\omega 3$, $\omega 6$, $\omega 9$, buena interacción $\omega 6/\omega 3$ (8/1) y carencia de ácidos grasos trans, lo que lo convierte en un alimento recomendado para la prevención de patologías cardiovasculares (Torrejón et al., 2016).

Aclaro que la cercanía de metales abrumadores dentro del medio ambiente y en la alimentación puede causar teratogenicidad, tumores y diferentes intoxicaciones que son irreversibles para los organismos y el bienestar humano y son tan peligrosos como el paso, por lo que elegimos explorar las causas de estos metales. Es imperativo tener en cuenta que altas concentraciones de estos metales dentro del cuerpo pueden modificar las formas bioquímicas y fisiológicas, causando diferentes infecciones. En la expansión, la humanidad es consciente de que es excepcionalmente crítico para preservar y asegurar el medio ambiente de los enemigos sin ruido "metales abrumadores" algún tiempo recientemente es tan tarde. Por ello es necesario con urgencia reducir al enemigo silencioso en la industria, minería, en la zona agropecuaria, Incluso en lugares menos útiles (Londoño et al., 2016).

Uno de los granos andinos menos estudiados y que tiene una elevada importancia nutricional es la cañihua. Gracias a su contenido, también cuenta con una equilibrada proporción de aminoácidos de alta calidad, especialmente rica en lisina, isoleucina y triptófano similar a la caseína. El consumo como harina es muy limitado, incluso más que la quinua. Sin embargo, tiene un contenido óptimo de compuestos fenólicos totales y exhibe excelentes propiedades bioactivas con alta capacidad antioxidante. Los científicos dan testimonio de su alto contenido en fibra, que tiene en los clientes un impacto positivo en su salud, y también se le atribuyen beneficios medicinales, como reducir el colesterol y mejorar la digestión. Por lo tanto, la cañihua se considera un alimento importante en la dieta humana como complemento de los cereales regulares (Cari, 2017).

Se identifica a nivel global y local el creciente problema de la contaminación por metales pesados, que representa una grave amenaza para la salud, la seguridad alimentaria y el medio ambiente (Reyes et al., 2016). El problema de la polución del líquido elemento es un problema global. El aprovisionamiento de Ramis dentro de la cordillera de Puno no es ajeno a este problema, ya que el desfiladero minero está disminuyendo cerca de la parte superior del cauce. El agua de este río es muy importante para los pobladores que la utilizan para la alimentación, la agricultura y la ganadería (Huayhua et al., 2018).

El inicio del conflicto social y ecológico por la contaminación de los ríos 'Ramis' por los efectos tóxicos de la minería aurífera en Ananea: 'Rinconada' y 'Lunar de Oro'; reduce la productividad agrícola y empeora la vitalidad de los agricultores con trastornos. La ganadería y el cultivo de patata son una gran preocupación para los agricultores. Una necesidad inmediata en el conflicto social y ecológico es el cierre de las minas antes mencionadas para proteger la agricultura y la ganadería (Quispe & Layme, 2021).

Con el Decreto Supremo Nro. 092-2019-PCM se declara estado de emergencia por 60 días naturales en los distritos de Coata, Huata, Capachica, Caracoto y Juliaca de la región de Puno, por peligro inaplazable de contaminación de las fuentes de agua destinada al consumo humano; determinar las medidas inmediatas necesarias para reducir el riesgo potencial para la salud pública (El Peruano, 2019).

Argota et al. (2009), menciona que, las aguas han mostrado un impacto de toxicidad letal aguda muy unido a dilución completa al 50% finalmente, se ha demostrado que el Pb y el Cd se bioacumulan. En resumen, el agua del Ramis tiene efectos ecológicamente tóxicos. El grado de cadmio en agua del río Ramis (Taraco) es de 0.26 +/- 0.03 ppm.

La presencia de Hg en las aguas de la cuenca hidrográfica del arroyo Ramis está relacionada principalmente con las actividades mineras en esta zona, y tiende a sedimentarse y almacenarse a lo largo de la torrentera del Ramis (Taraco). Durante el monitoreo se observaron niveles de 0,19 a 0,14 mg/kg de sedimento. Una estimación basada en la ISQG (Guía provisional de calidad de sedimentos) es 170mg/m³ de sedimento (Comisión Multisectorial para la Prevención y Recuperación Ambiental del Lago Titicaca y sus Afluentes, 2014).

Quispe et al. (2019), determina la cantidad de cadmio en suelos de Coata en dos épocas diferentes del año, inundación y en sequía en el año 2017 que fueron respectivamente de 0.10 mg/kg y 0.70 mg/kg. La presencia de Hg en aguas de la afluyente del Coata fue 0.2 mg/m³ y en cadmio de 0.5mg/m³. (Chata, 2015). Según el estudio de calidad del agua del río Coata en la desembocadura del río Torococha este último afecta negativamente la calidad de las aguas del río Coata (Gutierrez, 2018).

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) es una planta andina que crece principalmente en las tierras altas de Puno. Es un cultivo con potencial para la industria

agrícola (Flores, 2021). La cañihua es una industria joven porque su producción es muy baja en comparación con otros cultivos, y durante años su cultivo estuvo enfocado principalmente al autoconsumo y era prácticamente desconocido en diferentes regiones del Perú. Las tácticas propuestas en el Plan Estratégico se enfocan en popularizar la kañiwa entre los habitantes de la localidad y difundirla en los EE. UU., la UE y Canadá (las principales regiones importadoras de kañiwa), lo que da como resultado una alta cadena, la mecanización del cultivo y la mejora genética de la semilla de cañihua para crecer de forma sostenible y rentable la convierten en el tercer cultivo andino más grande obtenido y consumido a nivel mundial y el segundo más grande de la nación (Arnillas et al., 2013).

En relación con las medidas de adaptación para mitigar los efectos negativos del cambio climático, se propone un escenario que implica considerar la posibilidad de reemplazar 10% del área sembrada de papa, frijol y maíz, que requiere menos agua, con otros cultivos alternativos más rentables y resistentes a los impactos del cambio climático como la quinoa y la cañihua (Tonconi, 2015).

Necesitamos continuar desarrollando nuestra capacidad para analizar compuestos orgánicos mientras impulsamos la demanda de este tipo de análisis sin descuidar el control de metales tóxicos e inorgánicos (Rodríguez, 2012).

La siguiente investigación es viable y se llevó a cabo en las localidades de Coata y Taraco con diferentes productores y acopiadores de cañihua de la zona, también se tuvo facilidades en el laboratorio donde se hizo la determinación de metales pesados, en cuanto a bibliografía es amplia.

2.4. Objetivos

2.4.1. Objetivo general

Determinar la concentración de cadmio y mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de taraco y Coata del departamento de Puno -2022.

2.4.2. Objetivos específicos

- Cuantificar la concentración de cadmio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.
- Cuantificar la concentración de mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.
- Determinar si existe relacion entre los niveles de cadmio y mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Puno.

2.5. Hipótesis

2.5.1. Hipótesis general

La cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno contiene cadmio y mercurio en elevadas concentraciones.

2.5.2. Hipótesis específicas

- La concentración de cadmio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, superan los valores establecidos en la Legislación de la Unión Europea y MERCOSUR.
- La concentración de mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, superan los parámetros establecidos en la Legislación Brasileña.
- Existe relación entre las concentraciones de cadmio y mercurio en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de estudio

El trabajo ha sido desarrollado dentro de la localidad de Taraco a: $15^{\circ}17'54''S$ $69^{\circ}48'44''O$ y Coata a: $15^{\circ}34'16''S$ $69^{\circ}57'01''O$ estas localidades se encuentran en Puno, Perú, entre los 3.812 - 3872 m. s. n. m. , en el sureste del país, en la meseta del Collao, estos lugares son particularmente importantes para el desarrollo de la investigación ya que discurren los ríos de Ramis y Coata que atraviesan las zonas antes mencionadas, los cuales presentan alta contaminación según estudios realizados por diversos investigadores, causadas por aguas servidas, por la presencia de minería, utilización de fertilizantes, plaguicidas, por ende la contaminación ambiental. El alto valor proteico de este grano lo hace particularmente muy importante comparado con otros cereales y pseudocereales para la seguridad alimentaria.

3.2. Población

5000 g de Cañihua (*Chenopodium Pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno en el mes de julio del 2022.

3.3. Muestra

Una prueba puede ser un subconjunto de la población cuyos componentes se eligen mediante pruebas de probabilidad y no probabilidad. La investigación cuantitativa recopila datos cuantitativos para determinar las relaciones entre las variables. Las técnicas de muestreo pueden identificar a los miembros de la muestra que probablemente proporcionen la información más relevante para fines de investigación. Se recolectaron

aleatoriamente diez muestras a granel en bolsas de plástico inerte que contenían 250 g de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) producida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, cabe mencionar que para ello se recolectaron diez muestras de cañihua de los distritos antes mencionados. Se eligió una muestra no probabilística por conveniencia para realizar este estudio, la población objetivo es pequeña, por lo que se convierte en la prueba. De acuerdo con la teoría, una prueba se realiza cuando la población es ilimitada o excepcionalmente grande.

Tabla 1*Lugar y fecha de recojo de muestras cañihua*

Nro.	Fecha	Distrito	Comunidad	Sector
Muestra				
M_01	20-07-2022	Coata	Feria	Feria (miércoles)
M_02	21-07-2022	Taraco	Feria	Feria (jueves)
M_03	21-07-2022	Coata	LLuco	Ccotasi
M_04	21-07-2022	Taraco	Tumi grande	Huayrapata (Antoniani pampa)
M_05	21-07-2022	Coata	Carata	Putucuni (Chimcha)
M_06	21-07-2022	Taraco	Tumi grande	Huayrapata
M_07	20-07-2022	Coata	C.P. Almozanche	LLuco (Pampa Tóquela)
M_08	21-07-2022	Taraco	Tumi grande	I Chapiñuro (Patascachi)
M_09	20-07-2022	Coata	LLachahui	LLachahui
M_10	21-07-2022	Taraco	Tumi grande	II Sector (Puente Ramis)

3.4. Método de investigación

La información encontrada y la relación entre los factores de investigación se retratan, por lo que el método es de correlación y descriptivo. Diseño no experimental.

Representa una variable que se observa directamente y no se puede observar manipulando. Un diseño no experimental es aquel que se ejecuta sin control deliberado de los factores. Para analizarlo, esencialmente observamos o medimos los fenómenos que suceden en circunstancias normales. En todo caso, se trata de estudios en las que no se pretende cambiar una variable independiente para probar los impactos sobre otras variables (Hernández & Mendoza, 2018).

3.5. Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

- **Descripción de variables analizadas en los objetivos específicos**

Esta ponderación permite decidir la circunstancia actual de las concentraciones abrumadoras de metales en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) obtenida dentro de las zonas de Taraco y Coata de la región de Puno. Los factores a considerar dentro de la evaluación de los componentes metálicos mencionados se miden inmediatamente dentro de un tiempo caracterizado.

- **Metodología por objetivo general**

La población objeto de este estudio lo constituyo la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen), cuyas muestras obtenidas de los distritos de Coata y Taraco, se recolectaron usando muestreo no probabilísticos 5 por distrito, los cuales fueron analizados por un Analizador Directo de Mercurio DMA-80 que analiza cualquier matriz (liquido, gaseoso y solido) sin tratamiento previo en conformidad con el método 7473 de la EPA (Agencia de Protección Ambiental) y Espectrómetro de emisión atómica por plasma de microondas para lo cual se utilizó el método AOAC 2015.01 Metales Pesados en Alimentos, previa digestión multiacida, el análisis se realizó en el Laboratorio de Monitoreo y Evaluación Ambiental de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano Puno. Estos resultados serán contrastados con los límites extremos permisibles establecidos por la Unión Europea, MERCOSUR y la Legislación Brasileña.

- **Metodología por objetivos específicos**

La concentración de cadmio en cañihua (*Chenopodium Pallidicaule* Aellen), de las muestras obtenidas de los distritos de Taraco y Coata, se recolectarán 5 muestras de 250g cada uno utilizando muestreo no probabilístico; los cuales fueron analizados por el método de cuantificación de cadmio utilizando un Espectrómetro de emisión atómica por

plasma microondas, previa digestión. Estos resultados se compararon con el LMP, que es igual a 0,10 mg/kg según las normas internacionales del MERCOSUR y las normas internacionales de la Unión Europea.

La concentración de mercurio en la cañihua (*Chenopodium Pallidicaule Aellen*), de las muestras obtenidas de los distritos de Taraco y Coata, se recolectarán 5 muestras de 250g cada uno, utilizando muestreo no probabilístico, los cuales fueron analizados por el método de cuantificación de mercurio mediante un analizador de mercurio. Estos resultados fueron comparados con el máximo permitido en la Legislación Brasileña, que establece un máximo de 0,01 mg/kg.

Las concentraciones de Cd y Hg en muestras de cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) de los distritos de Taraco y Coata fueron analizadas y comparadas utilizando la herramienta de análisis de datos Python, buscando si existe la correlación de Pearson y Spearman a partir de ello se determinó si existe relación entre ambos metales pesados.

- **Técnica operativa**

La valoración de la acumulación de Cd y Hg en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*), se realizará mediante un Espectrómetro de emisión atómica por plasma microondas y por un Analizador de Mercurio. Los datos obtenidos fueron comparados y procesados con las cifras máximas establecidas por las leyes de la Unión Europea, Mercosur y Brasil, por medio de un estudio estadístico comparativo.

- **Parte experimental**

Pesar muestra filtrada de 0,5-1.5 g de muestra seca de cañihua, transferirla a un tubo de teflón, agregar 6 ml de HNO₃ de alta pureza, 2 ml de HCl alta pureza y 0,5 ml de H₂O₂ al 30 % de alta pureza, sellar y almacenar en un recipiente hermético para su digestión ayudado por microondas a 453.15 K a 1600 W durante 15 min. y enfriar durante 30 min. Luego se transfirió a una fiola de clase A de 25e-5 m³ y se igualó con agua ultrapura de tipo I para obtener lecturas precisas en un espectrofotómetro de absorción atómica.

- **El procesamiento de la muestra hasta la nebulización incluye estos pasos**

Secado. Una vez que las muestras se introducen en los tubos de grafito (2 y 20 μ l), se calientan a una temperatura sutilmente inferior al punto de ebullición del disolvente (353.15 a 453.15 K). La muestra inyectada se expuso a una temperatura sutilmente por abajo del punto de ebullición del solvente (353.15 y 453.15 K) en un horno de grafito. Durante este proceso, se evapora el solvente y los componentes volátiles del sustrato.

Atomización. En esta fase se mide la absorbancia, el horno se calienta rápidamente a una temperatura de (2073.15 a 3073.15 K) para evaporar los residuos de la fase de cocción. Este proceso crea átomos libres en la trayectoria del haz. La temperatura de pulverización depende de la inestabilidad elemental.

A menudo se agrega una cuarta fase para limpiar el horno a una temperatura ligeramente más alta a la temperatura de pulverización. Cuanto mejor sea la separación de los analitos de los analitos, mejores serán los problemas de atomización y medición (Mañay et al., 2009).

3.6. Procesamiento de la muestra

Recolección de muestras

Las muestras se obtuvieron en los distritos de Taraco y Coata ver figuras 1 y 2



Figura 1 Recolección de muestras Coata



Figura 2 Recolección de muestras de Taraco

La recolección se realizó en las siguientes ubicaciones geográficas ver tabla 1 y figura 3

Tabla 2
Datos de recolección de muestras

Muestra Nro.	Fecha	Distrito	Comunidad	Sector	Altitud	Latitud	Longitud	Año de siembra y cosecha
M_01	20-07-2022	Coata	Feria	Miércoles	3861.7	15 34.4350 S	69 57.0990 O	2022
M_02	21-07-2022	Taraco	Feria	Jueves	3871.4	15 17 59.90 S	69 58 43.10 O	2022
M_03	21-07-2022	Coata	LLuco	Ccotasi	3861.0	15 34.1480 S	69 56.8870 O	2022
M_04	21-07-2022	Taraco	Tumi grande	Huayrapata (Antoniani pampa)	3872.3	15 15 57.30 S	69 52 12.00 O	2022
M_05	21-07-2022	Coata	Carata	Putucuni (Chimcha)	3865.3	15 34 5320 S	69 54 46.60 O	2022

M_06	21-07- 2022	Taraco	Tumi grande	Huayrapata	3864.5	15	15	69	52	2022
								56.20 S	50.80 O	
M_07	20- 07- 2022	Coata	C.P. Almozanche	LLuco (Pampa Tóquela)	3869.4	15	33	69	57	2022
								4200 S	0660 O	
M_08	21-07- 2022	Taraco	Tumi grande	I Chapiñuro (Patascachi)	3864.8	15	15	69	53	2022
								48.60 S	18.80 O	
M_09	20-07- 2022	Coata	LLachahui	LLachahui	3865.0	15		69		2022
								33.6900 S	59.5010 O	
M_10	21-07- 2022	Taraco	Tumi grande	II Sector (Puente Ramis)	3869.7	15	15	69	52	2022
								19.80 S	25.90 O	



Figura 3 Mapa de ubicación lugares de muestreo Taraco y Coata

Etiquetado

Luego de la recolección de muestras se realizó el respectivo etiquetado ver figura

4



Figura 4 Etiquetado muestras Coata y Taraco

Pesado

Posterior al etiquetado se realizó el pesado de las muestras ver figura 5

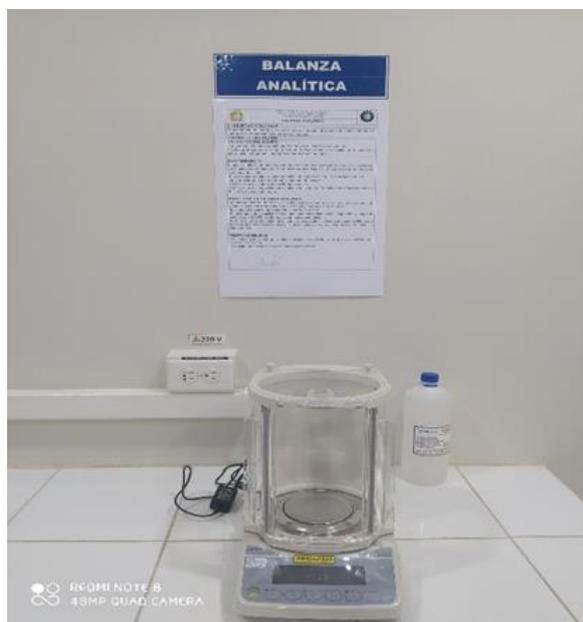


Figura 5 Instrumento de pesado de muestras

Pre procesamiento de muestra

Posterior al pesado se procedió a moler las muestras ver figura 6



Figura 6 Molienda de muestras de cañihua

Digestión

La digestión ácida es un método para preparar muestras. El objetivo del proceso es la disolución completa del analito y la degradación completa de la muestra, para evitar la pérdida o contaminación de sustancias de interés. Se utiliza para reducir la interferencia y convertir metales en una forma que puede analizarse mediante técnicas de análisis posteriores, como Espectrofotometría de absorción atómica. La digestión ácida requiere el uso de varias concentraciones de ácidos fuertes, por ejemplo, Ácido perclórico, ácido sulfúrico o ácido clorhídrico para hacer un ácido lo suficientemente fuerte para la escisión completa, así mismo la digestión ácida tradicional es el método más común utilizado para realizar la acidólisis. Este es un proceso vigoroso en el que se agregan varias concentraciones de ácido (principalmente concentrado) a la muestra para digerirla. Dependiendo del proceso, se coloca en una placa caliente a alta temperatura. Aunque es muy utilizado, tiene algunos inconvenientes graves: La necesidad de largos tiempos de montaje, o el montaje en algo que no sea un recinto hermético, puede ocasionar pérdidas debido a salpicaduras, entre otras cosas. Por ello, principalmente por limitaciones de tiempo, se han buscado nuevas técnicas y/o dispositivos que eliminen este punto crítico del tratamiento (Molina & Valdes, 2016) Ver figuras 7 y 8.



Figura 7 Pre digestión y filtración de muestras



Figura 8 Digestión de muestras

Análisis por equipo

Analizador directo de mercurio (DMA – 80)

El Milestone DMA – 80 es un equipo para medir mercurio en muestras sólidas, gaseosas y líquidas cuando las muestras no requieren pretratamiento. Para el análisis, la muestra se piroliza, el mercurio se amalgama y se mide mediante absorción atómica (Vega & Pisconte, 2020).

El equipo usado fue analizador directo de mercurio ver figura 9.



Figura 9 Analizador directo de mercurio vista frontal

Espectrómetro 4210 MP - AES

El Agilent 4210 MP-AES da alta perceptibilidad, márgenes de determinación por debajo a PPB y es más veloz que la absorción atómica (AA) de flama tradicional. Lo ventajoso de todo es que utiliza aire en lugar de gas combustible. Alto rendimiento: un microondas excitado magnéticamente fuente de plasma proporciona límites de detección superiores a llama AA. Robustez y confiabilidad—ideal para industrias como la minería, la alimentación y la agricultura, los productos químicos, petroquímicos, manufactura, ubicaciones remotas y para aplicaciones tales como monitoreo ambiental con grandes volúmenes de muestra. Gracias al gran número de muestras a analizar y a las mediciones secuenciales rápidas, el espectrofotómetro Agilent 4210 MP-AES es ideal para los laboratorios de control de alimentos (Agilent, 2020).

El equipo usado fue Espectrómetro de emisión atómica por plasma de microondas 4210 MP – AES ver figura 10.



Figura 10 Espectrómetro 4210 MP – AES

a) Descripción detallada del uso de materiales, equipos, insumos, entre otros.

Tabla 3

Equipos

Equipos
<ul style="list-style-type: none">• Analizador Directo de Mercurio (DMA-80 Milestone)• Balanza analítica (OHAUS)• Equipo de baño ultrasónico (Thornton)• Mufla• Espectrómetro de emisión atómica de plasma por microondas (MP – AES) Agilent 4210• Generador de nitrógeno, marca PEAK, modelo Halo• PC, marca DELL, modelo Optiplex 7080• Monitor, marca DELL, modelo JRZ3Q63• Smartphone, marca Xiaomi, modelo M1908C3JH• Equipo NANO pure para agua ultra pura.• Lámpara de cátodo para Cadmio• Campana extractora.• Planchas calefactoras.

Tabla 4
Materiales

Materiales:

- 1 micropipeta (vol. fijo 100 μ l)
- 1 micropipeta (vol. móvil 100 - 1000 μ l)
- 1 soporte para baquetas
- 30* baquetas de níquel (1 ml)
- 6* baquetas de cuarzo (1.5 ml)
- 1 pinza angulada (manipulación de baquetas)
- 2 guantes de nitrilo
- Pipetas de 5 y 10 ml
- Beaker de 1000 ml y 500 ml
- Fiola de 25 ml y 100 ml
- Papel Whatman 0,45u
- Matraz de 100 ml
- Pipéatas automáticas de 100 μ l - 1000 μ l
- Pipetas automáticas de 500 μ l - 5000 μ l
- Vasos de 150 ml
- Lunas de reloj
- Bolsas de plástico altamente estable

Tabla 5
Insumos

Insumos

- Material de referencia
- Solución de estándares (1 ml)
- Ácido nítrico al 10% (aproximadamente 0.5 ml)
- Agua ultrapura Tipo I.
- Agua oxigenada.
- Ácido nítrico ultra puro 67%
- Ácido clorhídrico ultra puro 35%
- Peróxido de hidrogeno al 30%. ultra puro
- Solución estándar de cadmio 1000 ug/ml en HNO3 1%
- Boro hidruro de Sodio Q.P. (NaBH4)
- Ioduro de Potasio KI Q.P.
- Ácido fosfórico ultra puro 85%
- Octanol Q.P.

b) Aplicación de prueba estadística inferencial

Estadístico prueba de relación, correlación de Pearson y Spearman ver ecuación 1 y 2 respectivamente.

$$\gamma = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2 \right]}}$$

$-1 \leq \gamma \leq 1$

Ecuación (2)

$$r_R = 1 - \frac{6 \sum_i d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Ecuación (1)

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

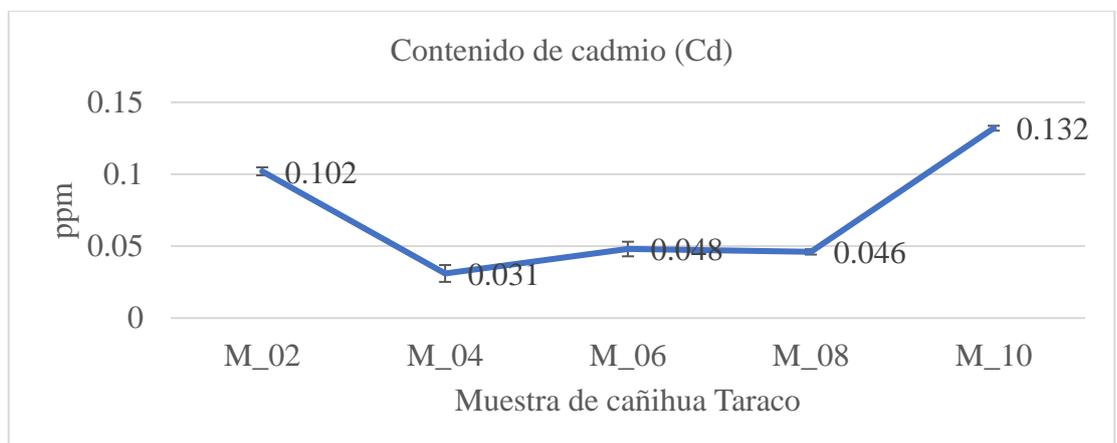


Figura 11. Contenido de cadmio (Cd) muestra cañihua Taraco

ppm: Partes por millón

%RSD: Es el porcentaje de desviación estándar relativa es una medida estadística de la dispersión de un conjunto de datos con respecto a su media.

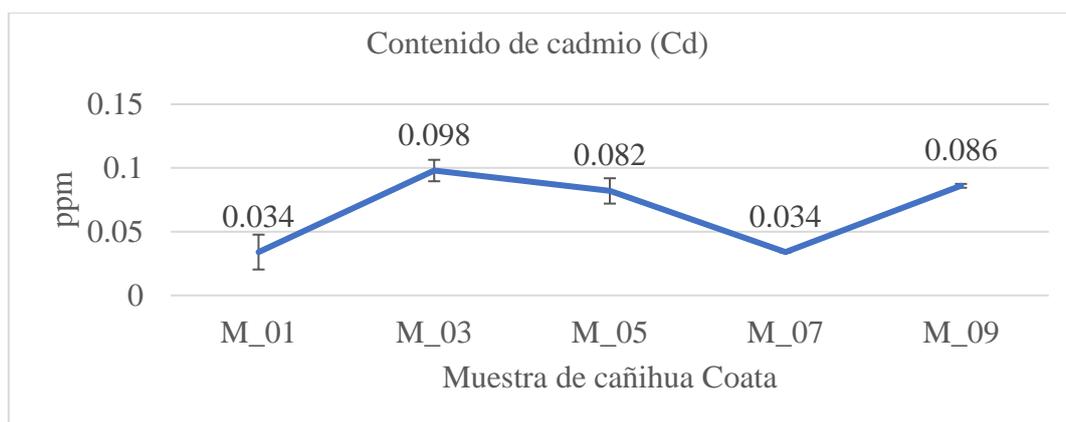


Figura 12. Contenido de cadmio (Cd) muestra cañihua Coata
Ppm: Partes por millón.

%RSD: Es el porcentaje de desviación estándar relativa es una medida estadística de la dispersión de un conjunto de datos con respecto a su media.

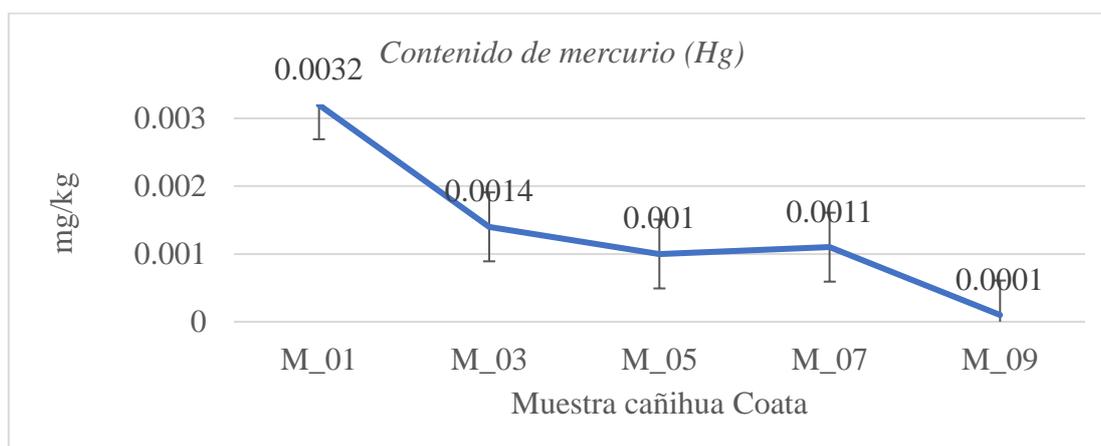


Figura 13. Contenido de mercurio (Hg) muestra cañihua Coata

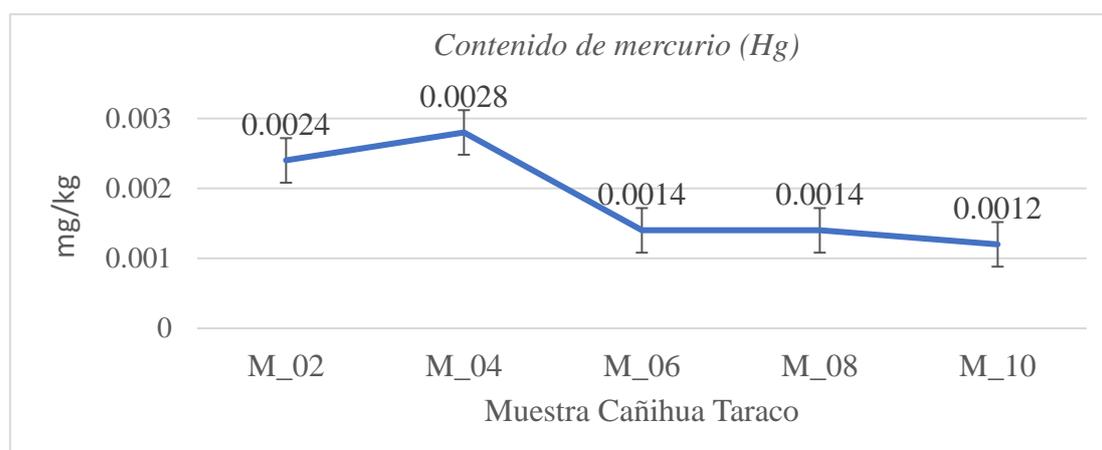


Figura 14. Contenido de mercurio (Hg) muestra cañihua Taraco

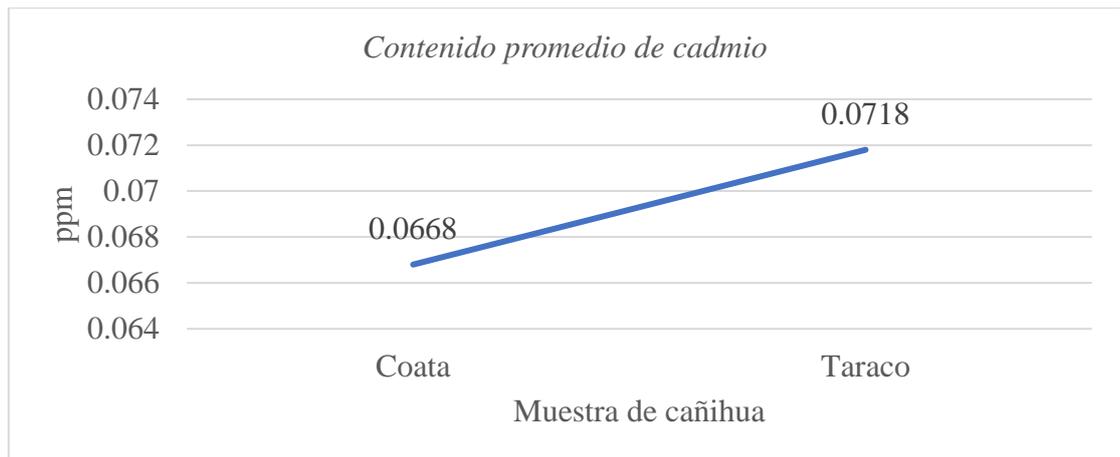


Figura 15. Contenido promedio de cadmio (Cd) muestra cañihua Taraco y Coata

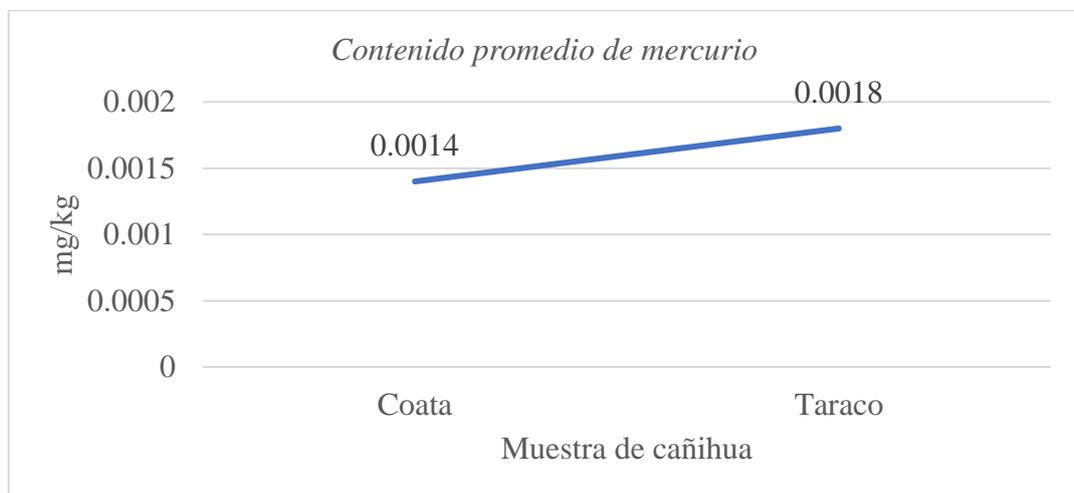


Figura 16. Contenido promedio de mercurio (Hg) muestra cañihua Taraco y Coata

4.2. Contrastación de hipótesis

4.2.1. Contrastación de hipótesis específica 1:

La concentración de cadmio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, superan los valores establecidos en el MERCOSUR y la Unión Europea.

4.2.1.1 Prueba la normalidad de datos.

a) Planteamiento de hipótesis de prueba de normalidad

H_0 : Datos de la variable x (concentración de cadmio) tienen normalidad.



H_1 : Datos de la variable x (concentración de cadmio) no tienen normalidad.

b) Nivel de significancia:

$$\alpha = 5\% (0.05)$$

c) Elección de la prueba estadística

Como $n \leq 50$ usamos las tablas de Shapiro-Wilk para calcular el valor p.

d) Resultados de prueba**Tabla 6***Resultados prueba normalidad concentración de cadmio*

Parámetro	Valor
Valor p	0.2043
Tamaño de la muestra (n)	10
Promedio (\bar{X})	0.0693
Mediana	0.065
Desviación estándar de la Muestra (S)	0.03531
Suma de cuadrados	0.01122

Valor P

El valor p es igual a 0,2043, ($P(x \leq 0,8264) = 0,7957$). Significa que la probabilidad de error tipo I, rechazando una H_0 correcta, es demasiado alta: 0,2043 (20,43%). Cuanto mayor es el valor p, más admite H_0

e) Estadística de prueba

La estadística de prueba W es igual a 0.8966, que está en la región de aceptación del 95%: [0.8417: 1].

f) Tamaño del efecto

El tamaño del efecto KS-D observado es grande, 0,2268. Esto indica una gran diferencia entre la distribución de muestreo y la distribución normal es grande.

Dado que la suposición nula no se puede rechazar, puede ignorar el tamaño del efecto.

g) Conclusión de prueba de normalidad

Dado que $p\text{-value} > \alpha$, aceptamos la H_0 .

Se supone que los datos se distribuyen normalmente.

En otras palabras, la diferencia entre la muestra de datos y la distribución normal no es lo suficientemente considerable como para ser estadísticamente significativa. Un resultado

no significativo no puede probar que H_0 sea correcto, solo que la suposición nula no puede rechazarse.

4.2.1.2. Coeficiente de correlación de Pearson

a) Planteamiento de hipótesis

H_0 : La concentración de cadmio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, no superan los valores establecidos en el MERCOSUR y la Unión Europea.

H_1 : La concentración de cadmio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, superan los valores establecidos en el MERCOSUR y la Unión Europea.

b) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\% (0.05)$$

c) Elección de prueba estadística

Como en este caso los datos de la variable concentración de cadmio tiene normalidad se eligió la prueba estadística coeficiente de correlación “r” de Pearson.

d) Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson r

$$r = -7.375e-17$$

Tabla 7

Coeficiente correlación variable concentración de cadmio

Parámetro	Valor
Coeficiente Pearson (r)	-7.375e-17
Tamaño de la muestra (n)	10
Covarianza	-1.003e-36
Estadística	-2.086e-16

Los productos de la correlación de Pearson mostraron que existe un vínculo negativo muy pequeña no significativa entre X e Y, ($r(8) = .38e-17$, $p = 1.000$).

Valor P

El valor de p es 1 ($P(x \leq -2.086e-16) = 0.5$). Esto significa que rechazar H_0 es más elevada: 1 (100%), por la probabilidad de error de tipo I. Cuanto mayor sea el valor p, más probable es que se acepte H_0 .

e) Estadística de prueba

El valor de la prueba T es $-2.086e-16$, que está en la región de aceptación del 95%: $[-2.306; 2.306]$.

El intervalo de confianza del 95% de la correlación es: $[-0,6296, 0,6296]$.

f) Conclusión hipótesis específica 1

Dado que el valor $p > \alpha$, no se puede rechazar H_0 .

La correlación de la población de la muestra se considera igual a la correlación esperada. En otros términos, la disimilitud entre la correlación de la muestra y la correlación esperada no es suficiente considerable como para ser estadísticamente significativa.

Un resultado no significativo no puede probar que H_0 sea correcto, solo que la suposición nula no puede rechazarse.

4.2.2 Contrastación de hipótesis específica 2:

La concentración de mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, superan los parámetros establecidos en la Legislación Brasileña.

4.2.2.1 Prueba de normalidad

a) Planteamiento de normalidad

H_0 : Datos de la variable x (concentración de mercurio) Tienen normalidad.

H_1 : Datos de la variable x (concentración de mercurio) no tienen normalidad.

b) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\%(0.05)$$

c) Elección de la prueba estadística

Dado que $n \leq 50$, usamos la tabla de Shapiro - Wilk para calcular el valor p . El diagrama de distribución normal es solo para visualización.

d) Aplicación de prueba

Tabla 8

Prueba de normalidad variable concentración de mercurio

Parámetro	Valor
Valor p	0.3631
Tamaño de la muestra (n)	10
Media (\bar{x})	0.0016
Mediana	0.0014
Desviación estándar de la muestra (S)	0.0009298
Suma de cuadrados	0.00000778

e) Valor p

El valor p es 0,3631 ($P(x \leq 0,3501) = 0,6369$). Esto significa que la tasa de error tipo I de rechazar la H_0 es correcta y demasiado alta: 0,3631 (36,31%). Los valores de p más grandes permiten H_0 .

f) Estadística de prueba

La estadística de prueba W es igual a 0.9193, que está dentro del rango de aceptación de 95%: [0.8417: 1].

g) Tamaño del efecto

La magnitud observada de KS-D es grande, 0,2852. Esto indica que la diferencia entre la distribución muestral y la distribución normal es grande.

Dado que la suposición nula no se puede rechazar, puede ignorar el tamaño del efecto.

h) Conclusión de prueba de normalidad

Como p-value $> \alpha$, aceptamos H_0 .

Los datos deben estar distribuidos normalmente.

En otras palabras, los datos de la muestra no se desvían lo suficiente de la distribución normal para ser estadísticamente significativos. Un resultado no significativo no puede probar que H_0 sea correcto, solo que la suposición nula no puede rechazarse.

4.2.2.2. Coeficiente de correlación de Pearson

a) Planteamiento de hipótesis

H_0 : La concentración de mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, no superan los parámetros establecidos en la Legislación Brasileña.

H_1 : La concentración de mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, superan los parámetros establecidos en la Legislación Brasileña.

b) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\%(0.05)$$

c) Elección de prueba estadística

Dado que en este caso los datos de la variable concentración de mercurio muestran normalidad, se seleccionó la prueba estadística del coeficiente de correlación “r” de Pearson.

d) Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson n (r)

$$r=0$$

Tabla 9

Coefficiente correlación variable concentración de mercurio

Parámetro	Valor
Coefficiente Pearson (r)	0
Tamaño de la muestra (n)	10
Covarianza	0
Estadística	0

Los productos de la correlación de Pearson señalaron que existe una correlación negativa muy pequeña y no significativa entre X e Y, ($r(8) =$, $p = 1.000$).

Los productos de la correlación de Pearson mostraron que existe una relación negativa muy pequeña y no significativa entre X e Y, ($r(8) = .38e-17$, $p = 1.000$).

e) Valor P

El valor de p es igual a 1, ($P(x \leq 0) = 0,5$). Esto significa que rechazar la H_0 correcto es demasiado alta: 1 (100%), por la probabilidad de error tipo I. Cuanto más alto es el valor p, más se acepta la H_0 .

f) Estadística de prueba

La estadística de la prueba T es igual a 0, que está dentro del 95 % de aceptación: [-2,306: 2,306].



El intervalo de confianza del 95% de la correlación es: $[-0,6296, 0,6296]$.

g) Conclusión

H_0 hipótesis

Dado que el valor $p > \alpha$, no se puede rechazar H_0 .

La correlación de la población de la muestra se considera igual a la correlación esperada.

En otros términos, la disimilitud entre la correlación de la muestra y la correlación esperada no es significativa ya que no es lo suficientemente grande como para serlo.

Un resultado no significativo no puede probar que H_0 sea correcto, solo que la suposición nula no puede rechazarse.

4.2.3 Contrastación de hipótesis específica 3:

Existe relación entre las concentraciones de cadmio y mercurio en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.

4.2.3.1 Prueba de normalidad

a) Planteamiento de normalidad

H_0 : Datos de la variable x (Consistencia) tienen normalidad.

H_1 : Datos de la variable x (Consistencia) no tienen normalidad.

b) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\%(0.05)$$

c) Elección de prueba estadística

Como $n \leq 50$ usamos las tablas de Shapiro-Wilk para calcular el valor p.

d) Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson n (r)

Tabla 10

Prueba normalidad variable relación cadmio y mercurio

Parámetro	Valor
valor p	0.000991
Tamaño de la muestra (n)	12
Media (\bar{x})	0.3545
Mediana	0.0171
Desviación estándar de la muestra (S)	0.04239
Suma de cuadrados	0.03414

e) Valor de P

El valor p es igual a 0.000991, ($P(x \leq 3.0929) = 0.999$). Significa que la probabilidad de error de tipo I (rechazar una H_0 correcto) es pequeña: 0,000991 (0,099%). Cuanto más pequeño es el valor p, más admite H_1 .

f) Estadística de prueba

La estadística de prueba W es 0,804, que está fuera del intervalo de aceptación del 95 %: [0.9044: 1].

g) Tamaño del efecto

El tamaño del efecto observado de KS-D es grande, 0,2766. Esto muestra que la diferencia entre la distribución muestral y la distribución normal es grande.

h) Conclusión de prueba de normalidad

Como $p\text{-value} < \alpha$, rechazamos H_0 .

Suponga que los datos no se distribuyen normalmente.

En otras palabras, los datos de la muestra y la distribución normal no es tan grande para ser estadísticamente significativos.

4.2.3.2. Cálculo de coeficiente de correlación de Spearman (r)

a) Planteamiento de hipótesis

H_0 : No existe correlación entre las concentraciones de cadmio y mercurio en la cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.

H_1 : Existe correlación entre las concentraciones de cadmio y mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.

b) Nivel de significancia

$$\alpha = 5\%(0.05)$$

c) Elección de prueba estadística

En este caso, se eligió el coeficiente de correlación de Spearman estadístico "r" debido a que los datos de la variable para la concentración de cadmio, no tienen normalidad.

d) Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson n (r)

X contiene vínculos (corrección de vínculos: 24).

Y contiene vínculos (corrección de vínculos: 6).

No usamos la corrección de empates, solo calcula el valor para demostrar el nivel de empates Corrección de empates X: 24 Corrección de empates Y: 6

Tabla 11*Coefficiente de correlación variable relación cadmio mercurio*

Parámetro	Valor
Coefficiente Spearman (r)	-0.3446
Tamaño de la muestra (n)	10
Covarianza	-3.1111
Estadística	-1.0384

Los productos de la correlación de Spearman presentaron una correlación negativa muy pequeña y no significativa entre X e Y ($r(8) = .345$, $p = .329$).

e) Valor de P

El valor de p es igual a 0,3295, ($P(x \leq -1,0384) = 0,1647$). Esto significa que la probabilidad de error tipo I, para rechazar correctamente H_0 , es demasiado alta: 0,3295 (32,95%). Cuanto mayor sea el valor de p, más probable es H_0 .

f) Estadística de prueba

La estadística de prueba T es -1.0384, que está en la región de aceptación del 95%: [-2.306: 2.306].

El intervalo de confianza del 95% de la correlación es: [-0,8501, 0,4913].



g) Conclusión

Dado que el valor $p > \alpha$, no se puede rechazar H_0 .

La correlación de la población de la muestra se considera igual a la correlación esperada.

En otras palabras, la diferencia entre la correlación de la muestra y la correlación esperada no es suficientemente para ser estadísticamente significativa.

Un resultado no significativo no puede probar que H_0 sea correcto, solo que la suposición nula no puede rechazarse.

4.3 DISCUSIÓN

Las concentraciones de cadmio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenidas en la zona de Coata promediaron 0.0668 mg/kg y en la zona de Taraco promediaron 0.0718 mg/kg, valores por debajo de los parámetros establecidos por la Unión Europea y MERCOSUR véase tabla 10. De igual forma un estudio de Huamani (2018), realizado en tres variedades de cañihua como son: Chilliwa, Planta purpura y Cañihua roja con respecto al cadmio estuvo por debajo de los límites máximos permisibles según la legislación de la Unión Europea que es de 0.1 mg/kg. Cari (2017), menciona los niveles de metales pesados en dos cultivares de semilla de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) del distrito Illpa INIA de la región Puno fueron de $0,9 \pm 0,35$ mg/kg para los niveles de cadmio. Los niveles de metales pesados en semillas de cañihua (*Chenopodium pallidicaule*) del Distrito de Cupi, Territorio de Puno, fueron de $0,65 \pm 0,2$ mg/kg para cadmio, superando en ambos, los valores normales establecidos por el Codex Alimentarius y la Norma Cubana, sin embargo, Alcocer & Huamán (2018) mencionan que la concentración media de cadmio en quinua es de 0.175 mg/kg con cifras extremas de 0.08 y 0.28, superando el LMP dado por la Unión Europea y MERCOSUR. Así mismo Romero (2020) también identificó alimentos vegetales con alto contenido de metales. Se detectaron altas concentraciones en: frutas, gramíneas, raíces y tubérculos, hortalizas, legumbres y cereales, según se indica. El 93% de los alimentos evaluados excedieron LMP para As, 33% para Cd y 33% para Pb. El Hg se midió en tubérculos individuales (papas).

Los niveles de mercurio medidos en la zona de Coata del alimento cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) promediaron 0.0014 mg/kg mientras que en la zona de Taraco promediaron 0,0018 mg/kg. Así mismo, un estudio de Huamani (2018), realizado en tres variedades de cañihua como son: Chilliwa, Planta purpura y Cañihua roja con respecto al mercurio estuvo por debajo de los límites máximos permisibles según la legislación de la Unión Europea que es de 0.1 mg/kg. Sin embargo, Alcocer & Huamán (2018) mencionan que la concentración media de mercurio en quinua es de 0.005 mg/kg con cifras extremas de 0.001 y 0.011, superando el LMP de la Legislación Brasileña. También fueron identificadas en Romero (2020) altas concentraciones como se indica. Frutas, hierbas, raíces, tubérculos, hortalizas, legumbres, cereales. El 93% de los

alimentos evaluados superó el LMP para As, el 33% para Cd y el 33% para Pb. El Hg se midió en tubérculos individuales (papas). Finalmente (Quecaño, 2018). Estudio el líquido elemento de la cuenca del río Llallimayo en el proceso de cierre de ARASI S.A.C. Los valores de la zona de Puno oscilan entre 0,260 y 0,1862 mg de Hg por litro de líquido, superando el máximo permitido por los estándares internacionales de la OMS y el MINSA (Soloisolo, 2022). En cuanto al componente Hg, se supera el valor máximo permisible (NMP) con una acumulación de 0,00680 mg/L durante la fase de aceleración en los puntos de muestreo N° 01, N° 03 y N° 06. 0,00193 mg/L, 0,00722 mg/L. Además, metales como As, Cd, Cr, Pb, Cu y Zn fueron detectados por debajo de los NMP para emisiones de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas. Acordado por D.S.010-2010-MINAM. Concluye que la contaminación del área de estudio es alta ya que algunos elementos, tanto Fe como Hg, superan los estándares establecidos en algunas áreas del estudio realizado.

La relación entre los niveles de cadmio y mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) obtenida en los distritos de Coata y Taraco del departamento de Puno. Alcocer y Huamán (2018) concluyen en cuanto a la relación entre los metales cuantificados que tienen relación positiva los metales As y Cd; Hg y Pb indica que la concentración de estos metales se ve influenciada mutuamente, mas no se acepta considerando el coeficiente de correlación de Pearson. Así mismo Lavado (2017) menciona que existe una relación entre las concentraciones de Pb y Cd.

CONCLUSIONES

Se determinó que la cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno manifiestan presencia de cadmio y mercurio, pero que estas no superan los límites máximos permitidos según Legislación de la Unión Europea, Mercosur y Brasileña.

La concentración media de cadmio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en el distrito de Coata fue del 0.0668 mg/kg y en el distrito de Taraco fue del 0.0718 mg/kg véase figura 15; y según análisis estadístico mostro como resultado un valor inferior, lo que indica que, si bien existe presencia de cadmio, esta no es lo suficientemente significativa para afirmar que estos valores están por debajo de los límites máximos permisibles establecido en la Legislación de la Unión Europea y en el Mercosur que es de 0.1 mg/kg.

La concentración media de mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenida en el distrito de Coata fue del 0.0014 mg/kg y en el distrito de Taraco fue del 0.00184 mg/kg véase figura 16; y según análisis estadístico mostro como resultado un valor inferior, lo que indica que, si bien existe presencia de mercurio, esta no es lo suficientemente significativa para afirmar que estos valores están por debajo de los límites máximos permisibles establecido en la Legislación Brasileña que es de 0.01 mg/kg.

Existe relación entre las concentraciones de cadmio y mercurio; el análisis estadístico muestra que la diferencia entre la correlación de la muestra y la correlación esperada no es lo suficientemente grande como para ser estadísticamente significativa ya que el coeficiente de Spearman (r) es igual a -0.3446 esto nos indica una correlación negativa baja. Por lo tanto, podemos concluir que estadísticamente no existe relación significativa entre los niveles de cadmio y mercurio en cañihua (*Chenopodium pallidicaule Aellen*) obtenidas en los distritos de Coata y Taraco del departamento de Puno.

RECOMENDACIONES

Se recomienda hacer estudios periódicos respecto a la presencia de cadmio en los alimentos producidos en la región, sobre todo los que están a riveras de ríos afluentes al lago Titicaca, debido a que, si bien es cierto este estudio mostro que las concentraciones de cadmio están dentro de lo establecido según la Legislación de la Unión Europea y Mercosur no podemos obviar que en estos se encontraron presencia de los mismos en los resultados.

Se recomienda hacer estudios periódicos respecto a la presencia de mercurio en los alimentos producidos en la región, sobre todo los que están a riveras de ríos afluentes al lago Titicaca, debido a que, si bien es cierto este estudio mostro que las concentraciones de mercurio están dentro de lo establecido según la Legislación Brasileña, no podemos obviar que en estos se encontraron presencia de los mismos en los resultados.

Se recomienda extender los estudios de presencia de metales pesados agua de consumo humano y de cultivo. Y que las instituciones evalúen analizar periódicamente estos parámetros a fin de asegurar la seguridad alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Agilent. (2020). *Elemental Analysis that Runs on Air Agilent 4210 MP-AES*.
<https://www.agilent.com/cs/library/brochures/5991-7237EN.pdf>
- Agyeibea, A. (2016). *Arsenico, Cadmio y Arroz con Plomo Vendidos en la Region Mayor de Accra* [UNIVERSIDAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA].
<https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=87ccd15d68c60b4c1e2f1e141206095f>
- Alcocer, S. E. E., & Huaman, H. E. C. (2018). *Determinacion de Arsenico, Cadmio, Plomo y mercurio en Quinoa (Chenopodium Quinoa) Expendida en los Mercados de la Victoria, Durante el Periodo de Enero del 2018* [Universidad Norbert Wiener].
<http://repositorio.uwiener.edu.pe/handle/123456789/2566>
- Amachi, O. E., & Arapa, F. Y. L. (2011). *Mejoramiento de capacidades Tecnicas productivas para la competitividad d elos cultivos andnos de papa nativva, haba y cañahua en la regieon de Puno. Manual de modulos y equipos para el procesamiento de Cañihua*. (E. Amachi Ortega & Y. L. Arapoa Fernandez (eds.); 1ra ed.). <https://www.agropuno.gob.pe/files/documentos/biblioteca/3.1.6.pdf>
- Apaza, M. V. (2010). *Manejo y Mejoramiento de Kañiwa* (C. N. Amelia (ed.); 2 da). Convenio Instituto Nacional de Innovación Agraria INIA-Puno, Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente-CIRNMA, Bioersivity International y el International Fund for Agricultural Development-IFAD.
http://www.nuscommunity.org/uploads/tx_news/Libro_Manejo_y_Mejoramiento_Kañiwa.pdf
- Argota, G., Miranda, E., & Argota, H. (2009). Predicción ecotoxicológica de parámetros físico-químicos, plomo y cadmio en el río Ramis - cuenca hidrográfica Titicaca, Puno-Perú. *Revista de Investigaciones de La Escuela de Posgrado de La UNA PUNO*, 5(3), 24–35.
<http://revistas.unap.edu.pe/epg/index.php/investigaciones/article/view/20/14>
- Arnillas, C., Carranza, C., Mesones, C., MOretti, M., & Bueno, O. (2013). *Plan Estrategico de la Cañihua* [Pontificie Universidad Catolica del Peru - Escuela de Posgrado].

- https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/4558/BALAR_EZO_DALESSIO_LISUNG_OJEDA_ENVASE.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ayamamani, C. J. E. (2019). *Vigilancia de la Contaminacion de los Suelos por Relaves Mineros en la Minería Artesanal e Informal de la Region Puno (Rinconada - Ananea)* [Universidad Nacional del Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/12537>
- Barrio, V. N. (2017). *Metales pesados en suelos y sus efectos sobre la salud*. [Universidad Complutense]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14602>
- Bartolo, E. D. E. (2013). Propiedades nutricionales y antioxidantes de la cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Nutritional and antioxidant properties of cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen). *Revista de Investigacion Universitaria*, 2(1), 47–53. <https://doi.org/https://doi.org/10.17162/riu.v2i1.27>
- Caceres, S. S. R. (2018). *Produccion y exportacion definitiva de harina sin preparar de Cañihua variedad Illpa INIA 406 a Paris, Francia a partir del año 2020* [Universidad Tecnologica del Peru]. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2974>
- Cari, Q. G. G. (2017). *Determinacion de metales pesados por voltamperometria y el valor nutricional en dos variedades de semillas de cañihua, Puno* [Universidad Privada Autonoma del Sur]. [http://repositorio.upads.edu.pe/bitstream/handle/UPADS/22/TESIS_DETERMINACION%³D3N DE METALES PESADOS POR VOLTAMPEROMETR%³CDA Y EL VALOR NUTRICIONAL EN SEMILLAS DE CA%³D1IHUA, PUNO-2018.pdf?sequence=1](http://repositorio.upads.edu.pe/bitstream/handle/UPADS/22/TESIS_DETERMINACION_DE_METALES_PESADOS_POR_VOLTAMPEROMETRICA_Y_EL_VALOR_NUTRICIONAL_EN_SEMILLAS_DE_CAÑIHUA,_PUNO-2018.pdf?sequence=1)
- Chaney, R. L. (1988). *Metal Speciation and Interactions Among Elements Affect Trace Element Transfer in Agricultural and Environmental Food-Chains. In Metal Speciation: Theory, Analysis, and Application. 1990, 219–260.* <https://pubs.usgs.gov/of/1995/ofr-95-0831/CHAP2.pdf>
- Chata, Q. A. (2015). Presencia de Metales Pesados (Hg, As, Pb y Cd) en Agua y Leche en la Cuenca del Rio Coata 2015 [Universidad Nacional del Altiplano Puno]. In *Universidad Nacional del Altiplano*.

- http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1930/Chata_Quenta_Ayde.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Coarite, M., Macuchapi, W., del Castillo, C., Rodriguez, J. P., Trigo, R., Bosque, H., & Condori, J. (2017). La pérdida de grano en Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) el antes y el después a la madurez fisiológica. *RIIARn*, 3(2), 134–145. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-16182016000200003
- Comisión Multisectorial para la Prevención y Recuperación Ambiental del Lago Titicaca y sus Afluentes. (2014). Estado de la calidad Ambiental de la Cuenca del lago Titicaca Ambito Peruano. In *D.S.N° 075-2013-Pcm*. <https://www.minam.gob.pe/puno/wp-content/uploads/sites/55/2014/02/ESTUDIO-DEL-ESTADO-DE-LA-CALIDAD-AMBIENTAL-CUENCA-DEL-TITICACA..pdf>
- Condori, S. F. (2018). *Evaluacion Fisico - Quimica de los Metales Toxicos en el Rio Progreso - Puno* [Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/9520/Silverio_Fischer_Condori_Chino.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cornejo, D. A., & Pacheco, M. E. (2014). Contaminación De Aguas Y Sedimentos Por As, Pb Y Hg Dela Cuenca Del Rio Ramis, Puno -Perú. *Revista Investig. (Esc. Posgrado)*, 5(4). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7616619>
- Cruz, C. D. (2013). *Antioxidantes en Variedades y Líneas Nuevas de Cañihua (Chenopodium pallidicaule) en Bolivia*. [Universidad Mayor de San Andres - Facultad de Ciencias Farmaceuticas y Bioquimicas]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/19854/TM-1861.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- DAPRO. (2020). *Identificacion del Potencial Agricola del Cultivo de Cañahua en el Municipio de Toledo del Departamento de Oruro: Vol. Primero*. https://siip.produccion.gob.bo/noticias/files/BI_180220209ad3b_INFORME CANAHUA 2020.pdf
- DAR Puno. (2012). Diagnóstico Ambiental Regional De Puno. In *Instituto Geológico*

- Minero* y *Metalúrgico*.
<https://www.regionpuno.gob.pe/descargas/planes/diagnosticos/2013-Diagnostico-Ambiental-Gerencia-Regional-Recursos-Naturales-Gestion-Medio-Ambiente.pdf>
- Delgado, J., Alvarez, A., & Yáñez, J. A. (2018). Uso indiscriminado de pesticidas y ausencia de control sanitario para el mercado interno en Perú. *Revista Panamericana de Salud Publica/Pan American Journal of Public Health*, 42. <https://doi.org/10.26633/RPSP.2018.3>
- Díaz, A. A. (2014). *Metales Pesados*. <https://plaguicidas.comercio.gob.es/es-es/contaminates/MetalPesa.pdf>
- El Peruano. (2008). *Decreto Legislativo N° 1062 Que Aprueba La Ley De Inocuidad De Los Alimentos*. <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/DecretosLegislativos/01062.pdf>
- El Peruano. (2019). D.S. N° 092-2019-PCM Declara el Estado de Emergencia en los Distritos de Coata, Huata y Capachica de la Provincia de Puno y en los Distritos de Caracoto y Juliaca de la Provincia de San Román del Departamento de Puno, por Peligro Inminente Ante Contaminac. *Diario Oficial Del Bicentenario*. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-declara-el-estado-de-emergencia-en-los-d-decreto-supremo-n-092-2019-pcm-1767288-5/>
- Elika. (2013). Tipos de contaminación alimentaria. In *Tipos de Contaminacion Alimentaria*. <https://alimentos.elika.eus/wp-content/uploads/sites/2/2017/10/6.Tipos-de-contaminación-alimentaria.pdf>
- Falero, A. Y. (2021). *Determinacion de Metales Pesados - Arsenico, Cadmio, Mercurio y Plomo - en Banano Organico Producido en el Distrito de Buenos aires, Valle Alto Piura - Morropon, Piura 2020* [Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2795/IAIA-FAL-ALV-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Flores. (2021). Estudio de las Propiedades Químicas, Mecánicas y Termales de los Granos de Tres Variedades de Cañihua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Cultivadas en la Region de Puno [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Universidad Nacional del Altiplano*.

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16707>

- Flores, B. R. (2018). Efectos Adversos de Metales Pesados en la Agricultura de la Cuenca Baja del Río Huaura-Provincia Huaura 2017. *Ciencia y Tecnología*, 14(4), 119–131. <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2168>
- García, B. V. (2019). *Contaminación del Agua por Metales Pesados As, B, Cu, Pb, Cd y CN en las Cuencas de los Ríos Tambo, Quilca, Camana y Ocoña de la Región Arequipa* [Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10764>
- Gutiérrez, V. R. (2018). Evaluación de la Calidad de Agua del Río Coata en la Desembocadura del Río Torococha Utilizando el Índice de Calidad de Agua del Consejo Canadiense CCME-WQI y el ICA-PE, Puno-2018. [Universidad Peruana Unión - Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental]. In *Universidad Peruana Unión*. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/1771/Verónica_Tesis_Licenciatura_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Guzmán, M. O. (2020). *Factores de Riesgo Asociados por Exposición a Metales Pesados en Personas Evaluadas del Distrito de Pallpata, Provincia de Espinar Departamentos de Cusco, Enero - Diciembre 2019* [Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/11656>
- Hernández, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta* (M. Rocha & M. de O. C. Tapia (eds.); 1ra ed.). McGRAW-HILL Interamericana Editores, S. A. de C. V. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/SampieriLasRutas.pdf
- Huamani, H. F. de M. (2018). *Evaluación del Perfil Químico-Nutricional y Actividad Antioxidante de Tres Ecotipos de Cañihua (Chenopodium Pallidicaule AELLEN) Procedentes de Puno* [Universidad Peruana Cayetano Heredia - Facultad de Ciencias y Filosofía]. <https://repositorio.upch.edu.pe/handle/20.500.12866/5954>
- Huayhua, E., Mamani, E. J., & Tito, J. M. (2018). Evaluación de la Acumulación de Arsénico y Cadmio en Sedimento de la Represa de Cotarsaya, Progreso, Puno.

- Ñawparisun, I(1), 1–4. <http://unaj.edu.pe/revista/index.php/vpin/article/view/17>
- INDECOPI. (2018). *Cañihua*.
<https://www.indecopi.gob.pe/documents/20791/2291514/Boletin+Nº+8+-+Cañihua.pdf>
- Larioja.org. (2016). *Salud y Metales Pesados - Medio ambiente*. Medio Ambiente.
<https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico/calidad-aire/red-biomonitarizacion-metales-pesados-rioja/salud-metales-pesados>
- Lavado, O. P. M. (2017). *Cuantificación de la Concentración de Plomo y Cadmio en Quinoa (Chenopodium quinoa wild) Expendida en Lima Metropolitana Comparada con los Parámetros Establecidos por la Unión Europea y Mercosur* [Universidad Inca Garcilazo de la Vega].
http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/2009/TESIS_PATRICIA_MARIBEL_LAVADO_ORDOÑEZ.pdf?sequence=2#:~:text=Los metales pesados como el,altos de estos metales pesados.
- Ligarda, S. C. A., Choque, Q. D., Palomino, R. H., Yaranga, C. R. M., Ramos, P. B. S., Huaman, C. M. L., Solano, R. A. M., & Moscoso, M. E. (2021). *Quinoa, Kiwicha y Cañihua Fibra Dietetica en Cereales Andinos* (A. Carvalho de Oliveira (ed.); Primera, Vol. 1). Atena Editora. <https://doi.org/10.22533/at.ed.071212403>
- Londoño, F. L. F., Londoño, M. P. T., & Muñoz, G. F. G. (2016). Los Riesgos De Los Metales Pesados En La Salud Humana Y Animal. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145–153.
[https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)145-153)
- Lopez, B., Ramos, F., & Ramos, J. (2019). *Libro de Resúmenes - I Congreso Internacional de Calidad e Inocuidad Alimentaria - II Congreso Nacional de Calidad e Inocuidad Alimentaria. Del 14 al 16 de noviembre de 2019 Lima - Peru*. (Primera, Vol. 1). Instituto de Control y certificación de la calidad e Inocuidad Alimentaria - Universidad Ricardo Palma.
<http://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/URP/2925/libro-de-resumenes-i-cicia-ii-concia-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Loza, D. C. A. L., & Ccancapa, S. Y. (2020). Mercurio en un Arroyo Altoandino con Alto

- Impacto por Minería Aurífera Artesanal (La Rinconada, Puno, Perú). *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(1), 33–44.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53317>
- Madrid Salud. (2020). *Gestión de la Red de Alerta Alimentaria en la Ciudad de Madrid Informe Anual*. https://madridsalud.es/wp-content/uploads/2021/05/INFORME_ANUAL_ALERTAS_SCIRI_2020.pdf
- Mamani, R. F. (2020). Producción De Grano De Ecotipos Locales De Cañahua (*Chenopodium pallidicaule* Aellen) Con Aplicación De Biol De Estiercol Bovino En La Estación Experimental Choquenaira. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, La Paz.*, 7(1), 30–39.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2409-16182020000100005&lng=pt&nrm=iso&tlng=es
- Mamani, R. F., & Aliaga, Z. S. E. (2018). *La Cañahua Grano Milenario de los Andes Arte Dedicado a la Producción Sostenible: Vol. Primero* (F. Mamani Reynoso & S. E. Aliaga Zeballos (eds.); 1ra ed.). Flores.
<https://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/23647?show=full>
- Mañay, N., Clavijo, G., & Díaz, L. (2009). Absorción atómica con horno de grafito. In *Absorción atómica con horno de grafito* (pp. 79–92).
<http://riquim.fq.edu.uy/archive/files/02ba23e6cc083af03bfc55ac63a98a0c.pdf>
- Mercosur. (2011). *Reglamento Técnico Mercosur Sobre Límites Máximos de Contaminantes Inorgánicos en Alimentos (Derogación de las Res. GMC N° 102/94 y N° 35/96)*. <https://normas.mercosur.int/public/normativas/2474>
- Mina, A. O. R. (2017). *Propuesta de Mitigación de la Contaminación por el Uso Minero del Mercurio de la Laguna la Rinconada* [Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann]. <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/2482>
- MINAM. (2016). *Aprende A Prevenir Los Efectos Del Mercurio Módulo 3: Agua Y Alimento*. <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/95?show=full>
- MINAM. (2017). *Programa Presupuestal N° 0144: Conservación Y Uso Sostenible De Ecosistemas Para La Provisión De Servicios Ecosistémicos*. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/05/Anexo-02-PP-144->

2018.compressed.pdf

- MINSA. (2015a). *Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Cadmio*. <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3244.pdf>
- MINSA. (2015b). *Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Mercurio*. <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/320831-guia-de-practica-clinica-para-el-diagnostico-y-tratamiento-de-la-intoxicacion-por-mercurio-r-m-n-757-2013-minsa>
- Molina, T. C. I., & Valdes, H. C. V. (2016). *Validación del método de digestión ácida, para la determinación de cobre en muestras de minerales mediante espectrofotometría de absorción atómica* [Universidad Técnica Federico Santa María].
<https://repositorio.usm.cl/bitstream/handle/11673/40804/3560901063660UTFSM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Munir, N., Jahangeer, M., Bouyahya, A., Omari, N. El, Ghchime, R., Balahbib, A., Aboulghras, S., Mahmood, Z., Akram, M., Shah, S. M. A., Mikolaychik, I. N., Derkho, M., Rebezov, M., Venkidasamy, B., Thiruvengadam, M., & Shariati, M. A. (2022). Heavy metal contamination of natural foods is a serious health issue: A review. *Sustainability (Switzerland)*, *14*(1), 1–20.
<https://doi.org/10.3390/su14010161>
- Olivares, R. S., Garcia, C. D., Lima, C. L., Saborit, S. I., Llizo, C. A., & Perez, A. P. (2013). Niveles De Cadmio, Plomo, Cobre Y Zinc En Hortalizas Cultivadas En Una Zona Altamente Urbanizada De La Ciudad De La Habana, Cuba. *Revista Internacional Contaminacion Ambiental*, *29*(4), 285–294.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000400006
- PENET. (2022). *Desviación Estándar Relativa*. Probabilidad y Estadística.
<https://www.probabilidadyestadistica.net/desviacion-estandar-relativa/#:~:text=La desviación estándar relativa es igual a la desviación estándar,por último%2C multiplicar por 100.>
- Polo, C., & Sulca, L. (2019). Metales Pesados: Fuentes Y Su Toxicidad Sobre La Salud

- Humana. *Unidad de Investigacion FACI - Tacna*, 2(2).
<https://doi.org/https://doi.org/10.33326/27066320.2018.1.842>
- Prabhat, K. R., CLee, S. S., Ming, Z., Yiu, F. T., & Ki, H. K. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment International*, 125(November 2018), 365–385.
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.01.067>
- Quecaño, M. N. C. (2018). Determinación De Metales Tóxicos En El Río Crucero – Puno [Universidad Nacional del Altiplano]. In *Tesis*.
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7829>
- Quispe, P. J. F., & Layme, M. (2021). *Conflicto Socio-Ambiental por la Contaminación del Rio Ramis en el Centro Poblado Progreso, Asillo - Azángaro: 2018* [Universidad Nacional del Altiplano - Facultad de Ciencias Sociales - Escuela Profesional de Sociología]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/16506>
- Quispe, Y. R. F., Belizario, Q. G., Chui, B. H. N., Huaquisto, C. S., Calatayud, M. A. P., & Yábar, M. P. S. (2019). Concentración De Metales Pesados: Cromo, Cadmio Y Plomo En Los Sedimentos Superficiales En El Río Coata, Perú. *Revista Boliviana de Química*, 36(2), 83–90. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.2.3>
- Rangel, R. (2017). Metales Toxicos en Alimentos. *Revista Del Instituto Nacional de Higiene*, 48, 6–8. <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/06/1000319/editorial-metales-toxicos-en-alimentos.pdf>
- Reyes, Y. C., Vergara, I., Torres, O. E., Díaz, M., & González, E. E. (2016). Heavy metals contamination: implications for health and food safety. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 16, 66–77. [Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110.pdf](http://dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110.pdf)
- Rodriguez, S. C. (2012). *Efectos toxicologicos por metales pesados en los seres vivos* [Universidad Nacional de Trujillo].
<http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/2984>
- Romero, B. N. (2020). *Contaminacion Por Metales Pesados En Alimentos En Ecuador: Meta - Analisis* [Universidad de Guayaquil].
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/48744/1/TESIS EMPASTAR.PDF>

- Salas, M. D., Hermoza, G. M., & Salas, A. D. (2020). Distribución De Metales Pesados Y Metaloides En Aguas Superficiales Y Sedimentos Del Río Crucero, Perú. *Revista Boliviana de Quimica*, 37(4), 185–193. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.4.1>
- Soloisolo, D. (2022). *Niveles de plomo y mercurio en agua de la cuenca Llallimayo durante el proceso de cierre de la Mina Arasi S. A. C. - Región Puno*. [Universidad Nacional del Altiplano del Puno]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/17747/Soloisolo_Cutipa_David.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy Metals Toxicity and the Environment. *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology*, 101, 133–164. <https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4>
- Tian, H., Zhang, C., Qi, S., Kong, X., & Yue, X. (2021). Concentration and spatial distribution of potentially toxic elements in surface soil of a peak-cluster depression, Babao town, Yunnan province, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(6), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ijerph18063122>
- Tineo, N. B. G., & Periche, V. R. E. (2019). *Evaluación del contenido de metales pesados en la margen izquierda del valle del río Tumbes y su absorción por el cultivo de arroz durante el periodo Marzo – Julio 2018*. [Universidad Nacional de Tumbes]. [http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/383/TESIS - PERICHE Y TINEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/383/TESIS_PERICHE_Y_TINEO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Tonconi, J. (2015). Producción Agrícola Alimentaria y Cambio Climático: un Análisis Económico en el Departamento de Puno, Perú. *Idesia*, 33(2), 119–136. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v33n2/art14.pdf>
- Torrejon, I. del R., Martin, B. L., B., D. L. P. T., Nasser, J. R., & Rizzi, R. (2016). La kañihua: Nueva Alternativa Alimentaria Para la Prevencion de la Desnutricion y las Enfermedades Cardiovasculares. *Revista de Salud Publica*, 2, 17–21. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/106040/CONICET_Digital_Nro.4_80d42b4-5d6e-4b4d-acb2-895cef80ad5c_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Vargas, D. R. (2017). *Metales Pesados en Suelos Cultivados con Riego y sin Riego en la Comunidad de Ñaupapampa del Distrito de Asillo - Puno* [Universidad Nacional del



Altiplano]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6874>

- Vega, C., & Pisconte, J. (2020). CINCIA Protocolos de Métodos M-002: Guía operacional del Equipo Milestone DMA-80 Direct Mercury Analyzer. In *Centro de Innovación Científica Amazónica*. http://cincia.wfu.edu/wp-content/uploads/PROTOCOLO-GUIA-DMA-80_F_02.10.2020_FINAL.pdf
- Villanueva, T. L. (2018). *Evaluacion de la Concentracion de Metales Pesados en las Aguas Superficiales del Rio Ayaviri para Fines de Riego* [Universidad Nacional del Altiplano Puno]. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/14602>
- Wyatt, L., Ortiz, E. J., Feingold, B., Berky, A., Diringler, S., Morales, A. M., Jurado, E. R., Hsu-Kim, H., & Pan, W. (2017). Spatial, temporal, and dietary variables associated with elevated mercury exposure in peruvian riverine communities upstream and downstream of artisanal and small-scale gold mining. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12). <https://doi.org/10.3390/ijerph14121582>

ANEXOS

Anexo 1
Cuadro Matriz de Consistencia:
Determinación de la Concentración de Cadmio y Mercurio en Cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) Obtenida en los Distritos de Taraco y Coata del Departamento de Puno – 2022

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Problema General</p> <p>¿Excederán las concentraciones de cadmio y mercurio en la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno - 2022?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar la concentración de cadmio y mercurio en la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno - 2022.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno contiene cadmio y mercurio en elevadas concentraciones.</p>	<p>VARIABLES</p> <p>Cañihua obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno – 2022.</p>	<p>ENSIONES</p> <p>Cañihua obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno – 2022.</p>	<p>ICADORES</p> <p>Muestras de cañihua recolectadas.</p>	<p>METODOLOGIA</p> <p>Enfoque: Cuantitativo Diseño: No experimental Nivel: Transversal Tipo: Descriptivo - Correlacional</p>
<p>Problema Específico</p> <p>a) ¿Superarán la concentración de cadmio en la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno?</p> <p>b) ¿Superarán la concentración de mercurio en la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno?</p> <p>c) ¿En qué medida se relacionan los niveles de cadmio y mercurio en la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>a) Cuantificar la concentración de cadmio en cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno. b) Cuantificar la concentración de mercurio en cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno. c) Determinar si existe correlación entre los niveles de cadmio y mercurio en cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>a) La concentración de cadmio en cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, superan los valores establecidos en Mercosur y la Legislación de la Unión Europea. b) La concentración de mercurio en cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno, superan los parámetros establecidos en la Legislación Brasileña. c) Existe relación entre las concentraciones de cadmio y mercurio en la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno.</p>	<p>Concentración de cadmio y mercurio en cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno – 2022.</p>	<p>Niveles de cadmio y mercurio permitidos por la Unión Europea, Mercosur y La Legislación Brasileña.</p>	<p>Límite máximo permisible (LMP) Unión Europea, Mercosur y Legislación Brasileña. Cadmio: 0,10 mg/kg Mercurio: 0,01 mg/kg</p>	<p>La población está conformada por la cañihua (Chenopodium pallidicaule Aellen) obtenida en los distritos de Taraco y Coata del departamento de Puno en el periodo mayo - julio del 2022. 10 muestras de cañihua. Muestreo de tipo intencional. Técnica de recolección Instrumental datos: Técnica Operativa: Análisis de mercurio: Analizador Directo de Mercurio DMA- 80 evo. Análisis de cadmio: Espectrómetro de Emisión Atómica de Plasma por Microondas (MP – AES) Agilent 4210.</p>

Anexo 2 Legislación Europea

PRODUCTO	Contenido máximo (mg / Kg peso fresco)
1.18 Grasas y aceites, incluida la grasa láctea	0,10
1.19 Zumos de frutas, zumos de frutas concentrados reconstituídos y néctares de frutas (9)	
Exclusivamente de bayas y otras frutas pequeñas	0,05
De frutas distintas de las bayas y otras frutas pequeñas	0,03
1.20 Vinos (incluido el vino espumoso y excluido el vino de licor) sidra, perada y vinos de frutas (10)	
Producidos desde la cosecha de frutas de 2011 hasta la cosecha de 2015	0,20
Producidos desde la cosecha de frutas de 2016	0,15
1.21 Vino aromatizado, bebidas aromatizadas a base de vino y cócteles aromatizados de productos vitivinícolas (12)	
Producidos desde la cosecha de frutas de 2011 hasta la cosecha de 2015	0,20
Producidos desde la cosecha de frutas de 2016	0,15
1.22 Complementos alimenticios (16)	3,0
1.23 Miel	0,10

El método de toma de muestras y criterios de realización de los métodos de análisis se basan en la en el Reglamento 333/ 2007

CADMIO (Cd)

PRODUCTO (1)	Contenido máximo (mg / Kg peso fresco)
1. Hortalizas y frutas, excluidas las hortalizas de raíz y tubérculo, las hortalizas de hoja, las hierbas frescas, las hortalizas de hoja del género Brassica, los tallos jóvenes, las setas y las algas marinas (1)	0,050
2. Hortalizas de raíz y tubérculo (excluidos los apionabos, chirivías, salsifíes y rábanos rústicanos), tallos jóvenes (excluido el apio). En el caso de las patatas, el contenido máximo se aplica a las patatas peladas (1)	0,10
3. Hortalizas de hoja, hierbas frescas, hortalizas de hoja del género Brassica, apio, apionabos, chirivías, salsifíes, rábanos rústicanos y las siguientes setas: Agaricus bisporus (champiñón), Pleurotus ostreatus (seta de ostra) y Lentinula edodes (seta shiitake) (1)	0,20
4. Setas, excluidas las enumeradas en el apartado anterior (1)	1,0
5. Cereales, excluidos el trigo y el arroz	0,10
6. – Granos de trigo, granos de arroz - Salvado de trigo y germen de trigo para el consumo directo - Habas de soja	0,20
7. Productos específicos de cacao y chocolate enumerados a continuación: (19)	
- chocolate con leche con un contenido en materia seca total de cacao < 30%	0,10 a partir 01-01-2019

Anexo 3
Legislación MERCOSUR

816

CADMIO

Categorías	Límite máximo (mg/kg)
Miel	0,10
Pasta de cacao	0,30
Chocolates y productos de cacao con menos de 40 % de cacao	0,20
Chocolates y productos a base de cacao con más de 40 % de cacao	0,30
Bebidas analcohólicas (excluidos los jugos)	0,02
Zumos (Jugos) y néctares de frutas	0,05
Bebidas alcohólicas fermentadas y fermento-destiladas, excepto vino	0,02
Vino	0,01 mg/L
Cereales y productos de y a base de cereales, excluidos trigo, arroz y sus productos derivados y aceites	0,10
Trigo y sus derivados excepto aceite	0,20
Arroz y sus derivados excepto aceite	0,40
Poroto (grano) de soja	0,20
Hortalizas del género Brassica (excluidas las de hojas sueltas)	0,05
Hortalizas de hoja (incluidas las Brassicas de hoja suelta) y hierbas aromáticas frescas	0,20
Hortalizas de bulbo y hojas envainadoras	0,05
Hortalizas de fruto de la familia <i>Curcubitaceae</i>	0,05
Hortalizas de fruto, distintas de las de la familia <i>Curcubitaceae</i>	0,05
Setas (hongos) excepto las del género <i>Agaricus</i> , <i>Pleurotus</i> y <i>Lentinula</i> o <i>Lentinus</i>	0,05
Hortalizas leguminosa	0,10
Legumbres (semillas secas de las leguminosas) excepto soja	0,10
Setas (hongos) del género <i>Agaricus</i> , <i>Pleurotus</i> y <i>Lentinula</i> o <i>Lentinus</i>	0,20
Raíces y tubérculos	0,10
Tallos jóvenes y peciolos	0,10
Frutas frescas, excluidas las bayas y frutas pequeñas	0,05
Frutas frescas de bayas y frutas pequeñas	0,05
Té, yerba mate, y otros vegetales para infusión	0,40
Café torrado en granos y polvo	0,10
Café soluble en polvo o granulado	0,20

Handwritten signatures and initials at the bottom of the table.

Anexo 4

Legislación Brasileña

ALIMENTO	TOLERANCIA EN PPM
Zumos de frutas y jarabes naturales	30
Aceites y grasas vírgenes	0,40
Aceites, grasas y emulsiones refinadas	0,10
Caramelos	10
Frutas, hortalizas y semillas oleaginosas naturales e industrializadas	10
Helados naturales	10
Lactosa	2
Miel	10
Otros alimentos	30

CROMO

ALIMENTO	TOLERANCIA EN PPM
Cualquier alimento	0,10

ESTAÑO

ALIMENTO	TOLERANCIA EN PPM
Zumos de frutas cítricas (enlatados)	150
Otros alimentos	250

MERCURIO

ALIMENTO	TOLERANCIA EN PPM
Pescados y productos de la pesca (salvo predadores)	0,50
Pescados predadores	1
Cualquier otro alimento	0,01

NIQUEL

ALIMENTO	TOLERANCIA EN PPM
Bebidas alcohólicas fermentadas	0,10
Bebidas alcohólicas fermento-destiladas	3
Refrescos	0,10
Zumos de frutas y jarabes naturales	3
Productos hidrogenados	4
Otros alimentos	5

PLOMO

ALIMENTO	TOLERANCIA EN PPM	
	Natural	Industrializado
Carnes	0,50	1
Aves	0,20	1

Anexo 5
Análisis de laboratorio



Universidad Nacional del Altiplano
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL



INFORME DE ANÁLISIS DE CAÑIHUA
N° 16-LA136

ASUNTO: Análisis del metal (Cadmio) por Espectrofotómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas 4210 MP-AES PROCEDENCIA: Coata y Taraco TELEFONO: cel. 951 979 888	CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136 N° ORDEN: LMEA – 4210 – MP – AES FECHA DE INGRESO: 25/07/2022 TIPO DE SERVICIO: Único SOLICITANTE: SEVERO HUAQUIPACO ENCINAS
--	---

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS DE CAÑIHUA

EMPAQUE PRIMARIO: bolsas de ziploc TIPO DE MUESTRA: Cañihua DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: Análisis de Cadmio CANTIDAD DE MUESTRAS: 10	TEMPERATURA DEL RECIPIENTE: <input checked="" type="checkbox"/> Ambiente <input type="checkbox"/> Refrigeración FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 03/08/2022 Método de Ensayo de muestras: Por digestión Multi acida 4210 MP-AES
---	---

I.- RESULTADO DE ANALISIS

Código de muestra	ANALISIS	RESULTADOS Cd 226.502 nm (ppm)	% RSD
M_01	Cañihua	0.034	13.69
M_02	Cañihua	0.102	2.78
M_03	Cañihua	0.098	8.42
M_04	Cañihua	0.031	5.87
M_05	Cañihua	0.082	9.93
M_06	Cañihua	0.048	5.07
M_07	Cañihua	0.034	0.28
M_08	Cañihua	0.046	1.86
M_09	Cañihua	0.086	1.51
M_10	Cañihua	0.132	1.70



M.Sc. Fidel Huiso Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL DE LA FIM UNA

Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

impulsado por  CamScanner



Universidad Nacional del Altiplano
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
LABORATORIO DE MONITOREO Y EVALUACION AMBIENTAL



INFORME DE ANÁLISIS DE CAÑIHUA

N° 17-LA136

ASUNTO: Análisis del metal (Mercurio) por Analizador De Mercurio
PROCEDENCIA: Coata y Taraco
TELEFONO: cel. 951 979 888
CODIGO DE LABORATORIO: L01LA136
N° ORDEN: LMEA - 4210 - MP - AES
FECHA DE INGRESO: 25/07/2022
TIPO DE SERVICIO: Único
SOLICITANTE: SEVERO HUAQUIPACO ENCINAS

INFORMACIÓN DE LAS MUESTRAS DE CAÑIHUA

EMPAQUE PRIMARIO: bolsas de ziploc
TIPO DE MUESTRA: Cañihua
DESCRIPCIÓN DEL SOLICITANTE: Análisis de Cadmio
CANTIDAD DE MUESTRAS: 10
TEMPERATURA DEL RECIPIENTE: Ambiente
 Refrigeración
FECHA DE INICIO DE ANÁLISIS: 03/08/2022

I.- RESULTADO DE ANÁLISIS

Código de muestra	Hg mg/kg	ANALISIS
M_01	0.0032	Cañihua
M_02	0.0024	Cañihua
M_03	0.0014	Cañihua
M_04	0.0028	Cañihua
M_05	0.0010	Cañihua
M_06	0.0014	Cañihua
M_07	0.0011	Cañihua
M_08	0.0014	Cañihua
M_09	0.0001	Cañihua
M_10	0.0012	Cañihua



Dr. Fidel Hualpa Maman
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO
Y EVALUACIÓN AMBIENTAL DE LA FM UNA.

Los resultados corresponden solamente a las muestras analizadas en el laboratorio se prohíbe la reproducción parcial de este sin la aprobación escrita del laboratorio

Anexo 6
Certificado de operatividad



Equipos Analíticos y Tecnología de Información S.A.C.

CERTIFICADO DE OPERATIVIDAD

Declaración del resultado obtenido en la Verificación Operacional del Sistema Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas.

- La Verificación Operacional del sistema, Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas ha sido evaluado de acuerdo con los requerimientos de Agilent Technologies.
- La Verificación operacional fue superada satisfactoriamente.

EQUIPO	MARCA	MODELO	SERIE
Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas	Agilent Technologies	4210	MY20339003
Generador de Nitrógeno	PEAK	Halo	720111431
PC	DELL	Optiplex 7080	BF8H673
Monitor	DELL		JRZ3Q63

Ubicación : Facultad de Ingeniería de Minas
Compañía : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
Responsable del Servicio : Carlos Quispe
Fecha : 8 de febrero de 2021
Nombre y firma del usuario : Yessenia Velasquez
Firma del responsable del servicio :

EQUANTI

CARLOS QUISPE RÍOS
FIELD SERVICE SPECIALIST

M.Sc. Fidel Huasi Mantani



Equipos Analíticos y Tecnología de Información S.A.C.

ACTA DE INSTALACIÓN, PRUEBA OPERATIVA Y CAPACITACION

Proceso de Selección: Contratación Directa N°007-2020-UNDA-1

Objeto: Adquisición de Bienes Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas

Por medio de la presente se deja constancia que el proveedor Equipos Analíticos y Tecnología de Información S.A.C. – EQUANTI S.A.C. concluyo el día 10 de febrero de 2021 con la instalación, prueba operativa y capacitación de 16 horas del equipo Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas en la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, encontrándose todo conforme

A continuación, se detallan los componentes del Sistema:

Descripción	Marca	Modelo	N° Serie
Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas	Agilent Technologies	4210	MY20339003
Generador de Nitrógeno	PEAK	Halo	720111431
Estación de Trabajo (CPU)	DELL	Optiplex 7080	BF8H673
Estación de Trabajo (Monitor)	DELL		JRZ3Q63
UPS	Koiff	6KVA	200917-86080030
Transformador de Aislamiento	LOGYS	8KVA	151224
Transformador de Aislamiento	LOGYS	6KVA	151223
Sistema de Extracción		fMP-AES	sNS
Sistema de Inyección		fMP-AES	sNS
Pozo a tierra		para Instrumentos analíticos < 50hm	sNS

No. de Orden de Compra: 00727

Dicho acto contó con la presencia del Representante de Laboratorio de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, y Representante del Contratista. Se adjuntan a esta acta los siguientes documentos:

1. Certificado de Calificación de la Instalación
2. Certificado de Verificación Operativa
3. Carta de Garantía.
4. Relación de personal capacitado
5. Certificados de Capacitación
6. Certificado de Pozo a tierra

M. Sc. Fidei Huiso Morales
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO
Y CALIDAD AMBIENTAL DE LA FIM UNA

Firma y sello del representante de
Universidad Nacional del Altiplano

EQUANTI
CARLOS GUISEPÉ RÍOS
FIELD SERVICE SPECIALIST

Firma y sello del representante de
EQUANTI S.A.C.



Equipos Analíticos y Tecnología de Información S.A.C.

ACTA DE INSTALACIÓN, PRUEBA OPERATIVA Y CAPACITACION

Proceso de Selección: Contratación Directa N°007-2020-UNDA-1

Objeto: Adquisición de Bienes Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas

Por medio de la presente se deja constancia que el proveedor Equipos Analíticos y Tecnología de Información S.A.C. – EQUANTI S.A.C. concluyo el día 10 de febrero de 2021 con la instalación, prueba operativa y capacitación de 16 horas del equipo Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas en la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, encontrándose todo conforme

A continuación, se detallan los componentes del Sistema:

Descripción	Marca	Modelo	N° Serie
Espectrómetro de Emisión Atómica por Plasma Microondas	Agilent Technologies	4210	MY20339003
Generador de Nitrógeno	PEAK	Halo	720111431
Estación de Trabajo (CPU)	DELL	Optiplex 7080	BF8H673
Estación de Trabajo (Monitor)	DELL		JRZ3Q63
UPS	Koiff	6KVA	200917-86080030
Transformador de Aislamiento	LOGYS	8KVA	151224
Transformador de Aislamiento	LOGYS	6KVA	151223
Sistema de Extracción		fMP-AES	sNS
Sistema de Inyección		fMP-AES	sNS
Pozo a tierra		para Instrumentos analíticos < 50hm	sNS

No. de Orden de Compra: 00727

Dicho acto contó con la presencia del Representante de Laboratorio de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional del Altiplano, y Representante del Contratista. Se adjuntan a esta acta los siguientes documentos:

1. Certificado de Calificación de la Instalación
2. Certificado de Verificación Operativa
3. Carta de Garantía.
4. Relación de personal capacitado
5. Certificados de Capacitación
6. Certificado de Pozo a tierra

M. Sc. Fidei Huiso Morales
JEFE DE LABORATORIO DE MONITOREO
Y CALIDAD AMBIENTAL DE LA FIM UNA

Firma y sello del representante de
Universidad Nacional del Altiplano

EQUANTI
CARLOS QUISPE RIOS
FIELD SERVICE SPECIALIST

Firma y sello del representante de
EQUANTI S.A.C.



REPORTE DE SERVICIO No. JO00044/2022 FECHA: 09/02/2022
DATOS DEL CLIENTE

RAZÓN SOCIAL : UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

LOCALIZACIÓN INSTRUMENTO : FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

DIRECCIÓN : AV. EL SOL NO. 329 - PUNO

LÍNEA		MODELO	MARCA	
ANÁLISIS DE MERCURIO		DMA-80EVO	MILESTONE	
No DE SERIE	COD. EQUIPO EN CLIENTE		TIPO DE SERVICIO	
19072835	32.12.602203580001		MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y VERIFICACION DE RENDIMIENTO	
No VISITA	PRÓX. MANTENIM.	TERMINADO	TIPO	SUB TIPO
1		NO	CON GARANTIA	SERVICIO NO COBRABLE
RAZÓN DEL SERVICIO				
AREA DE FALLA	CAUSA	RAZÓN INCOMPLETO	USO PRIMARIO	
NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA	INVESTIGACION	
HORAS DE TRABAJO		HORAS DE VIAJE	NOMBRE DEL RESPONSABLE	
Inicio: 08:00 Término: 18:00		00:30	FIDEL HUISA	
DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO REALIZADO				
<p>Se dio inicio al Mantenimiento Preventivo y Verificación de Rendimiento del DMA - 80evo.</p> <p>Se realizó limpieza interna y externa del equipo.</p> <p>Se revisó y limpio toda la electrónica del equipo.</p> <p>Se realizó limpieza de todos los ventiladores.</p> <p>Se limpió y lubrico todos los ejes móviles del Autosampler</p> <p>Se dio limpieza a las pinzas.</p> <p>Se revisó y limpio la cuveta.</p> <p>Se alinearon los detectores y lámpara de Hg.</p> <p>Se realizó una nueva curva de calibración CAL 09-02-2022 para los puntos: 0, 5, 10, 30, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 7000 y 10000 ppb obteniendo los R2 para la Celda 0 = 1.000, Celda 1 = 1.000 y Celda 2 = 0.9999</p> <p>El día de mañana se continuará con el mantenimiento.</p>				
No. DE PARTE	REPUESTOS Y CONSUMIBLES	CANT.	NECESIDAD	R U P ORIGEN S

R: Recomendado, U: Utilizado, P: Prestado, S: Stock del Cliente

COMENTARIOS DE LA FACTURA

Científica Andina S.A.C.
Área de Postventa

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL
ALTIPLANO

JOSE MUÑOZ

FIRMA Y SELLO DEL CLIENTE

Calle 2 de Mayo 270 Dpto. 101 - Miraflores - LIMA 18 PERU - Telfs: 2015800 - 4449993 - 4449983

	CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN DE RENDIMIENTO DMA - 80 / evo / WR	CÓDIGO : FGPV_CVR_DMA_80
		REVISIÓN : 00 APROBADO : JPV ELABORADO: APV FECHA : 10-12-20

CERTIFICADO No.: JO045 FECHA DE EVALUACIÓN: Febrero 10, 2022

Especificación		Valor Obtenido	Pasó / No Pasó
Estabilidad de 100µl de 100ppb (10ng) DMA - 80 / EVO	RSD ≤ 3%	0.23%	Pasó
	Absorbancia ≥ 0.4200	0.47	Pasó
Estabilidad de 200µl de 5ppm (1000ng) <u>Solo DMA - 80WR</u>	RSD ≤ 3%	N/A	N/A
	Absorbancia (Celda 0) ≥ 0.37	N/A	N/A

CONCLUSIONES: Las pruebas pasaron satisfactoriamente

Este documento CERTIFICA que las pruebas realizadas y la configuración evaluada

[] cumple
[] no cumple

Las especificaciones de MILESTONE, indicadas en este Certificado.

Este documento no modifica los términos estándar y las condiciones de venta de MILESTONE, incluyendo los términos de garantía. MILESTONE no asume compromiso por los resultados de las pruebas.

Ing. de Servicio

Firma de Cliente

Anexo 7

Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson r

$$= \frac{0,1+0,1+0,1+0,1+0,1+0,1+0,1+0,1+0,1+0,1}{10} = 0,1$$

$$= \frac{0,0032+0,0028+0,0024+0,0014+0,0014+0,0014+0,0012+0,0011+0,001+0,0001}{10}$$

$$\bar{y} = 0,0016$$

$$\Sigma (x - \bar{x})^2 = (0,1-0,1)^2 + (0,1-0,1)^2 + (0,1-0,1)^2 + (0,1-0,1)^2 + (0,1-0,1)^2 + (0,1-0,1)^2 + (0,1-0,1)^2 + (0,1-0,1)^2 + (0,1-0,1)^2 + (0,1-0,1)^2 = 1,926e-33$$

$$\Sigma (y - \bar{y})^2 = (0,0032-0,0016)^2 + (0,0028-0,0016)^2 + (0,0024-0,0016)^2 + (0,0014-0,0016)^2 + (0,0014-0,0016)^2 + (0,0014-0,0016)^2 + (0,0012-0,0016)^2 + (0,0011-0,0016)^2 + (0,001-0,0016)^2 + (0,0001-0,0016)^2 = 0,00000778$$

$$\Sigma (x - \bar{x})(y - \bar{y}) = (0,1-0,1)*(0,0032-0,0016) + (0,1-0,1)*(0,0028-0,0016) + (0,1-0,1)*(0,0024-0,0016) + (0,1-0,1)*(0,0014-0,0016) + (0,1-0,1)*(0,0014-0,0016) + (0,1-0,1)*(0,0014-0,0016) + (0,1-0,1)*(0,0012-0,0016) + (0,1-0,1)*(0,0011-0,0016) + (0,1-0,1)*(0,001-0,0016) + (0,1-0,1)*(0,0001-0,0016) = -9,028e-36$$

$$S_{xy} = \frac{\Sigma (x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n - 1}$$
$$S_{xy} = \frac{-9,028e-36}{10 - 1} = -1,003e-36$$

$$r = \frac{\Sigma (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\Sigma (x_i - \bar{x})^2) \Sigma (y_i - \bar{y})^2}}$$
$$r = \frac{-9,028e-36}{\sqrt{(1,926e-33 * 0,00000778)}}$$
$$r = -7,375e-17$$

Alternativamente

$$r = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y}$$

$$r = \frac{-1.003e-36}{1.463e-17 * 0.0009298}$$

$$r = -7,375e-17$$

Tabla

Coefficiente de correlación variable concentración de cadmio

$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
1.388e-17	0,0016	1.926e-34	1.926e-34	2.22e-20
1.388e-17	0,0012	1.926e-34	1.926e-34	1.665e-20
1.388e-17	0,0008	1.926e-34	1.926e-34	1.11e-20
1.388e-17	-0,0002	1.926e-34	1.926e-34	1.11e-20
1.388e-17	-0,0002	1.926e-34	1.926e-34	-2.776e-21
1.388e-17	-0,0002	1.926e-34	1.926e-34	-2.776e-21
1.388e-17	-0,0002	1.926e-34	1.926e-34	-2.776e-21
1.388e-17	-0,0004	1.926e-34	1.926e-34	-2.776e-21
1.388e-17	-0,0005	1.926e-34	1.926e-34	-5.551e-21
	-0,0006	1.926e-34	1.926e-34	-6.939e-21
	-0,0015	1.926e-34	1.926e-34	-8.327e-21
		1.926e-34	1.926e-34	-2.082e-20
-0	0	1,926e-33 (SS _x)	0,00000778 (SS _y)	-9,028e-36 (SP _{xy})

Cálculo de prueba

$$S = \sqrt{\left(\frac{1 - r^2}{n - 2}\right)}$$

$$S = \sqrt{\left(\frac{1 - (-7.375e-17)^2}{10 - 2}\right)} = 0,3536$$

$$\text{Estadística} = \frac{r - 0}{S}$$

$$\text{Estadística} = \frac{-7.375e-17 - 0}{0.3536} = -2,086e-16$$

$$p = p(x \leq -2.086e-16) = 0,5$$

valor $p = 2 * \text{Min}(p, 1 - p) = 2 * \text{Min}(0.5, 0.5) = 1$

Tabla

Coefficiente de correlación variable concentración de cadmio

Parámetro	Valor
Coefficiente Pearson (r)	-7.375e-17
Tamaño de la muestra (n)	10
Covarianza	-1.003e-36
Estadística	-2.086e-16

Los productos de la correlación de Pearson mostraron que existe un vínculo negativo muy pequeña no significativa entre X e Y, ($r(8) = .38e-17, p = 1.000$).

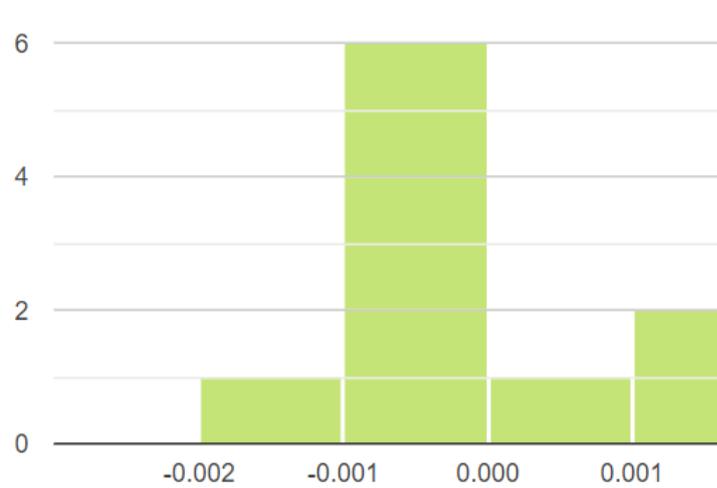


Figura Histograma de residuos

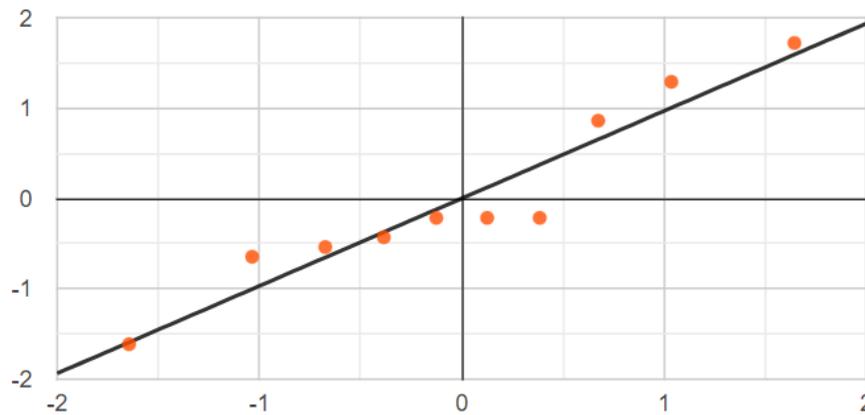


Figura Muestra de datos por cuartiles

Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson n (r)

$$= \frac{01+0,01+0,01+0,01+0,01+0,01+0,01+0,01+0,01+0,01}{10} = 0,01$$

$$= \frac{0,034+0,098+0,082+0,034+0,086+0,102+0,031+0,048+0,046+0,132}{10} = 0,0693$$

$$\begin{aligned} \Sigma(x - \bar{x})^2 &= (0,01-0,01)^2 + (0,01-0,01)^2 + (0,01-0,01)^2 + (0,01-0,01)^2 + (0,01-0,01)^2 \\ &+ (0,01-0,01)^2 + (0,01-0,01)^2 + (0,01-0,01)^2 + (0,01-0,01)^2 + (0,01-0,01)^2 = 3,009e-35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma(y - \bar{y})^2 &= (0,034-0,069)^2 + (0,098-0,069)^2 + (0,082-0,069)^2 + (0,034-0,069)^2 \\ &+ (0,086-0,069)^2 + (0,102-0,069)^2 + (0,031-0,069)^2 + (0,048-0,069)^2 + (0,046-0,069)^2 \\ &+ (0,132-0,069)^2 = 0,01122 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y}) &= (0,01-0,01)*(0,034-0,069) + (0,01-0,01)*(0,098-0,069) + (0,01-0,01)* \\ &(0,082-0,069) + (0,01-0,01)*(0,034-0,069) + (0,01-0,01)*(0,086-0,069) + (0,01-0,01)* \\ &(0,102-0,069) + (0,01-0,01)*(0,031-0,069) + (0,01-0,01)*(0,048-0,069) + (0,01-0,01)* \\ &(0,046-0,069) + (0,01-0,01)*(0,132-0,069) = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{XY} &= \frac{\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n - 1} \\ S_{XY} &= \frac{0}{0} = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r &= \frac{\Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\Sigma(x_i - \bar{x})^2 \Sigma(y_i - \bar{y})^2)}} \\ r &= \frac{0}{\sqrt{(3,009e-35 * 0,01122)}} = 0 \end{aligned}$$

Alternativamente

$$\begin{aligned} r &= \frac{S_{XY}}{S_X S_Y} \\ r &= \frac{0}{18 * 0,03531} = 0 \end{aligned}$$

Tabla

Coeficiente de correlación variable concentración de mercurio

$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
1.735e-18	-0,0353	3.009e-36	3.009e-36	-
1.735e-18	0,0287	3.009e-36	3.009e-36	6.124e-20
1.735e-18	0,0127	3.009e-36	3.009e-36	4.979e-20
1.735e-18	-0,0353	3.009e-36	3.009e-36	2.203e-20
1.735e-18	0,0167	3.009e-36	3.009e-36	2.203e-20
1.735e-18	0,0327	3.009e-36	3.009e-36	-
1.735e-18	-0,0383	3.009e-36	3.009e-36	6.124e-20
1.735e-18	-0,0213	3.009e-36	3.009e-36	2.897e-20
1.735e-18	-0,0233	3.009e-36	3.009e-36	5.673e-20
1.735e-18	0,0627	3.009e-36	3.009e-36	2.0
1.735e-18		3.009e-36	3.009e-36	-
1.735e-18		3.009e-36	3.009e-36	6.644e-20
1.735e-18		3.009e-36	3.009e-36	-
1.735e-18		3.009e-36	3.009e-36	3.695e-20
1.735e-18		3.009e-36	3.009e-36	-
1.735e-18		3.009e-36	3.009e-36	4.042e-20
1.735e-18		3.009e-36	3.009e-36	1.088e-19
0	0	3,009e-35 (SS _x)	0,01122 (SS _y)	0 (SP _{xy})

Cálculo de prueba

$$S = \sqrt{\left(\frac{1 - r}{n} \right)}$$

$$S = \sqrt{\left(\frac{1 - 0}{10} \right)} = 0,3536$$

$$\text{Estadística} = \frac{r - 0}{S} = \frac{0 - 0}{0,3536} = 0$$

$$p = p(x \leq 0) = 0,5$$

$$p\text{-Valor} = 2 * \text{Min}(p, 1 - p)$$

$$= 2 * \text{Min}(0,5, 0,5) = 1$$

Los productos de la correlación de Pearson señalaron que existe una correlación negativa muy pequeña y no significativa entre X e Y, ($r(8) =$, $p = 1.000$).

Los productos de la correlación de Pearson mostraron que existe una relación negativa muy pequeña y no significativa entre X e Y, ($r(8) = .38e-17$, $p = 1.000$).

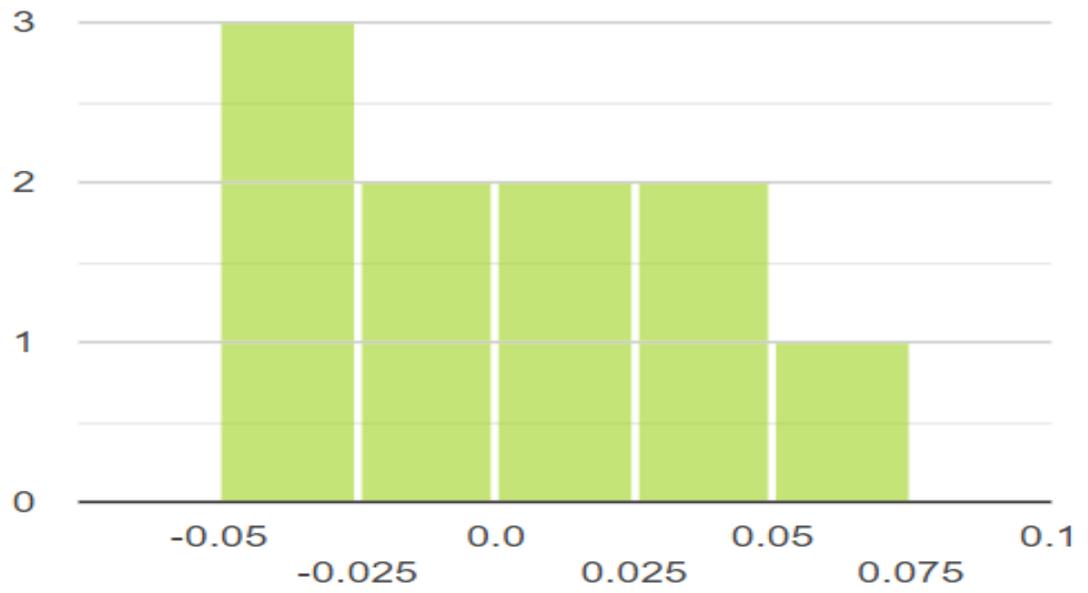


Figura Histograma de residuos

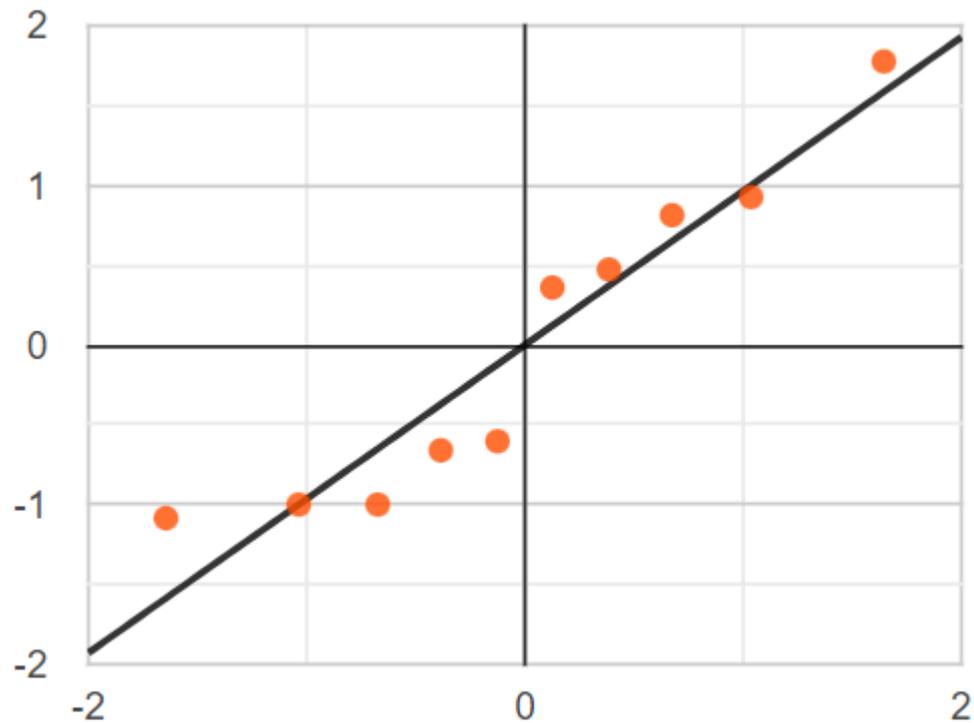


Figura Muestra de datos por cuartiles.

Cálculo de coeficiente de correlación de Pearson n (r)

$$\bar{x} = \frac{10+6+2+3+1+8+9+6+6+4}{10} = 5,5$$

$$\bar{y} = \frac{2,5+8+6+2,5+7+9+1+5+4+10}{10} = 5,5$$

$$\Sigma(x - \bar{x})^2 = (10-5,5)^2 + (6-5,5)^2 + (2-5,5)^2 + (3-5,5)^2 + (1-5,5)^2 + (8-5,5)^2 + (9-5,5)^2 + (6-5,5)^2 + (6-5,5)^2 + (4-5,5)^2 = 80,5$$

$$\Sigma(y - \bar{y})^2 = (2,5-5,5)^2 + (8-5,5)^2 + (6-5,5)^2 + (2,5-5,5)^2 + (7-5,5)^2 + (9-5,5)^2 + (1-5,5)^2 + (5-5,5)^2 + (4-5,5)^2 + (10-5,5)^2 = 82$$

$$\Sigma(x - \bar{x})(y - \bar{y}) = (10-5,5)*(2,5-5,5) + (6-5,5)*(8-5,5) + (2-5,5)*(6-5,5) + (3-5,5)*(2,5-5,5) + (1-5,5)*(7-5,5) + (8-5,5)*(9-5,5) + (9-5,5)*(1-5,5) + (6-5,5)*(5-5,5) + (6-5,5)*(4-5,5) + (4-5,5)*(10-5,5) = -28$$

$$S_{XY} = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{n - 1}$$

$$S_{XY} = \frac{-28}{10 - 1} = -3,1111$$

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{(\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2)}}$$

$$r = \frac{-28}{\sqrt{(80,5 * 82)}} = -0,3446$$

Alternativamente

$$r = \frac{S_{XY}}{S_X S_Y}$$

$$r = \frac{-3.1111}{2.9907 * 3.0185} = -0,3446$$

Tabla

Coefficiente de correlación variable relación cadmio mercurio

$x - \bar{x}$	$y - \bar{y}$	$(x - \bar{x})^2$	$(y - \bar{y})^2$	$(x - \bar{x})(y - \bar{y})$
4,5	-3	2	2	13,5
0,5	2,5	0,25	0,25	1,25
-3,5	0,5	0,25	0,25	1,75
-2,5	-3	12,25	12,25	1,75
-4,5	1,5	6,25	6,25	7,5
2,5	3,5	20,25	20,25	-6,75

3,5	-4,5	6,25	6,25	8,75
0,5	-0,5	12,25	12,25	-
0,5	-1,5	0,25	0,25	15,75
-1,5	4,5	0,25	0,25	-0,25
		2,25	2,25	-0,75
				-6,75
0	0	80,5 (SS _x)	82 (SS _y)	-28 (SP _{xy})

Cálculo de prueba

$$= \sqrt{\left(\frac{S^2}{norte} \right)}$$

$$= \sqrt{\left(\frac{S^2}{10 - 2} \right)} = 0,3319$$

$$\text{Estadística} = \frac{r-0}{S}$$

$$= \frac{\text{Estadística} \quad -0,3446 - 0}{0,3319} = -1,0384$$

$$p = p(x \leq -1,0384) = 0,1647$$

$$\text{Valor } p = 2 * \text{Min}(p, 1 - p) = 2 * \text{Min}(0,1647, 0,8353) = 0,3295$$

Los productos de la correlación de Spearman presentaron una correlación negativa muy pequeña y no significativa entre X e Y ($r(8) = 0,345$, $p = 0,329$).

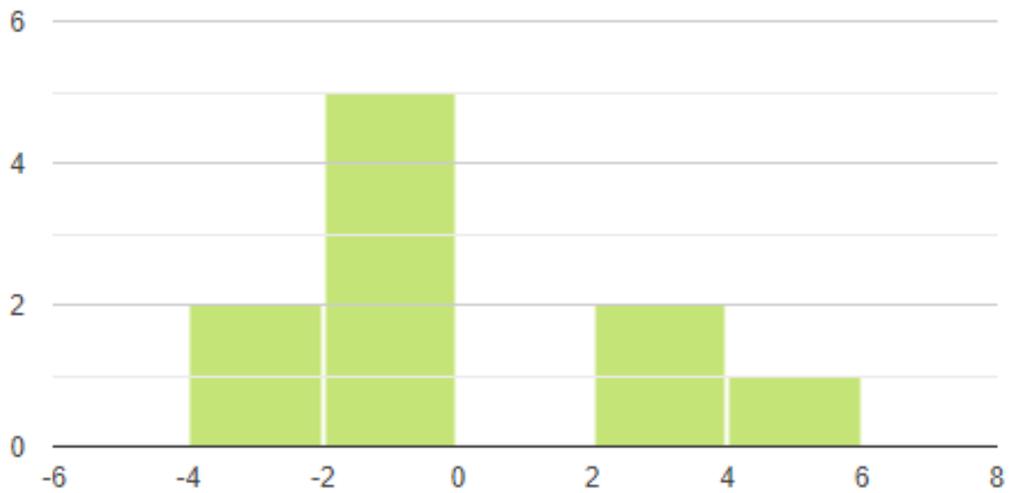


Figura Histograma residual.

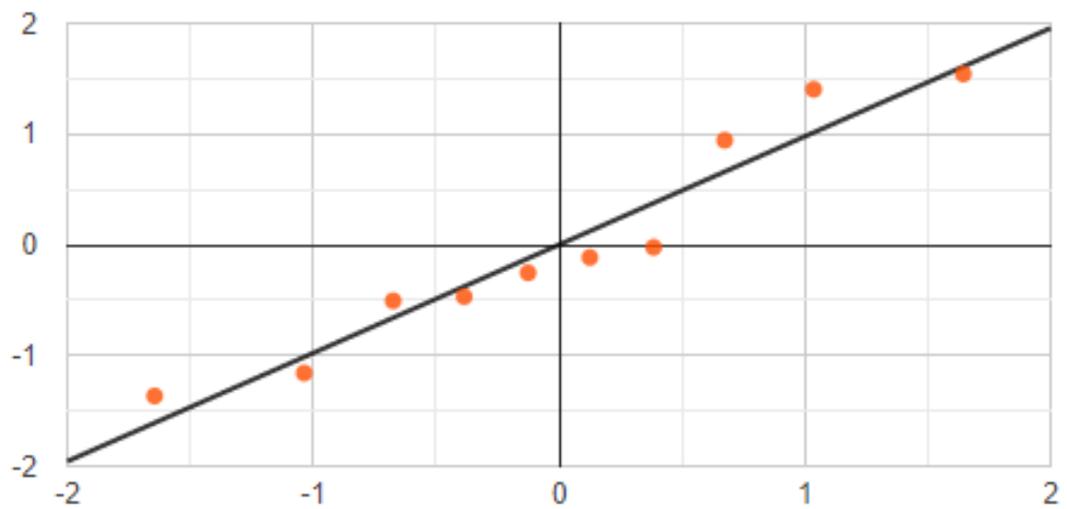


Figura Muestra de datos por cuartiles.

El valor de p es igual a 0,3295, ($P(x \leq -1,0384) = 0,1647$). Esto significa que la probabilidad de error tipo I, para rechazar correctamente H_0 , es demasiado alta: 0,3295 (32,95%). Cuanto mayor sea el valor de p , más probable es H_0 .