

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Trabajo de Investigación

**Evaluación de arsénico en suelos agrarios y cultivos en  
relación al riego con agua contaminada por efluentes  
mineros del centro poblado de Castrovirreyna**

Tatiana Erika Lagos Gálvez

Para optar el Grado de  
Bachiller en Ingeniería Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental  
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco al Ph. D. Anieval Peña Rojas, docente que me ayudo en la realización de la presente tesis con su orientación, sus correcciones y sus conocimientos, ya que sin sus aportes me sería difícil el haber culminado con la presente investigación. Así mismo, al presidente del centro poblado por haberme brindado las facilidades de obtención de información.

De igual manera a cada uno de mis docentes que aportaron muchos conocimientos para así poderlas aplicar en la realización de mi tesis.

## **DEDICATORIA**

A Dios y María Auxiliadora que guían mi camino y que permiten que este elaborando esta investigación. A mis padres que están en todos mis momentos y me apoyan incondicionalmente. A mis hermanos que me dan la motivación para seguir con todos mis propósitos. A mis tíos que estuvieron apoyándome durante toda mi vida universitaria.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA .....	ii
ÍNDICE .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRAC.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi
CAPÍTULO I.....	12
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....	12
1.1. Planteamiento y formulación del problema.....	12
1.1.1. Problema general.....	14
1.1.2. Problemas específicos .....	14
1.2. Objetivos.....	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos .....	15
1.3. Justificación e importancia .....	15
1.3.1. Ambiental.....	15
1.3.2. Social.....	16
1.3.3. Económico .....	17
1.4. Hipótesis y descripción de variables.....	17
1.4.1. Hipótesis general .....	17
1.4.2. Hipótesis específicas .....	18
1.4.3. Operacionalización de variables.....	18
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO.....	20
2.1. Antecedentes del problema.....	20
2.1.1. Antecedentes nacionales .....	20
2.1.2. Antecedentes internacionales .....	23
2.2. Bases teóricas.....	26
2.2.1. Teorías físicas.....	26
2.2.2. Teorías químicas.....	27
2.2.3. Teorías biológicas .....	29
2.2.4. Marco legal .....	30
2.2.5. Metodología .....	31
2.3. Definición de términos básicos.....	32

2.3.1.	Suelo.....	32
2.3.2.	Suelo agrícola.....	33
2.3.3.	Contaminación del suelo.....	33
2.3.4.	Arsénico.....	33
2.3.5.	Contaminación de arsénico.....	34
2.3.6.	Riego por bombeo.....	34
2.3.7.	Movilidad del contaminante.....	34
2.3.8.	Biodisponibilidad.....	35
2.3.9.	Bioacumulación.....	35
2.3.10.	Translocación del arsénico.....	35
2.3.11.	Minería formal.....	35
2.3.12.	Minería informal.....	35
2.3.13.	Explotación de minerales.....	36
2.3.14.	Desechos tóxicos mineros.....	36
2.3.15.	Relave minero.....	36
CAPÍTULO III.....		37
METODOLOGÍA.....		37
3.1.	Método y alcance de la investigación.....	37
3.1.1.	Métodos.....	37
3.1.2.	Alcance.....	38
3.2.	Diseño de la investigación.....	38
3.3.	Población y muestra.....	39
3.3.1.	Población.....	39
3.3.2.	Muestra.....	39
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	40
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	40
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	40
CAPÍTULO IV.....		42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		42
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información.....	42
4.1.1.	Descripción de los aspectos físicos.....	42
4.1.2.	Resultado de análisis del agua de riego.....	45
4.1.3.	Resultado de análisis de suelo.....	48
4.1.4.	Resultado de análisis de cultivo de cebada.....	51
4.2.	Prueba de hipótesis.....	51
4.2.1.	Hipótesis específica I.....	52
4.2.2.	Hipótesis específica II.....	56

4.2.3. Hipótesis específica III .....	59
4.2.4. Hipótesis específica IV .....	62
4.2.5. Hipótesis específica V .....	63
4.2.6. Hipótesis específica VI .....	66
4.3. Discusión de resultados .....	67
CONCLUSIONES .....	xii
RECOMENDACIONES .....	xiii
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	xiv
ANEXOS .....	xx

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de lagunas del río Castrovirreyna .....	13
Tabla 2. Datos climáticos "Estación Túnel Cero" .....	16
Tabla 3. Actividad económica de su centro de labor de los pobladores del distrito de Castrovirreyna .....	17
Tabla 4. Operacionalización de variables.....	18
Tabla 5. Muestreos y cantidad de ensayos para las variables y poblaciones.....	39
Tabla 6. NTP 214.042/2012.....	40
Tabla 7. Coordenadas UTM de los vértices de las muestras .....	42
Tabla 8.pH del agua obtenido de las zonas de muestreo.....	45
Tabla 9. Temperatura (°C) de muestras obtenidas del agua .....	46
Tabla 10. Datos de conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) de las muestras.....	46
Tabla 11. Concentración de arsénico (mg/l) de las muestras.....	47
Tabla 12. ECA de agua para arsénico - Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales .....	47
Tabla 13. Textura del suelo muestral .....	48
Tabla 14, Parámetros físicos del suelo muestral.....	48
Tabla 15. Concentración de arsénico (mg/kg) del suelo muestral .....	49
Tabla 16. ECA de suelo para arsénico.....	50
Tabla 17. Acumulación de arsénico en el cultivo de cebada (mg/kg) .....	51
Tabla 18. Concentraciones de arsénico (mg/l) en el influente y efluente del sistema de riego por bombeo .....	52
Tabla 19. Prueba de Levene de igualdad de varianzas y prueba t de igualdad de medias para el análisis de la hipótesis .....	53
Tabla 20.Prueba de normalidad para la concentración de arsénico en el agua de riego ..	55
Tabla 21. Estadístico de prueba ANOVA para diferencias de concentración de arsénico en el agua de riego .....	55
Tabla 22. Prueba Pos Hoc para diferencias de concentración de arsénico en el agua de riego .....	55
Tabla 23. Concentraciones de arsénico (mg/kg) en el suelo .....	56
Tabla 24. Prueba t de la muestra de arsénico en el suelo agrario.....	57
Tabla 25. Prueba de normalidad para la concentración de arsénico en el suelo .....	58
Tabla 26. Estadístico de prueba ANOVA para diferencias de concentración de arsénico en el suelo .....	58
Tabla 27. Prueba Pos Hoc para diferencias de concentración de arsénico en el suelo ....	59
Tabla 28. Concentraciones de arsénico en el tallo y raíz de los cultivos de cebada (mg/kg) .....	60
Tabla 29. Prueba de diferencias emparejadas de las muestras de tallo y raíz .....	61
Tabla 30. Prueba de normalidad agua/suelo.....	63

Tabla 31. Correlación estadística de Pearson para agua/suelo .....	63
Tabla 32. Prueba de normalidad para las concentraciones de arsénico en el agua/raíz ..	65
Tabla 33. Prueba de correlación de Pearson para agua/raíz.....	65
Tabla 34. Prueba de normalidad para agua/tallo.....	67
Tabla 35. Prueba de correlación de Pearson para agua/tallo.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Referencia espacial de las actividades mineras cercanas al centro poblado de Castrovirreyna .....	12
Figura 2. Características generales del centro poblado de Castrovirreyna.....	16
Figura 3. Etapas de la actividad minera por producto .....	27
Figura 4.Principales contaminantes del suelo .....	28
Figura 5. Ciclo del arsénico.....	28
Figura 6. Proceso de acumulación del contaminante .....	29
Figura 7. Principales vías de absorción del suelo en las plantas.....	30
Figura 8. Proceso metodológico de recolección de muestras .....	31
Figura 9. Proceso de muestreo de suelo.....	32
Figura 10. Proceso metodológico de la investigación.....	38
Figura 11. Delimitación de la población .....	39
Figura 12. Muestras de la población .....	40
Figura 13. Mapa geomorfológico del centro poblado de Castrovirreyna.....	42
Figura 14. Mapa geológico del centro poblado de Castrovirreyna.....	43
Figura 15. Mapa hidrogeológico del centro poblado de Castrovirreyna.....	44
Figura 16. Mapa climatológico del centro poblado de Castrovirreyna .....	45
Figura 17. Concentración de arsénico (mg/l) en las muestras tomadas por zona .....	47
Figura 18. Triángulo de las clases texturales del suelo .....	48
Figura 19. Concentraciones de arsénico (mg/kg) del suelo en cada zona muestral .....	50
Figura 20. Absorción de arsénico en el los cultivos de cebada (mg/kg) .....	51
Figura 21. Análisis de media para aceptación de hipótesis de los efluentes e influentes del agua de riego.....	54
Figura 22. Análisis gráfico de medias para la hipótesis de ECA de suelo .....	57
Figura 23. Análisis gráfico de medias para aceptación de hipótesis nula .....	61
Figura 24. Dispersión de datos para agua/suelo .....	62
Figura 25. Dispersión de datos para agua/raiz.....	64
Figura 26. Dispersión de datos agua//tallo .....	66

## RESUMEN

Durante el mes de mayo, uno de los meses donde se presenta con mayor fuerza el estiaje, se evaluó la concentración de arsénico en el suelo y la biodisponibilidad en el cultivo de cebada en el centro poblado de Castrovirreyna, ya que en esta época se realiza el riego mediante bombeo del río Castrovirreyna; sin embargo, este río presenta exceso de ciertos metales pesados como el mercurio, plomo y arsénico. Objetivo: Determinar la concentración de arsénico en el suelo agrario y los cultivos del centro poblado de Castrovirreyna respecto al riego con agua contaminada por efluentes mineros en época de estiaje. Métodos: Método científico hipotético deductivo, mediante métodos de gabinete y laboratorio se hallarán las propiedades y concentraciones de arsénico en el agua de riego, el suelo, el tallo de la cebada y la raíz; siendo los datos respecto al suelo y agua hallados por espectrometría y el de la cebada por secado. Resultados: El método empleado es óptimo ya que dio como resultado que se acepta la correlación de los datos a un 95%, con un  $r=0.593$  ( $P_{valor}=0.042$ ) para el suelo/agua  $r=0.812$  ( $P_{valor}=0.000$ ) para la raíz/agua y  $r=0.598$  ( $P_{valor}=0.170$ ) para el tallo/agua

**PALABRAS CLAVE:** arsénico, riego por bombeo, Castrovirreyna, concentración, biodisponibilidad

## ABSTRAC

During the month of May, one of the months where the sthiathiage occurs most strongly, the concentration of arsenic in the soil and the bioavailability in the cultivation of barley in the town center of Castrovirreyna was evaluated, since at this time irrigation is carried out by pumping the Castrovirreyna river; however, this river has excess of certain heavy metals such as mercury, lead and arsenic. Objective: To determine the concentration of arsenic in the agricultural soil and crops of the town center of Castrovirreyna with respect to irrigation with water contaminated by mining effluents in times of sthiathiazing. Methods: Deductive hypothetical scientific method, cabinet and laboratory methods will find the properties and concentrations of arsenic in irrigation water, soil, barley stem and root; the data regarding soil and water found by spectrometry and that of drying barley. Results: The method used is optimal as it resulted in the correlation of the data to 95%, with a  $r=0.812$  ( $P_{valor}=0.000$ ) for soil/water; ( $P_{valor}=0.138$ ) for root/water and ( $P_{valor}=0.170$ ) for stem/water

KEYWORDS: arsenic, pumping irrigation, Castrovirreyna, concentration, bioavailability.

## INTRODUCCIÓN

Al menos 4,5 millones de personas de Latino América beben agua contaminada por arsénico menor a 10 µg/L esto debido a actividades de origen geológico o por actividades antropogénicas que involucran al sector minero y la refinación de metales siendo el Perú un país minero, ciertos recursos se verían afectados por estas actividades, entre ellas tenemos al agua, suelo y aire especialmente por la presencia de metales pesados y metaloides. Castrovirreyna es un lugar con historia minera, por ello se encuentra abundancia de minas abandonadas que ha dejado un cumulo de pasivos mineros, siendo las fuentes de agua con las que los pobladores del centro poblado de Castrovirreyna realizan sus actividades como riego de cultivo, consumo y aseo.

En la presente se tiene como objetivo el de evaluar si la concentración de arsénico en suelo agrario se relaciona al uso de agua contaminada por efluentes mineros en el centro poblado de Castrovirreyna, siendo su evaluación a través de un monitoreo de suelos y del agua con el que se riega los cultivos en época de estiaje con un muestreo no estadístico longitudinal, estas muestras serán obtenidas del suelo de alguna zonas agrícolas rio Pacococha y del mismo agua con el que se riegan estos cultivos, añadiendo un muestreo del agua superficial del mismo río para mayor percepción; determinando: la textura del suelo, color, pH, conductividad eléctrica, concentración de materia orgánica y concentración de arsénico; de modo que se pueda evaluar los resultados, determinar si el suelo es contaminado por el agua con el que se riega los cultivos.

Por lo tanto, con fines metodológicos, podemos considerar los capítulos que se presentan a continuación:

El capítulo I nos muestra el planteamiento del estudio contiene el planteamiento y formulación del problema donde se menciona las características, causas y lo que esta sucediendo con respecto a la calidad del suelo, agua y cultivos en el centro poblado de Castrovirreyna por efecto de la explotación de metales y metaloides entre ellos el arsénico y sus efectos en la calidad de suelo, agua y cultivo además se definen los objetivos, se justifica y se definen las hipótesis.

El capítulo II sobre el marco teórico expresa los antecedentes de la investigación ya sea nacionales o internacionales que apoyen en la metodología y justificación del problema a investigar, sus bases teóricas que definen algunos conceptos necesarios de la investigación y la definición de términos.

El capítulo III contiene la metodología que agrupa el método tipo científico hipotético deductivo, el alcance de tipo cuantitativo correlacional y el diseño de la investigación tipo no experimental longitudinal, la población y muestra que se tomara para la realización de la investigación es no probabilístico por las características que se desea obtener y sus técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV se puede ver los resultados y discusiones donde se podrá observar los resultados de investigación, la prueba de hipótesis y sus discusiones.

La autora

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. Planteamiento y formulación del problema

Al menos 4,5 millones de personas de Latino América beben agua contaminada por arsénico menor a 10 µg/L esto debido a actividades de origen geológico o por actividades antropogénicas que involucran al sector minero y la refinación de metales (1). El sector minero en el Perú es considerado como la actividad que más contamina los cuerpos de agua superficiales subterráneas, similar a las otras regiones de América Latina, especialmente por metales pesados (cobre, cinc, cadmio, plata, arsénico, magnesio, etc.), estimando una descarga anual de 13 mil millones por m<sup>3</sup> de sustancias químicas y tóxicas en las fuentes de agua peruanas por la actividad minera metalúrgica (2). Estas actividades y sus efectos en el agua pueden causar no solo problemas ambientales con respecto al agua, también afecta al aire y suelo.

Debido a las actividades antropogénicas, el suelo ha sufrido cambios graduales y a la vez masivos que han perjudicado su calidad, por ello es necesario determinarla. Para determinar la calidad que tiene el suelo se debe evaluar ciertos parámetros, como el riesgo ecológico en especial sobre los suelos agrícolas, entre ellos: el uso y abuso de fertilizantes, plaguicidas provocando la acumulación de sustancias contaminantes en los procesos de adsorción de materia orgánica y la retención de agua ya que es tóxico para animales y seres humanos (3), esto incluye a la minería por la alteración a las propiedades del suelo, recursos hídricos y aire, debido a que esta actividad su principal recurso son los metales pesados y metaloides (4).

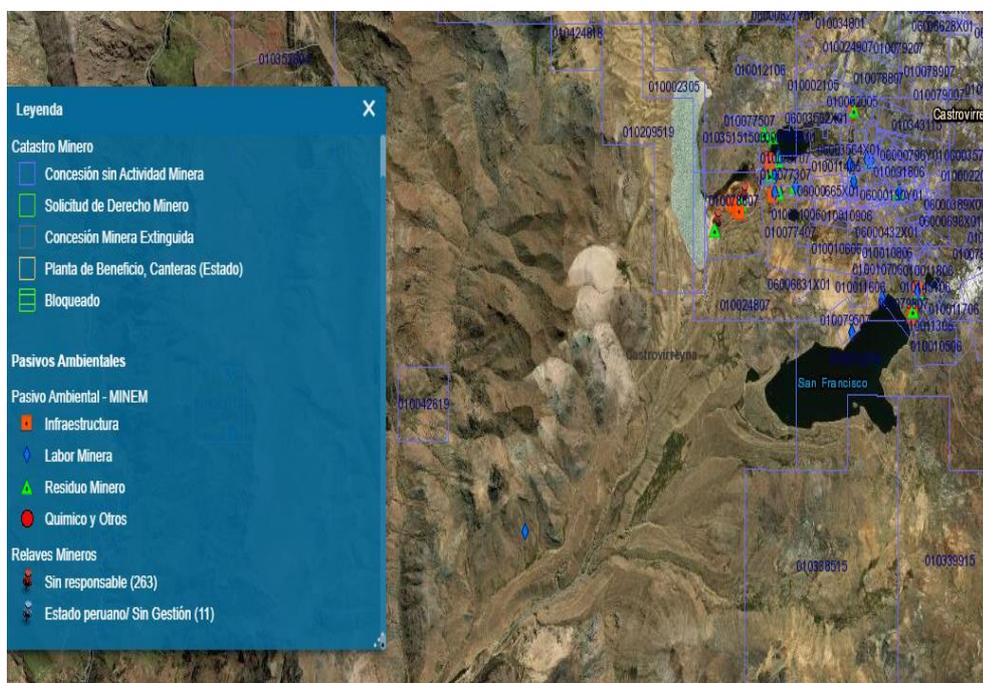


Figura 1. Referencia espacial de las actividades mineras cercanas al centro poblado de Castrovirreyna

Fuente: (5)

En la zona de estudio, centro poblado de Castrovirreyna, se ve la presencia de minas abandonadas que con el paso del tiempo han dejado gran cúmulo de pasivos mineros, y esto a la vez una potencial fuente de contaminación (6) El Ministerio de Energía y Minas ha elaborado un registro de 67 áreas con pasivos mineros en la región de Huancavelica y 8 de ellas se encuentran en estado de abandono, entre los distritos monitoreados se encuentra Castrovirreyna (7) mostrando evidencias de contaminación en sus principales fuentes de agua.

Como consecuencia de las nacientes del río Castrovirreyna (principal fuente de agua del centro poblado): laguna San Francisco, Pacococha y Opamayo, tienen alto contenido de metales (mercurio y cadmio) y/o metaloides (antimonio y arsénico) como una respuesta a la historia minera del lugar, ya que las descargas de aguas ácidas de las diferentes empresas mineras en labor (8) fueron las que provocaron esto a lo largo del tiempo. Por ello en la figura 1, podemos apreciar las actividades mineras que se encuentran alrededor de la zona de estudio, dando a entender que existe una gran cantidad de concesiones abandonadas y pasivos ambientales mineros que se encuentran en el entorno al río de Castrovirreyna.

**Tabla 1. Características de lagunas del río Castrovirreyna**

Fuente de Agua	Coordenadas UTM (WGS 84)		Altura (m s.n.m.)	Condición	
	Este	Norte		Hidrológica	Ambiental
Pacococha	471215	8538932	4456	Permanente	Represada y contaminada por metales, uso humano en temporada de estiaje.
San Francisco	472193	8536526	4519	Permanente	Existencia de criaderos de trucha
Pariona Jocha	471802	8536801	4520	Permanente	Uso para consumo y aseo humano

**Fuente:** (9)

En el 2000 el Ministerio de Energía y Minas realizó un listado de todas las minas abandonadas en Huancavelica, identificando 27 minas, la mayoría se ubicaba cerca de las lagunas ya mencionadas, por ello se hizo un muestreo de agua donde indica la presencia de diferentes componentes que se drenaban de manera subterránea a las lagunas de Pacococha y San Francisco con presencia de metales pesados (As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn) y cambios físicos de sus propiedades (10). En el año 2011 se registraron dos depósitos de relaves en la laguna Pacococha, donde se encontró cantidades de sodio, calcio, magnesio, arsénico, ácido carbónico y ácido sulfúrico incluyendo dos relaves mineros en el lugar (11), ello significó que toda la cuenca de Pisco (cuenca donde se ubica el sitio de interés) se encuentra contaminada desde la subcuenca alta hasta la subcuenca baja donde se el río Castrovirreyna se junta con el río Pisco. La Autoridad Nacional del Agua (ANA) realizó monitoreos de la calidad de agua y sedimentos de los ríos que conforman la cuenca del río Pisco, los puntos de monitoreo fueron 14, entre ellos la laguna de Pacococha (intermitente de los ríos Pisco y Castrovirreyna), con el objetivo de prevenir el vertimiento de pasivos mineros ya que afecta la calidad de vida de la población aledaña; este monitoreo indicó la

presencia de mercurio, cadmio, plomo y arsénico en las aguas que superaban los ECA de agua (12). Considerando la toxicidad de los metales presentes en agua con el cual se riegan vegetales se considera que algunas raíces absorben el metal que ha sido introducido al suelo por algún factor, en este caso el agua de riego, y de esta manera son considerados como tóxicos para consumo de animales o humanos puesto que quedan de manera permanente en el suelo (3).

### **1.1.1. Problema general**

¿Cuál es la relación que existe entre la concentración de arsénico en el suelo agrario y los cultivos del centro poblado de Castrovirreyna respecto al agua de riego contaminada por efluentes mineros en época de estiaje?

### **1.1.2. Problemas específicos**

¿De qué forma la alteración del agua de riego en el influente y efluente del sistema de bombeo afecta la concentración de arsénico en el suelo sistema de riego y los cultivos de cebada durante época de estiaje en el centro poblado de Castrovirreyna?

¿Cuál es la concentración de arsénico en los suelos agrarios del centro poblado de Castrovirreyna con respecto al ECA durante época de estiaje en el centro poblado de Castrovirreyna?

¿Cuál es la concentración más alta de arsénico que se encuentra en el tallo y la raíz del cultivo de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje?

¿Qué relación existe entre la concentración de arsénico en el suelo agrario del centro poblado de Castrovirreyna durante época de estiaje y el agua de riego contaminada por efluentes mineros?

¿Existe relación entre la concentración de arsénico en la raíz del cultivo de cebada con el agua de riego contaminada por efluentes mineros en la época de estiaje?

¿Existe relación entre la concentración de arsénico en el tallo del cultivo de cebada con el agua de riego contaminada por efluentes mineros en la época de estiaje?

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo general**

Determinar la concentración de arsénico en el suelo agrario y los cultivos del centro poblado de Castrovirreyna respecto al riego con agua contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.

## **1.2.2. Objetivos específicos**

Determinar si la concentración de arsénico en el agua de riego se mantiene igual desde el influente hasta el efluente del sistema con el que se riega el suelo agrario de Castrovirreyna en época de estiaje.

Determinar si la concentración de arsénico en el suelo agrario de Castrovirreyna supera los Estándares de Calidad Ambiental respecto al arsénico.

Analizar si la raíz contiene mayor cantidad de concentración de arsénico que el tallo en el cultivo de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje.

Identificar si existe correlación entre la concentración de arsénico en el suelo agrario del centro poblado de Castrovirreyna durante época de estiaje y el agua de riego contaminada por efluentes mineros.

Identificar la existencia de correlación entre la concentración de arsénico en la raíz de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje y la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros.

Identificar la existencia de correlación entre la concentración de arsénico en el tallo de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje y la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros.

## **1.3. Justificación e importancia**

### **1.3.1. Ambiental**

La contaminación de arsénico en el agua y suelo provoca una alteración en la calidad del ambiente, añadiendo que es un metal que se disuelve al entrar en contacto con otros metales, como explica en su ciclo (figura 5), por ello es necesario determinar si este contaminante se encuentra en la zona de estudio y las consecuencias que acarrea; según monitoreos en la laguna Pacococha se obtiene que el agua está altamente contaminado altamente por mercurio, seguido del arsénico, cobre, níquel, plomo y cinc que no superan al Estándar de Calidad Ambiental de agua (9) pero esto viene cambiando en época de estiaje y de precipitaciones, debido al uso que la población le da al agua, ya que en época de estaje suelen utilizar (tabla 1) el agua para regadío de sus vegetales a través de bombas que van desde el río Pacococha hasta sus hogares; considerando que estas aguas de río son provenientes de la laguna Pacococha, San Francisco y Pariona Jocha, ya estudiadas por la cantidad masiva de minas abandonadas que se encuentran cercana a ella.

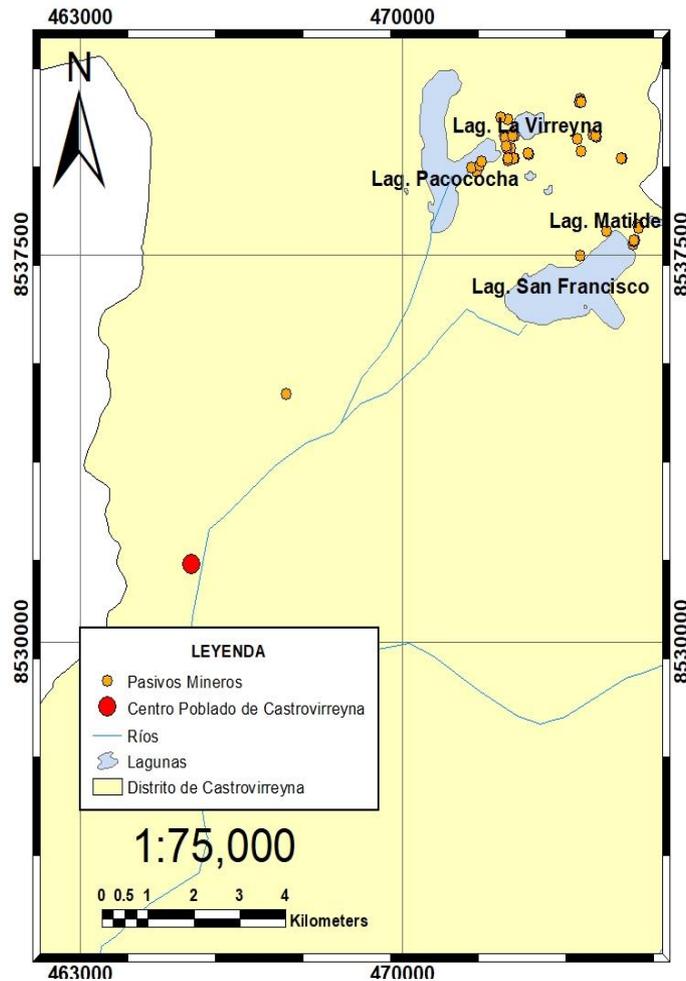


Figura 2. Características generales del centro poblado de Castrovirreyna

Según el último informe de Castrovirreyna (13) las precipitaciones de la zona ocasionan desborde del río Castrovirreyna entre los meses de enero y abril, afectando los cultivos de la población, que utiliza esta agua para el riego.

Tabla 2. Datos climáticos "Estación Túnel Cero"

Mes	Temperatura			Humedad relativa (%)	Precipitaciones (mm/mes)
	Min	Max	Promedio		
ENERO	0.713	11.743	6.228	88.015	139.500
FEBRERO	1.579	11.900	6.739	87.865	158.700
MARZO	0.967	10.775	5.871	86.545	251.100
ABRIL	0.133	10.652	5.259	83.479	82.200
MAYO	2.403	11.661	4.629	78.087	9.200
JUNIO	3.750	11.111	3.681	79.741	23.700
JULIO	4.367	11.017	3.325	80.314	21.900
AGOSTO	5.558	13.490	3.966	81.811	22.35
SEPTIEMBRE	2.477	12.924	5.224	81.061	9.400
OCTUBRE	2.837	12.843	5.003	82.107	36.100
NOVIEMBRE	0.290	12.510	6.110	86.367	98.700
DICIEMBRE	0.514	12.000	6.257	87.696	193.600

Fuente: (14)

### 1.3.2. Social

Siendo Castrovirreyna uno de los distritos que tiene tres lagunas principales, que abastecen de agua a la ciudad ubicadas en una formación caudalosa y añadiendo que tiene precipitaciones medianamente bajas como se muestra en la tabla 2; favorece la extracción de plomo, plata, cobre y cinc (9). Esto causa que por las redes hidrológicas se abastezca de agua a la ciudad de Castrovirreyna, causando posible ingreso de metales pesados a través del riego de cultivos con esta agua. Provocando posibles enfermedades por el metal en particular.

La presencia de arsénico por encima de los 0.02 mg/l puede generar en los pobladores de Castrovirreyna como un efecto agudo gastrointestinal, diarrea, dolores de cabeza, vómitos, convulsiones, estado de coma y hasta producir la muerte, mientras que como efecto crónico va a producir dermatitis, daño a los órganos, diabetes, cáncer (7).considerando que el arsénico causa más daño a las personas que a las plantas.

### 1.3.3. Económico

La población del distrito de Castrovirreyna según el último censo es de 2721 personas de las cuales el 23.6% se dedica a la agricultura y ganadería a diferencia del sector minero que solo tiene un 1.4% (Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres y Maurita Construcciones S.A.C. 2019). Por ello la contaminación de arsénico en el suelo agrícola del distrito afectaría a un 23.6% del total de población económica, porque dañaría a sus cultivos.

**Tabla 3. Actividad económica de su centro de labor de los pobladores del distrito de Castrovirreyna**

<b>Actividad económica de su centro de labor</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>
Agrícola	261	23.6
Pecuaria	357	32.3
Pesquería	3	0.3
Minería	16	1.4
Artesanal	1	0.1
Comercial	54	4.9
Servicios	95	8.6
Otros	69	6.3
Estado/Gobierno	248	22.5

Fuente: (13)

## 1.4. Hipótesis y descripción de variables

### 1.4.1. Hipótesis general

La concentración de arsénico en el suelo agrario y los cultivos del centro poblado de Castrovirreyna se relacionan con el riego con aguas contaminadas por efluentes mineros en época de estiaje.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

La concentración de arsénico en el influente es igual a la concentración en el efluente del sistema de riego por bombeo con el que se riega el suelo agrario de Castrovirreyna en época de estiaje.

La concentración de arsénico en el suelo agrario de Castrovirreyna durante época de estiaje supera los Estándares de Calidad Ambiental respecto al arsénico.

La raíz contiene mayor cantidad de concentración de arsénico que el tallo en el cultivo de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje.

Las concentraciones de arsénico en el suelo agrario del centro poblado de Castrovirreyna y el agua de riego contaminada por efluentes mineros se relacionan durante época de estiaje en el Centro Poblado de Castrovirreyna.

La concentración de arsénico en la raíz de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna se relaciona con la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.

La concentración de arsénico en el tallo de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna se relaciona con la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.

### 1.4.3. Operacionalización de variables

Tabla 4. Operacionalización de variables

Tipo de variable	Definición conceptual	Dimensionamiento	Indicadores	Instrumentos	
Independiente	Aguas contaminadas por efluentes mineros	Las aguas contaminadas son alteraciones de su calidad, teniendo los efluentes mineros metales pesados y metaloides que pueden contaminarlo(1)	Concentración de efluentes mineros	Litros mg/L	GPS Multiparámetro Fichas de muestreo Espectrofotómetro UV-Visible METROLAB

<b>Dependiente</b>	Concentración de arsénico en suelo agrario	El suelo agrario es un tipo de suelo muy usado para el asentamiento de las personas y la explotación de sus diferentes productos, teniendo usos clasificados en: forestal, barbechos, cultivos herbáceos y leñosos (15).	Disponibilidad de arsénico	de Kg mg/kg	GPS Multiparámetro Fichas de muestro de suelo Espectrofotómetro UV-Visible METROLAB
	Concentración de arsénico en cultivos	Los cultivos contaminados por metales o metaloides entre ellos arsénico presentan concentraciones que superan el nivel del peligro para consumo y esto se puede dar vía mineralización natural o por el aporte de la minería circundante de la región (16)	Disponibilidad de arsénico	de mg/kg	Fichas de muestro de suelo Espectrofotómetro UV-Visible METROLAB

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del problema

##### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Vargas (17) en su tesis tiene como objetivo principal determinar los niveles de concentración de metales pesados (As, Cb, Pb, Hg y Zn) en dos tipos de suelo de Titicaca y Calapuja, comparar los niveles de concentración de metales pesados en suelos con riego y sin riego evaluando su calidad del agua, asimismo se determinó los niveles de concentración de metales pesados en cultivos de avena y alfalfa. La metodología comenzó con un muestreo según los puntos de control para la caracterización del suelo (2 puntos de control), la muestra fue tomada con una profundidad de 30 cm haciendo un recorrido zigzag recolectado entre 15-20 sub muestras de cada punto de control; posteriormente se llevó a secado y fueron llevados al Laboratorio de calidad Ambiental de la Universidad Mayor de San Andrés de Bolivia, de estas muestras se obtuvieron los siguientes parámetros: pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total fosforo disponible, textura del suelo, carbonatos, capacidad de cambio, calcio cambiante, sodio cambiante, potasio cambiante; además se incluyó análisis de arsénico total, cadmio total, mercurio total, plomo total y cinc total; lo mismo sucedió con las muestras de agua que fueron llevadas al laboratorio de dicha universidad Tomando en cuenta su pH, conductividad eléctrica, iones de calcio magnesio, sodio, potasio, nitratos, sulfatos, cloro, su dureza y alcalinidad, conjuntamente con los metales medidos en el suelo. Se realizó un análisis de los cultivos ya mencionados de manera in situ, luego cuando tomaron las características necesarias fueron llevadas a laboratorio analizando la cantidad de arsénico, cadmio mercurio, plomo y cinc. para poder analizar las tres variables se realizó un análisis estadístico lineal. Los resultados fueron contundentes para el cinc y el arsénico, ya que se evidencio que los suelos con riego contenían 50% más de contenido de estos metales a diferencia de los suelos sin riego que tenían cantidades mínimas de los metales estudiados sin exceder los LMP establecidos, viéndose influenciadas por ciertas características físicas y químicas del suelo.

El estudio apoya en la investigación debido a que contiene tres variables parecidas a los que se viene estudiando, y su relación de estas, el muestreo es de tipo no paramétrico ya que se toman parcelas que el autor escogió basándose en los estudios de gabinete que realizó; sacando 20 sub muestras de cada punto con una profundidad de 30 cm viendo que las aguas de riego y sin riego se ven diferenciadas en sus resultados

Según Andrade, Castillo y Quispe (3) en su investigación sobre metales pesados presentes en suelos agrícolas y en suelos para cultivo de papa tiene como objetivo determinar la presencia de metales pesados (Pb, Cd y As) en los suelos ya mencionados de la Bahía Interior de Puno, la metodología empleada fue a través de un análisis de espectrometría de emisión óptica ICP-OES (técnica que utiliza plasma acoplado por inducción para generar

átomos excitados que emiten radiación electromagnética al retornar a su estado fundamental, permitiendo analizar impurezas metálicas) (18) que cuantifica los elementos traza y se evaluaron los resultados con el ECA de suelo y el Consejo Canadiense de Ministros de Medio Ambiente de Canadá, las muestras tomadas fueron de seis puntos de muestreo para los dos tipos de suelo a 30 cm de profundidad con muestreo en zigzag de acuerdo a la guía de muestreo del MINAM, para el análisis espectoquiométrico se realizó un pre proceso de digestión para evitar la contaminación o pérdida del suelo añadiendo ácido nítrico y filtrándola después de realizarse la digestión. Llegando a los resultados de plomo 505,2 mg/kg y arsénico 40.19 mg/kg superando los parámetros, presentando tendencias de mayor acumulación de los metales alrededor de la laguna de oxidación que se encuentran en la zona.

Debido a que la investigación es la determinación de arsénico en el suelo agrario se asemeja al método de estudio de la investigación por ello se tomara en cuenta el tipo de metodología empleada, sobre todo la toma de calicatas y el proceso de digestión para no perder o contaminar muestras.

Diaz en su investigación (19) tiene como objetivo describir, analizar y evaluar el origen del arsénico en los suelos del centro poblado Llacuabamba, ya que es un lugar históricamente minero que deja rastros de pasivos mineros. Mediante elementos secuenciales y alternos se determinó que los metaloides se transportan mediante agua y aire y se convierte en un depósito contaminante en encontrarse con la zona agricultora cerca de la actividad minera, las características físicas y meteorológicas, este contaminante tiene mayor acceso y representa un alto riesgo, ya que la población podría estar en contacto permanente con el arsénico. Por ello se analizó la edafología del suelo, pH, erosión, meteorización y la actividad de lixiviación de las áreas mineralizadas con contenido arsénico, teniendo 20 puntos de muestreo en cinco zonas específicas: rural, vivienda, pueblo, urbano e industrial; alrededor de toda la comunidad de Llacuabamba. Dando como resultado que la zona industrial excedencia hasta 653.20 mg/kg de arsénico sobrepasando el límite máximo permisible, en la zona urbana se identificó la excedencia del LMP hasta 100 mg/kg; siendo estos los lugares más afectados por arsénico.

Siendo Castrovirreyna un lugar con presencia histórica minera y habiendo relaves sin una persona que se haga cargo, la investigación ayudaría a localizar la presencia de arsénico analizando parámetros como edafología, pH, erosividad, textura, meteorización y actividades de lixiviación, asimismo como estos datos ayudaron a la identificación de los puntos de muestreo por paisaje, tipo de suelo y subnivel de terrazas aluviales, ayudados por el emplazamiento del río principal de Llacuabamba.

Higinio en su investigación (20) realizo un estudio de suelo y de metales pesados en la provincia de San Antonio de Putina, Puno; teniendo como objetivo determinar la presencia de metales pesados en las áreas intermedias de un proyecto minero e identificar la concentración de arsénico, plomo y mercurio en las muestras de suelo, utilizando colección de muestras llevadas a laboratorio. Dando como resultado que el 37 % de suelo contiene altas concentraciones de arsénico, plomo y mercurio superando el ECA de suelo para zona industrial.

La presente investigación apoya a la investigación debido a que se analiza un suelo que tiene parcialmente las mismas características del suelo de Castrovirreyna; contando con similares minerales extraído por labor minera.

Según Días y Burga en su tesis para optar el título profesional de Ingeniero Ambiental (21) presenta como objetivo el estudio de metales pesados del pasivo ambiental minero "Paredones" distrito de San Bernardino, provincia de San Pablo, departamento de Cajamarca con el fin de investigar la concentración de estos metales en el suelo y la flora. Y ver la relación que existe entre sus variables y la excedencia según el ECA de suelo de uso comercial, industrial y extractivo. El trabajo se realizó usando un muestreo de recopilación de 1kg en cinco puntos, cuatro en la zona de la relavera y uno en su zona de impacto. Las plantas a ser usadas fueron Phragmite australis (carrizo), Trixis cacaliodes (herbazal), Acacia Macracanta (espina) y Bursera graveolens (palo santo). Como resultado se identificó que el Magnesio es el metal pesado con mayor presencia (2997mg/kg) entre otros 13 metales pesados como aluminio, arsénico, cobalto, cromo, cobre, etc. Además, los resultados de la relación de todos los metales pesados muestreados y la absorción de plantas a usar, indica que la cantidad de metal pesado en el suelo es de la misma concentración proporcional en las plantas. Ayudando a la investigación en analizar el suelo y la planta cultivada ya que según el estudio es inversamente proporcional los resultados, o sea si existe contaminante en el suelo, la planta absorberá y concentrará este material contaminante.

Según Soto y otros autores en su tesis (22) presenta como objetivo evaluar los niveles de concentración de mercurio, cadmio, arsénico y plomo y verificar en el suelo, realizando su caracterización físico química de los suelos agrícolas comparando con los estándares nacionales e internacionales y así determinar el índice de bioacumulación en el suelo de la Pastora. La metodología empleada resultó de 6 muestras tomadas al azar de 0.5 ha y de dos tipos de cultivo representante de la selva amazónica (yuca y plátano) en los que se realiza la caracterización fisicoquímica y textural. La caracterización física de suelo de las dos plantaciones dio resultados similares en su pH, MO, textura, granulometría, entre otros; la concentración identificada de los metales en el suelo agrícola de Tambopata no sobrepasó el ECA; sin embargo, en la plantación de yuca se vio bioacumulación de arsénico sobre todo en sus hojas. Además, en la plantación de plátano fue representante el arsénico y el plomo en sus raíces y en el tallo. Lo estudiado en esta tesis, muestra que las plantas tienden a absorber los contaminantes notando mayor presencia en su raíz si es un árbol y en sus hojas según la característica de la planta.

Es estudio apoya en la investigación debido a que se hace un estudio con muestras de suelo y los productos agrícolas que tiene cada suelo, haciendo una comparación según los cultivos, además que muestra algunos aspectos físico-químicos que deben ser considerados para el correcto monitoreo de su zona de estudio, añadiendo que la zona de estudio en una zona donde la minería podría ser uno de las actividades que provoca el aumento de metales pesados en los suelos de cultivo.

Rebaza y Valverde (6) en su investigación tiene como objetivo evaluar el potencial biorremediador de la mostaza en suelos contaminados por zinc y arsénico provenientes de relaves mineros del distrito de Santiago de Chuco. La metodología empleada fue recolección de relave minero que posteriormente será analizado a través del ICP-OES de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica; también se recolectó suelo de la zona de estudio tomando mayor énfasis a la textura del suelo para posteriormente plantar la mostaza en macetas con contenido del suelo con diferentes porcentajes de relave minero para hallar la significancia de los datos medidos del agua y del suelo, determinando con la prueba de Dunnett, Duncan y el gráfico de caja de bigotes. Los resultados fueron de que los tratamientos que se les dio a las macetas, teniendo en cuenta el añadido de relave; la primera con 0% no está influenciado por ninguno de los dos metales y mientras se fue añadiendo mayor porcentaje disminuyó la cantidad de biomasa siendo los de 40% y 60% los que mayor cantidad de bioadsorción tuvo.

La investigación ratifica la metodología empleada de la ICP-OES añadiendo que la textura del suelo es un actor importante para poder determinar actores agrícolas y otros datos añadidos y la prueba de Duncan que es indispensable para analizar los datos de la investigación.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Herrera y otros autores (23) en su investigación tienen como objetivo determinar el arsénico total, la capacidad de fitoextracción del maíz mediante factores de bioacumulación en la raíz y evaluar el riesgo del consumo de granos y hojas mediante el factor de translocación de planta adulta del valle de Camiña integrando características físico-químicas del agua de riego y los suelos cultivados. Para elaborar la investigación se colectaron muestras de agua de riego y de suelos cultivados con maíz, tomando muestras de las raíces, hojas y granos; en las muestras de agua se midieron conductividad eléctrica, pH, potencial redox, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, nitratos, fosfatos entre otros mediante espectrometría de absorción; las muestras de suelo fueron secadas y tamizadas para determinar su humedad, pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico a través de un medio de filtración inferior. Como resultado se obtuvo que no existe relación entre concentración de contaminante en el suelo y en la raíz en consecuencia no existe riesgo en su consumo, debido a que los porcentajes de traslocación fueron bajos entre 1,57 a 5,90% y con una cantidad de arsénico en el suelo de 30 a 300 mg/kg.

La investigación apoya en el proyecto debido a que hacen un análisis del agua de riego y del suelo, agregando los cultivos y las causas que estas puedan generar al momento de ingerir, agregando que en la misma información indica las metodologías empleadas para cada parámetro que se va a medir las variables.

Cruz y otros autores en su investigación (24) tienen como objetivo medir la concentración de sales y arsénico en el agua para uso potable, agrícola, ganadero y de servicios analizando la presencia de los elementos de calcio magnesio, sodio y potasio en 14 pozos situados a la línea paralela de la costa

y en la parte central del acuífero. La metodología empleada fue utilizando el diagrama de Piper para el análisis de elementos y para la determinación de presencia de sales y arsénico se enviaron las muestras a laboratorio según lo establecido en la Norma Oficial Mexicana, añadiendo que las muestras fueron tomadas en el influente y efluente de los procesos de traslado de agua. Los resultados fueron que, la presencia de sales en algunos pozos es debido a la instrucción de agua marina en los pozos; a diferencia de arsénico que no sobrepasaba en estos casos; de 20 pozos muestreados solo 3 resultaron obtener para estas variables dando como resultado que el arsénico se encuentra presente los pozos que se utilizan para riego de cultivos excediendo los límites de la Norma Oficial Mexicana debido a características morfológicas de la ubicación de las pozas, lugares donde existe fallas geológicas, escasa agricultura, roca y sedimentos.

El análisis de este estudio proporciona un tipo de análisis en laboratorio de agua en el efluente (momento de uso) e influente (bombeo del agua), añadiendo que nuestra zona de estudio cuenta con las características de los pozos que sobrepasaron la Norma Oficial Mexicana.

Jiménez (1) en su tesis tiene como objetivo realizar un diagnóstico de la presencia de arsénico en el suelo y en agua de consumo evaluando el riesgo que ocasiona en la parroquia de Pacallacta, apoyándose en la concentración del contaminante en suelos agrícolas sedimentos y aguas superficiales, determinando características fisicoquímicas y evaluar su calidad, para ello se correlacionaran los resultados para discutir el origen natural del arsénico en Papallacta. Por ello se tuvo como metodología el análisis físico, químico y biológico de la zona de estudio, teniendo en cuenta cuatro áreas de estudio de las cuales tres muestras llevadas a laboratorio superaron los estándares de calidad del Ecuador y de la OMS con respecto al agua potable (10 µg/L) con concentraciones promedio de 16,8 10,5 y 24 µg/L; algo similar paso con el suelo ya que la metodología empleada (ICP-MS y absorción atómica) dio como resultado que todas las muestras exceden los estándares (12 mg/kg) entre 20,7 y 43 mg/kg y en sedimentos con 66,7 mg/kg. La evaluación de riesgo ecológico fue llevada a cabo tras utilizar el factor de enriquecimiento (EF), el factor de contaminación (CF) y el índice de geoacumulación (Igeo) teniendo como resultado un EF bajo a moderado, CF moderado y enriquecimiento en la roca madre por arsénico. Con todos estos datos se calcula que el índice de problemas de salud para los pobladores en una proporción de 1 en 1000000 considerado como significativo por la USEPA que fueron sacados por el consumo de agua de los pobladores y sus exposiciones a esta.

Del estudio recalcar los estudios en los componentes de agua y suelo que son comparados con los estándares de calidad del país y con los estándares internacionales de la OMS, incluyendo un análisis en laboratorio concordante con el protocolo del país y sus normas técnicas; añadiendo el uso de correlación para poder determinar los riesgos para la salud humana.

El artículo de investigación de Chambi, Orsag y Niura (16) tiene como objetivo determinar la presencia de metales pesados (Pb, Cd, Zn y As) en los cultivos representativos (papa, haba, cebada y alfalfa) de las microcuencas del

municipio de Poopó. Las muestras fueron seleccionadas previamente de tres puntos de cada microcuenca, pasando por un proceso de espectrofotometría y de absorción atómica en llama y horno de grafito en Un laboratorio de la Universidad Mayor de san Andrés. Viéndose evaluadas con los parámetros de los límites máximos permisibles y niveles peligrosos para suelo basados en la Ley de gestión Ambiental del Ecuador; dando resultados de 55 mg kg<sup>-1</sup> de arsénico en el suelo y 1.7 mg kg<sup>-1</sup> en las muestras: siendo un resultado que supera los estándares propuestos por el gobierno del país de Ecuador.

Debido a que el agua está en la cuenca de pisco se pude determinar que las muestras se basaran en la microcuenca correspondiente, para no dar tantas generalidades en el tema.

El artículo de Medina y Zanor (25) tiene como objetivo cuantificar la concentración de arsénico en los suelos de Irapuato y evaluar su relación con sus propiedades físicas y químicas. La metodología empleada fue de sacar muestras y llevarlas a laboratorio (ICP-OES) de dos vertisoles y dos entisoles a una profundidad de 1.2 m, dando como resultados suelos alcalinos y ligeramente salinos, la materia orgánica vario entre 8.13% - 8.87%; el arsénico presente en la zona más poblada de Irapuato no sobrepaso los límites permisibles según la Norma 147-SEMARNAT/SSA-2004, a diferencia de la zona rural que oscilo entre no contaminado a extremadamente contaminado, indicando que el contaminador es una fuente antropogénica. Debido a que la zona de estudio es un Municipio aporta a las zonas de análisis de suelo para identificar arsénico. Debido a que las muestras fueron sacadas de diferentes zonas de Guanajuato se obtuvieron datos que varían según las propiedades químicas y físicas de muestra de suelo y mostro que los suelos de entisoles son los que están extremadamente contaminados por arsénico.

El artículo ayuda en la redacción ya que nos muestra otro panorama según los tipos de suelo para poder ver cómo se puede hacer el muestreo, inclusive nos muestra zona rural y zona urbana para poder sacar la muestra.

En la tesis de Rosas (26) tiene como objetivo identificar y evaluar la transferencia, la bioacumulación y translocación de arsénico en el cultivo cerca de una zona minera histórica en San Luis Potosí, México. Por lo cual la metodología comenzó con la caracterización fisicoquímica del agua (con el que se riegan los cultivos), del suelo de cultivo en tres zonas y de la planta aproximadamente de tres meses. Las muestras de las tres variables fueron realizadas mediante HG-AFS [Raydeleigh AF-640], siendo las muestras de suelo y de la planta secadas antes del estudio; con los datos de laboratorio se puede hallar la bioacumulación en el suelo, en la rizosfera y a la planta se halló con ecuaciones de división. Los resultados indicaron que la presencia de hierro y magnesio provoca que la translocación del arsénico en el tallo sea mayor; debido a que en la zona A se tuvo mayor cantidad de arsénico en forma lábil, esto indica que el contaminante se absorbe más en esta zona y que los cultivos se ven con mayor proporción de contaminante hasta un 65% de disposición. El análisis de la planta se basó primero en recopilar datos de la raíz, luego del tallo y finalmente de las hojas presentando una correlación estadística de 0.05.

Este estudio nos proporciona la cantidad de muestras no estadísticas que tomo, sobre todo de la ubicación de lugares, apoyándose de una nueva idea de evaluación de arsénico en el agua, suelo y planta.

La investigación de Diaz ((9) tiene como objetivo proponer medidas para la remediación del pasivo minero 10488 ubicado cerca de la laguna Pacocochoa, así mismo, diagnosticar su situación actual respecto a sus indicadores ambientales, físicos, biológicos y socioeconómicos-culturales, identificando sus medidas de remediación propias de cada aspecto. La metodología empleada se realizó en 4 etapas: la primera etapa muestra la descripción de la línea base del Estudio de Impacto Ambiental semidetallado aprobado el 2014, la segunda etapa se enfoca en el análisis de los resultados del monitoreo ambiental especificado en se EIA-sd y pasaron a la siguiente etapa ya que fueron comparados con los ECA's correspondientes; la etapa fi al corresponder más a su cierre de pasivos mineros ya que con los datos previamente recolectados y con el plan se podrá hacer una mejor remediación por cada ítem ya medido. Los resultados en específico de la calidad desuelo y aire indican que el arsénico sobrepasa el ECA de agua a diferencia del suelo que no sobrepasa, sin embargo al verse influenciado por otros factores si estaría contaminado otras zonas, añadiendo que no es el único pasivo minero que se encuentra en la zona; para este problema específico entre otros se tiene tener una mayor estabilidad física, geoquímica colocando dos tipos de coberturas a los componentes más riesgosos, entre otros planes de mitigación y rehabilitación.

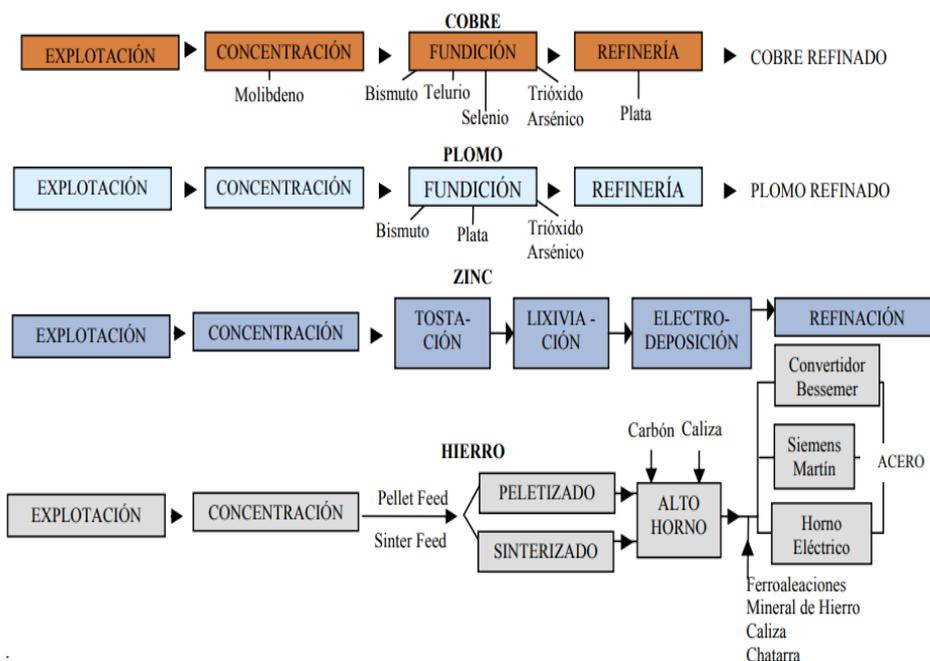
Este estudio ayudo a poder investigar más sobre los aspectos físicos, geológicos e hidrológicos de la zona de estudio, ya que esto in influencia en la concentración de arsénico que se pueda identificar. Añadiendo que ya se tiene concentraciones de arsénico analizadas por expertos del proyecto.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Teorías físicas**

La cadena de valor de la minería comienza con la exploración que es donde se identifican nuevos yacimientos mineros, para empezar la labor de explotación que es cuando ya se extraen los minerales para generar bienes de gran valor agregado entre ellos oro, cobre, plata entre otros incluyendo los procesos de concentración, fundición y refinación; cómo podemos ver en la figura 3, el arsénico se produce en esta fase ya que al momento de fundir plomo y cobre uno de los productos obtenidos es el arsénico que ya a partir de 1985 fue considerado para venta y ya no para la ganga, pasivos mineros o el mismo relave, donde van los residuos de los procesos de chancado, molienda, flotación o lixiviación (27), en el oro también se encuentra pero más sobre la pirita que ya cuenta como ganga, ya que cuando se produce este elemento el arsénico es uno de los metales susceptibles para oxidarse al contacto con la pirita (7). Debido a que los metales y metaloides que se producen por estas actividades antropogénicas se pueden transportar por aire y agua (19) contaminando el suelo y los mismos recursos ya mencionados provocando que en algunas ocasiones la contaminación deje de ser puntual a

ser difusa donde se ve afectado áreas muy extensas mediante aire-suelo-agua (28)



**Figura 3. Etapas de la actividad minera por producto**  
Fuente: (29)

Sin embargo, existen alguna empresa mineas que no siguen adecuadamente estos procesos, informales y/o ilegales, ya que por la deficiencia de materiales y equipos no lograr ser parte de la formalidad, incluso causan un impacto ambiental negativo cuando se encuentra en mayor proporción en un espacio.

### 2.2.2. Teorías químicas

El suelo es como una barrera protectora de otros medios más sensible como el biológico y el hidrológico; ya que filtra, descompone, neutraliza o almacena contaminantes evitando que se genere aumento en su biodisponibilidad; su capacidad depuradora depende de los contenidos de materia orgánica, carbonatos y oxihidroxilos de hierro y magnesio, de la proporción de arcilla, de la capacidad de intercambio catiónico, pH, textura, permeabilidad, actividad microbiana, entre otros, cuando se superan sus límites depuradores el suelo funciona como contaminador (30), así como se expresa en la figura 4 que el arsénico está en el grupo de contaminantes inorgánicos (más tóxicos que los orgánicos para el ambiente) e incluido en los metales y metaloides que son los que con más frecuencia se encuentra en actividades antropogénicas industriales.

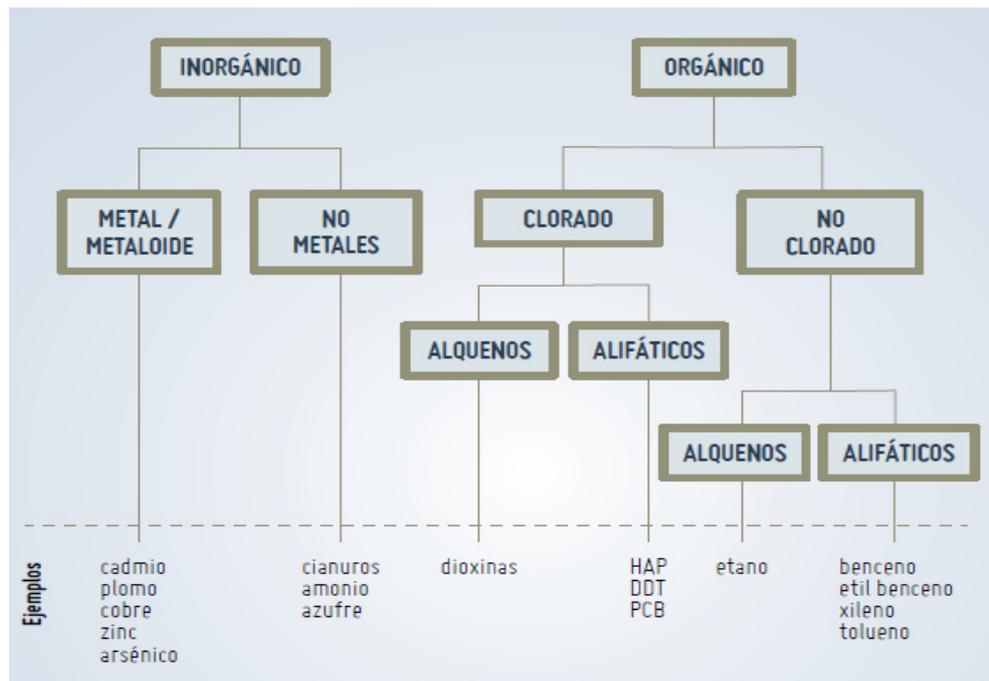


Figura 4. Principales contaminantes del suelo

Fuente: (28)

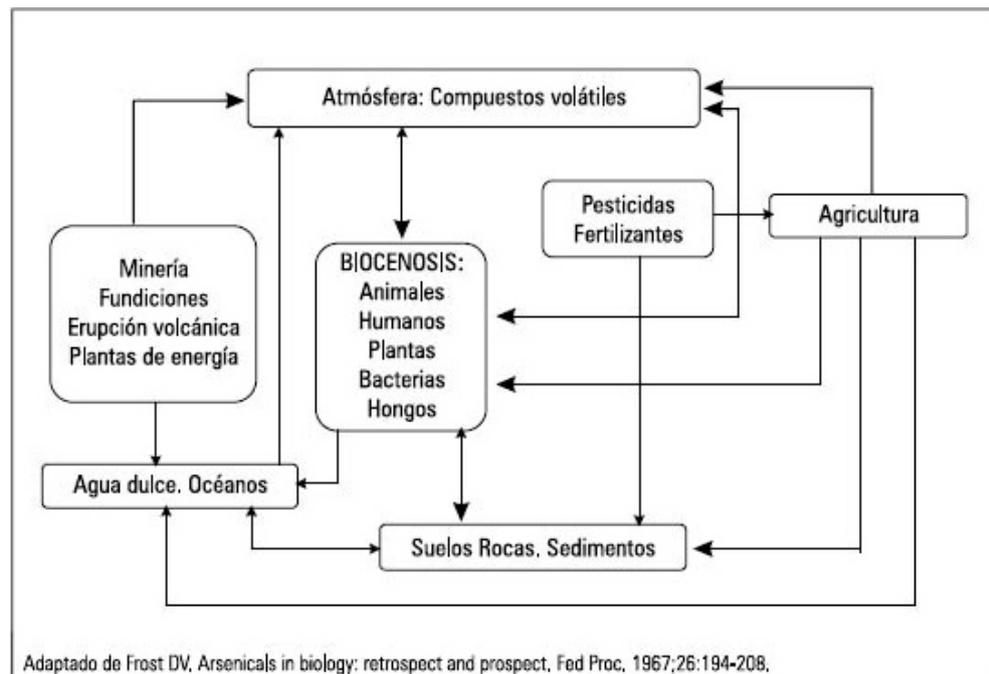


Figura 5. Ciclo del arsénico

Fuente: (31)

En la figura 6 podemos apreciar como el contaminante en este caso los metales (arsénico) puede ingresar al suelo a través del agua con el que se riega, aunque como ya se menciona es necesario tener otras características para que los contaminantes se vuelan más lábiles, pero el arsénico fitodisponible es el parámetro con el cual se mide el porcentaje lábil del contaminante ya que los organismos tienden a poder absorber o adsorber este contaminante cuando está en forma iónica. Los metales absorbidos por la

planta pueden formar compuestos complejos por la interacción con la materia orgánica, siendo la absorción más alta cuando es más básico, mientras suelos ácidos favorecen la desorción. Este compuesto que ha sufrido cambios químicos es traslocado a las hojas donde es más fácil que por la cadena trófica pueda llegar a ser ingerido por los humanos.

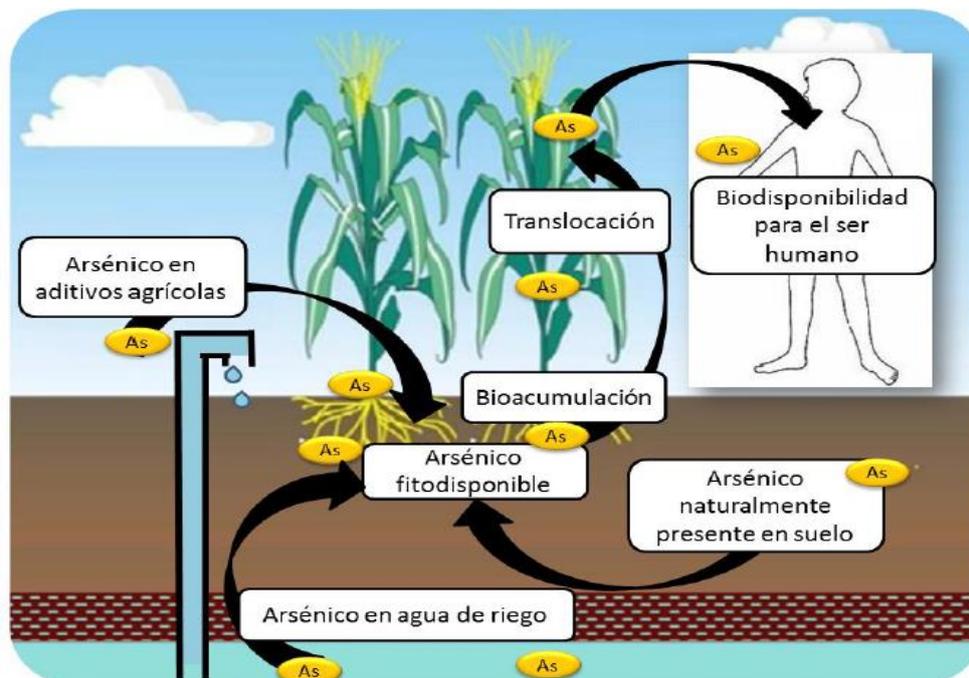
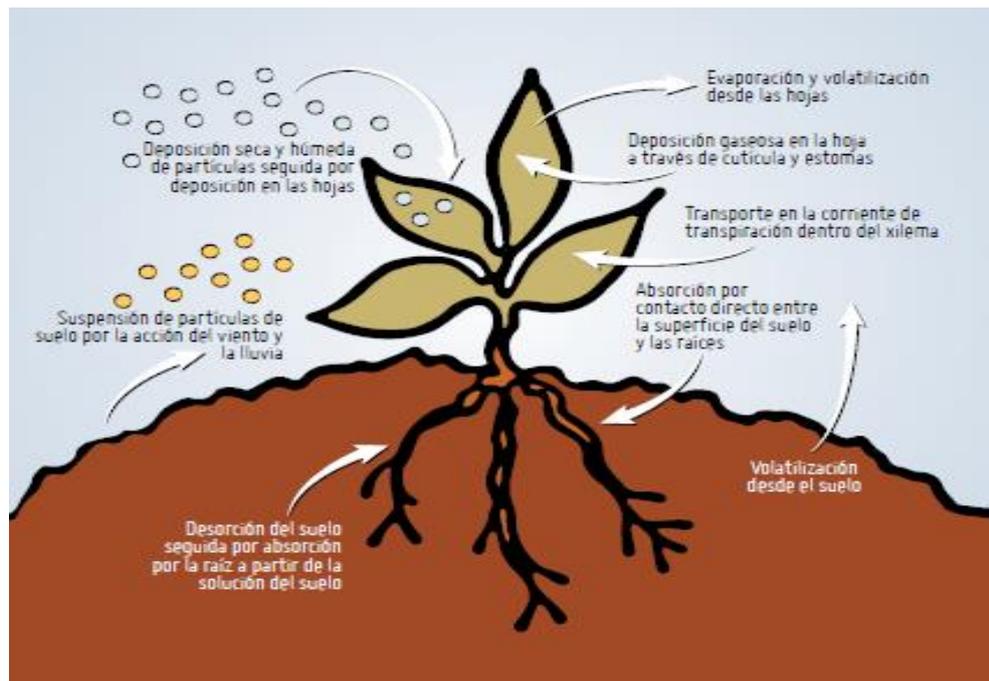


Figura 6. Proceso de acumulación del contaminante  
Fuente: (26)

### 2.2.3. Teorías biológicas

En la figura 5 podemos apreciar el ciclo del arsénico y cómo podemos apreciar se produce de diferentes maneras por la atmósfera, la minería, pesticidas; siendo los principales componentes a las que se ve afectado nuestra zona de estudio, añadiendo que la participación de la biocenosis es importante ya que sirve como un conector para que el arsénico siga su ciclo en los recursos de agua suelo y atmósfera y así permitir la movilidad del contaminante. Como podemos ver en la figura 7 las partículas de contaminante llegan a la planta por diferentes medios (agua, suelo o aire) y esta puede expulsarlo por evaporación y volatilización.

El arsénico en el agua de riego y en el suelo agrícola accede a las plantas produciendo efectos tóxicos para algunos cultivos, resaltando que las plantas puedan tolerar 2mg/kg de arsénico en el suelo, si excede este parámetro el organismo puede presentar necrosis, clorosis inhibición de crecimiento y muy probablemente la muerte. Para que esto pueda ingresar a la cadena trófica es necesario que el contaminante se encuentre en las partes comestibles de la planta y esto es causado por la disponibilidad que se encuentra en el suelo, así como la capacidad de la planta para lograr absorber las partículas lábiles del suelo (Rosas 2015).



**Figura 7. Principales vías de absorción del suelo en las plantas**  
Fuente: (28)

#### 2.2.4. Marco legal

El Perú cuenta con normas legales que permiten el manejo de la contaminación en cuerpos de agua y suelo por metales pesados conjuntamente con sus posibles consecuencias a la salud humana y ambiental, en específico el arsénico, siendo regulados por los Estándares de calidad Ambiental y los Límites Máximos Permisibles, esto con la finalidad de mantener al margen los posibles peligros y riesgos que se puedan considerar.

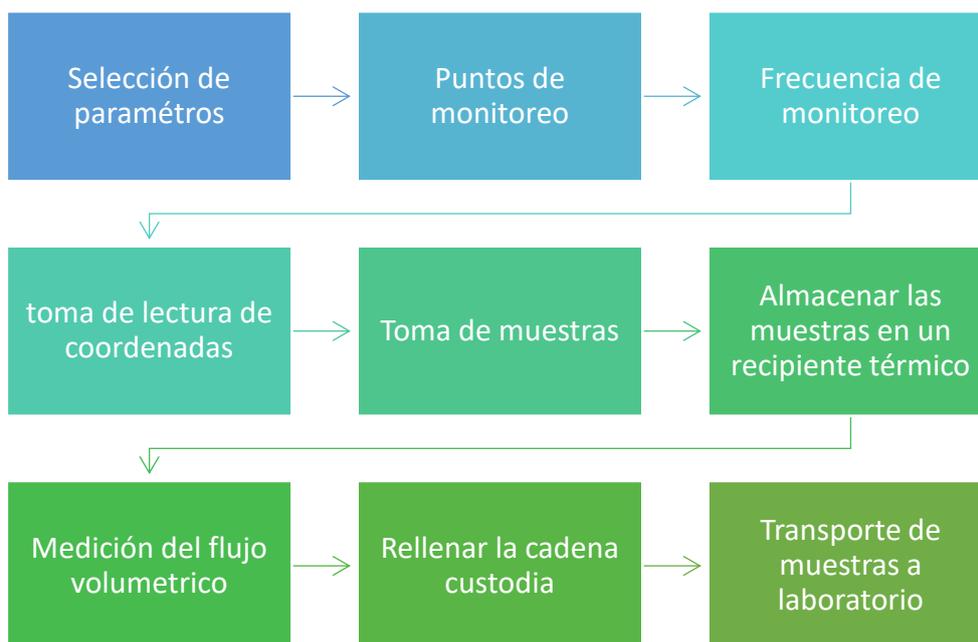
Las normativas son las siguientes:

- Constitución política del Perú
- Ley N°28611 – Ley General del Ambiente
- Ley N°26842 - Ley general de Salud
- Decreto Supremo N°012-2009-MINAM – Decreto que Aprueba la Política Nacional del Ambiente
- Decreto Supremo N°011-2017-MINAM – Estándares de Calidad Ambiental para Suelo
- Decreto Supremo N°004- 2017-MINAM – Estándares de Calidad Ambiental para agua
- Resolución Jefatural N°010-2016-ANA – Protocolo Nacional para el monitoreo de los Recursos Hídricos Superficiales

Además de normas internacionales donde se menciona la contaminación de suelo por metales pesados

- UNE-ISO 15709:2009 – Calidad del suelo y zona no saturada. Definiciones, símbolos y teoría

## 2.2.5. Metodología



**Figura 8. Proceso metodológico de recolección de muestras**

**Fuente:** (Dirección de Gestión de Calidad de Uso Recursos Hídricos 2011)

Para realizar el muestreo de agua en el influente del bombeo se tendrá en cuenta el protocolo de monitoreo de agua establecida por el Ministerio de Agricultura y la Autoridad Nacional del Agua (32) ; siendo el primer paso determinar los parámetros que se medirán según la categoría a la que corresponde para luego determinar los puntos de monitoreo ubicado aguas arriba y abajo del lugar de investigación para ello se tendrá en cuenta el correcto muestreo de aguas según el parámetro a examinar siendo almacenado en un recipiente que mantenga la muestra en mejor estado (ice pack) con todos los datos recogidos se debe rellenar la cadena custodia para poder ser transportado y llevado al laboratorio con el ice pack y la cadena custodia (figura 8).



**Figura 9. Proceso de muestreo de suelo**  
Fuente: (33)

El Ministerio del Ambiente en su guía de muestreo de suelos (33) señala sobre las consideraciones a tomar en cuenta para un muestreo; comenzando por el tipo de muestreo que se realizara, el número de puntos de muestreo según el tipo de muestreo que se realizará, las técnicas para muestras superficiales, de profundidad y de fase gaseosa del suelo y como se deben manejar estas muestras teniendo el cuenta el material para guardar, el etiquetado, la ficha de muestreo, la cadena custodia y las consideraciones de seguridad de las muestras.

## 2.3. Definición de términos básicos

### 2.3.1. Suelo

ISO (34) menciona que el suelo es “la capa superficial de la corteza terrestre que fue transformada por la erosión y por procesos biológicos y físico-químicos; compuesto por partículas minerales, materia orgánica, aire, agua, organismos vivientes organizados en horizontes genéticos”

Según Semarnat (35) “... El suelo es considerado un recurso natural muy frágil y no renovable. Indispensable para la producción de alimentos y el crecimiento vegetal almacena minerales, materia orgánica, agua y otras sustancias químicas”

Según Casas (36) “ el suelo proporciona a las plantas nutrientes que estas necesitan para crecer, oxígeno y especialmente les sirve de soporte. Las características físicas y químicas del suelo afectan en el desarrollo de las plantas”

### **2.3.2. Suelo agrícola**

Según Gudino (37) “el suelo agrícola tiene un valor de uso y precio relacionado con el tamaño de explotación dependiendo de la zona donde se localiza; tiene una competencia máxima en el mercado por la calidad de nutrientes que se cultivan”

Según Gliessman (38) “... la agricultura se ha basado en arar el suelo de forma total para permitir un mejor drenaje y un crecimiento más rápido de la raíz y depende del suelo, agua y diversidad genética, ultimo se produjo la agricultura convencional que hace uso de maquinarias para poder sacar mejor provecho y maximizar las ganancias”.

Según la página EcuRed (39) “El suelo agrícola es aquel que se utiliza en el ámbito de la productividad de alimentos, es decir para la actividad agrícola o agricultura; ya que este suelo debe ser fértil porque así permite el crecimiento y desarrollo de diferentes tipos de cultivo apto para sus propiedades físicas, químicas y biológicas”.

### **2.3.3. Contaminación del suelo**

Según Benitez (40) “La contaminación es un fenómeno de degradación del ambiente que se ha convertido en algo común en toda la población mundial, siendo uno de los factores las actividades del sector industrial que utiliza materiales tóxicos para la manufactura de sus productos. Tal es el caso de los metales pesados vertido al ambiente por el riesgo de toxicidad a los organismos vivos, siendo el cromo el más vertido mundialmente y utilizado en industrial de pinturas”.

Rodríguez, McLaughlin y Pennock (28) refieren a la contaminación del suelo como “la presencia de un químico o sustancia fuera de sitio y/o presente en una concentración más alta de lo normal en el suelo que tiene como efectos adversos sobre cualquier organismo que no está destinado; siendo la mayoría de fuentes antropogénicas y algunos de contaminantes minerales que pueden ser tóxicos en concentraciones altas; siendo este tipo de contaminación difícilmente percibida visualmente, convirtiéndola es un peligro oculto. Los contaminantes se dividen en inorgánico y orgánico, de los inorgánicos se tiene a los metales y metaloides e incluso a los no metales; los metaloides y metales pesados cuentan con una masa relativamente alta ( $>4,5 \text{ g/cm}^3$ ) que son considerados como los contaminantes más persistentes y complejos para remediar, teniendo al ZN, Ni, Co y Cu los que más daños causan a las plantas y el As, Cd, Pb, y Hg los que más daño causan a los humanos”.

### **2.3.4. Arsénico**

Según Medina (41)” ... el arsénico es un elemento que se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente, hallándose principalmente en oxidación y de forma trivalente, en forma inorgánica e inorgánica, siendo su principal exposición en agua y alimentos”

Según Alarcón, Llorens y Poch (42) “El arsénico es un elemento muy común en la atmósfera, rocas y suelo, en la hidrosfera y biosfera. Movilizado a través de una combinación de reacciones de procesos naturales como la meteorización, actividad biológica y emisiones volcánicas, así como procesos antropogénicos: actividad minera, uso de combustibles fósiles, pesticidas, aditivos de alimento, pigmentos entre otros”

Rodríguez, McLaughlin y Pennock (28) mencionan que la principal fuente de arsénico son los compuestos agroquímicos, las actividades mineras y de fundición, pero también puede introducirse a través del estiércol procedente de los aditivos con este elemento y de la meteorización del suelo.

Rebaza y Valverde (6) mencionan que el arsénico no puede ser destruido solamente con cambiar de forma o separarse de partículas; siendo muchos compuestos de arsénico susceptibles a la disolución en agua, provocando que se adhiera a componentes de riego, lagos, lagunas y sus sedimentos que poco a poco son arrastrados por el agua, siendo la mayor parte sedimentada.

### **2.3.5. Contaminación de arsénico**

Según Medina Pizarra et al.(41)” ... el arsénico es un elemento que se encuentra ampliamente distribuido en el ambiente, hallándose principalmente en oxidación y de forma trivalente, en forma inorgánica e inorgánica, siendo su principal exposición en agua y alimentos”.

Según Alarcón, Llorens y Poch (42) “El arsénico es un elemento muy común en la atmósfera, rocas y suelo, en la hidrosfera y biosfera. Movilizado a través de una combinación de reacciones de procesos naturales como la meteorización, actividad biológica y emisiones volcánicas, así como procesos antropogénicos: actividad minera, uso de combustibles fósiles, pesticidas, aditivos de alimento, pigmentos entre otros”.

### **2.3.6. Riego por bombeo**

Según Reyes (43) “... el riego es una práctica en la agricultura que abastece de agua a los cultivos ... para la eficiencia de esta práctica se deben tomar varios datos meteorológicos y físicos del lugar”.

Pérez (44) menciona que “El riego por bombeo es utilizado por el 80% de los agricultores y el 20% restante lo realiza por gravedad”.

Sarabia (45) menciona “El riego por bombeo apoyada de una red de distribución de tuberías sirve para poder abastecer en lugares donde la pendiente es elevada para una localidad”.

### **2.3.7. Movilidad del contaminante**

La movilidad de un metal depende de muchos factores entre ellos la especiación química, parámetros físicos, de su precipitación, fenómenos geodáficos; es decir por estos aspectos su movilidad es baja y se queda acumulado en los primeros centímetros del suelo o lixiviados en horizontes

inferiores en pequeñas cantidades; el aumento de salinidad asegura la movilización de metales dando pH alcalino al suelo.

### **2.3.8. Biodisponibilidad**

Galán y Romero (30) mencionan que la posibilidad de que un elemento contaminante o no quede libre y pase a disolución (lábil) en el suelo se le conoce como disponibilidad y la biodisponibilidad es cuando este se encuentra en algún ser vivo, siendo normal que una fracción pequeña sea biodisponible ya que su efecto puede ser negativo en diferente proporción dependiendo de la especie. La mayor cantidad de contaminantes son disponibles en suelos con pH ácidos, con mayor cantidad de arcillas y materia orgánica.

### **2.3.9. Bioacumulación**

Según Figueruelo y Marino (46) “La bioacumulación es la acumulación de un contaminante en un organismo o una comunidad biológica por medio del agua o por ingesta, el termino describe el proceso dinámico de la acumulación como resultado final en el organismo”

Soto y otros autores (22) “Cuando los organismos tienen la capacidad de acumular contaminantes en sus tejidos más de lo normal se les llama hiperacumuladores siendo más recurrente en suelos ricos en metales; estas plantas generalmente tienen poca biomasa”

### **2.3.10. Translocación del arsénico**

Según Rosas (26) “La translocación de los contaminantes es cuando se transporta hasta la parte alta del cultivo después de haber sido absorbido por la raíz, este proceso varía dependiendo al cultivo siendo de los cereales más comunes el arroz con una eficiencia de 9% y el trigo con 6%”

### **2.3.11. Minería formal**

Según el Ministerio de Energía y Minas la minería informal es “La minería que desarrolla el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Ley de Minería. Tiene concesión o contrato de concesión, permisos, autorizaciones y licencias”

### **2.3.12. Minería informal**

Según explica el Ministerio del Medio Ambiente, el Decreto Legislativo N° 1105 define la minería ilegal como la que no cumple "con las exigencias administrativa, técnicas, sociales y ambientales de ley, o que se realiza en zonas en las que esté prohibida". Estas son "riberas de ríos, lagunas, cabeceras de cuenca y las zonas de amortiguamiento de áreas naturales protegida".

Según Cárdenas (47) “La minería informal/ilegal está presente en todas las regiones del Perú con mayor concentración en las regiones de Madre de Dios y de Puno haciendo un aumento de precios de las materias primas y provocando mayor impacto ambiental y social en la zona.”

### **2.3.13. Explotación de minerales**

Según la Real Academia Española (48) la explotación es el “Acto de aprovecharse injustamente de otro para beneficio propio” Además en otro significado puede ser: “Extraer de las minas la riqueza que contiene, sacra utilidad de un negocio o instarla en provecho propio. Utilizar abusivamente en provecho propio el trabajo o las cualidades de otra persona”.

Según Blázquez, 1996 “La explotación minera es el resultado de explotar las minas después de la asimilación de turdetanos e iberos, originando un desarrollo grande del comercio, del artesano y de los medios de transporte según la romanización Hispana”.

El Ministerio de Energía y Minas (49) establece que la explotación minera es una actividad de la industria minera que extrae minerales contenidos en un yacimiento.

### **2.3.14. Desechos tóxicos mineros**

Rodríguez, McLaughlin y Pennock (28) “los desechos tóxicos mineros son almacenados en estériles, los cuales están formados principalmente por partículas finas que pueden tener diferentes concentraciones de metales pesados, que son dispersas por erosiones hídricas y eólicas, pudiendo alcanzar a los suelos agrícolas”.

### **2.3.15. Relave minero**

Según Mora (50) “...el relave minero es el producto de las actividades mineras que contiene todos los desechos finales de principalmente la extracción y refinación”.

Según Aguirre (51) “El relave minero es un conjunto de desechos producto del proceso metalúrgico con fin de obtención de minerales comerciales usualmente constituido por rocas, agua, minerales de la ganga y de los productos químicos usados.

Papuico (52) “el relave minero es un conjunto de desechos tóxicos de los procesos mineros que están concentrados generalmente de minerales de ganga y rocas molida, encontrando bajas concentraciones de metales y metaloides como el arsénico, esto dependiendo del tipo de tratamiento se le da al mineral crudo”.

## CAPÍTULO III

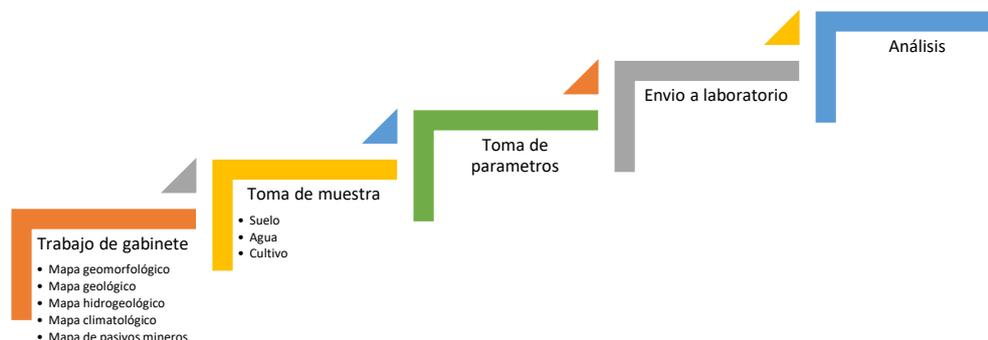
### METODOLOGÍA

#### 3.1. Método y alcance de la investigación

##### 3.1.1. Métodos

El método general un método científico que se suele utilizar para mejorar o precisar teorías previas en función a los nuevos conocimiento, donde la complejidad del modelo no permite formulaciones lógicas; teniendo un método específico tipo hipotético deductivo ya que de la hipótesis general se puede establecer las específicas verificando la verdad o falsedad de estas mediante el análisis de los datos y un proceso estadístico (53).

Para realizar la presente investigación se tomó en cuenta los antecedentes realizando un estudio de gabinete de datos geomorfológico, geológico, hidrogeológico y climatológico para poder determinar ciertos aspectos generales que influyen en la presencia de arsénico; además se identificara los pasivos mineros que se encuentran en la zona de estudio. Posteriormente se realizará la toma de muestras de suelo de tres puntos diferentes con cuatro ensayos respectivamente a una profundidad de 30 cm y pasados por método de cuarteo; se llevará a laboratorio para proceder con el tamizaje y secado, para poder analizar los parámetros físicos (textura, color, densidad aparente, porosidad, capacidad de campo) y químicos (pH, conductividad eléctrica, capacidad de intercambio catiónico, carbono orgánico). La muestra de agua de riego será tomada en la entrada y salida del agua de riego por bombeo (técnica practicada en el centro poblado de Castrovirreyna) tomando en cuenta el Protocolo de Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos (32) por ello se tomaran en cuenta los parámetros establecido en la categoría 3 – riego de vegetales y bebida de animales midiendo los siguientes parámetros: pH, temperatura, conductividad eléctrica, DBO, DQO, cloruros, nitratos y la concentración de metales pesados los puntos de monitoreo del suelo para poder analizar la correlación que existe entre estos dos componentes. Para analizar la absorción de la cebada se analizará la raíz y el tallo de la planta con cultivos de tres meses de crecimiento, para poder pasar a secado y analizado en laboratorio. Las concentraciones de arsénico serán analizadas en laboratorios especializados para poder analizar si supera o no los ECA de agua y suelo en sus clasificaciones correspondientes.



**Figura 10. Proceso metodológico de la investigación**

### 3.1.2. Alcance

La presente investigación es de alcance correlacional ya que se requiere conocer la relación que existe entre las variables agua, suelo y cultivo asociándolos a patrones (grupo o población) que los puedan relacionar como la concentración de arsénico en cierta cantidad de agua de riego que pueda influir en el suelo y cultivo; también se tendrá en cuenta que tiene un enfoque cuantitativo ya que representa un conjunto de procesos de orden observables y susceptibles a ser medidos, como la concentración de arsénico en las variables estudiadas (agua, suelo y cultivo) que serán tomadas por espectrometría, recolectadas con instrumentos que determinen parámetros ya sea en campo o laboratorio y evaluadas con procesos estadísticos.

### 3.2. Diseño de la investigación

Se planteo un diseño tipo no experimental transversal, debido a que la medida de toma de suelos se realizara en un tiempo, considerando que el método es correlacional; este diseño se caracteriza por tomar muestras en un solo momento y tiempo para describir y analizar incidencias que abarcan varios grupo (54) en este caso tres muestras para cada parámetro del centro poblado de Castrovirreyna y una de comparación del centro poblado de Villaco que cuenta con parecidas características al de la población de interés.

Por ello se plantean un diseño completamente al azar de la zona donde se realizará la muestra determinando tres zonas de muestreo para cada variable y población, de las cuales se analiza el suelo con cuatro muestras, el agua con cuatro muestras en el influente y efluente de bombeo, y la concentración de arsénico en el tallo y la raíz de los cultivos de cebada.

Tabla 5. Muestreos y cantidad de ensayos para las variables y poblaciones		Zona O	Zona A	Zona B	Zona C
Agua	Influente	4	4	4	4
	Efluente	4	4	4	4
Suelo			4	4	4
Cultivo de cebada	Tallo	4	4	4	4
	Raíz	4	4	4	4
Total de ensayos		20	20	20	20

### 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población está conformada por los suelos agrícolas del centro poblado de Castrovirreyna que es una totalidad de 1498 180 m<sup>2</sup> de terreno que está considerado dentro del área donde la población esta acentuada.



Figura 11. Delimitación de la población

#### 3.3.2. Muestra

La muestra se realizó de tipo no probabilístico o dirigido donde se analiza la cantidad de arsénico de tres zonas del total de población, este muestreo señala que al seleccionar casos o unidades con la finalidad de cumplir el propósito de la investigación no se pretende que los casos sean estadísticamente representativos de la población (54). Por ello se tendrá la zona A lo más cerca posible de las actividades mineras con un área de 1150 m<sup>2</sup>, posteriormente se analizará la zona B ubicada a riberas del río Castrovirreyna con un área de 96.5 m<sup>2</sup> y posteriormente se tendrá la zona C ubicado a faldas del cerro que rodea el poblado, donde se realiza un riego por medio de bomba con un total de 277 m<sup>2</sup> de áreas. Estos datos serán

comparados con una muestra de suelo del centro poblado de Villaco, también ubicado en la provincia de Castrovirreyna, con similares características como las de riego por bombeo del río Pisco y los tipos de cultivos que se siembran en este lugar.

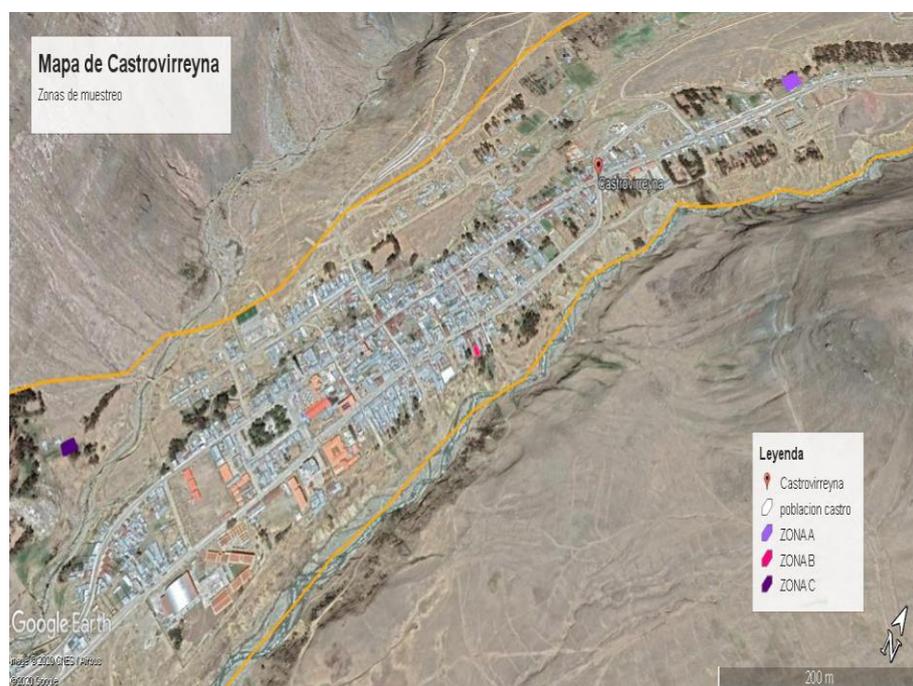


Figura 12. Muestras de la población

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

#### 3.4.1. Técnicas de recolección de datos

La observación consiste en visualizar de forma sistemática cualquier hecho, fenómeno o situación en función a los objetivos que se han planteado en la investigación, de manera participativa o no participativa, estructurada o no estructurada (55)

#### 3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Como instrumento se tomará una guía de observación el cual apoya para poder tomar los datos de muestreo de las variables presentadas (agua y suelo); también se realizará una cadena de custodia para poder realizar los envíos de muestras considerando la NTP 214.042 (56) que plantea los tipos de parámetros a tomar por cada sustancia y matriz.

Tabla 6. NTP 214.042/2012

Matriz	Sustancia	Parámetros recomendados
RM	Relaves mineros	Metales totales, Análisis gravimétrico, cromo total, cianuro, alcalinidad, fosfatos, TDS.
AD	Aceites	PCBs, Fracciones de Hidrocarburos (F1, F2, F3), Metales Totales
SU-AD	dieléctricos	PCBs, Fracciones de Hidrocarburos (F1, F2, F3), Metales Totales

AGUA-AD		PCBs, Fracciones de Hidrocarburos (F1, F2, F3), Metales Totales, Aceites y Grasas
SQD		BTEX, PHAs, VOC's, Metales Totales, Cromo Hexavalente, Fracciones de Hidrocarburos (F1, F2, F3), TPH
AGUA-SQD	Sustancias químicas desconocidas	BTEX, Metales Totales, Cromo Hexavalente, Fracciones de Hidrocarburos (F1, F2, F3)
SU-SQD		BTEX, PHAs, VOC's, Cianuro Libre, TPH
LIX		DQO, Fenoles, N-Orgánico, Aceites y Grasas, DBO, Coliformes totales, Coliformes fecales, Metales Totales
SU-LIX	Lixiviados	DQO, N-Orgánico, Aceites y Grasas, Metales Totales
AGUA-LIX		DQO, Fenoles, N-Orgánico, Aceites y Grasas, DBO, Coliformes totales, Coliformes fecales, Metales Totales

---

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

##### 4.1.1. Descripción de los aspectos físicos

El centro poblado de Castrovirreyna se encuentra a una altitud aproximada de 3956 m s.n.m. y el centro poblado de Villaco a 3168 m s.n.m., estos dos centros poblados cuentan con características similares, ya que se encuentran en el distrito de Castrovirreyna y en la cuenca del río Pisco. Por ello se tiene las siguientes coordenadas del área de muestreo.

Tabla 7. Coordenadas UTM de los vértices de las muestras

	ZONA		ZONA A		ZONA B		ZONA C	
	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE	ESTE	NORTE
PUNTO 1	458981.43	8532117.44	465914.38	8532618.53	465640.14	853179.74	465192.5	8531315.65
PUNTO 2	458968.71	8532119.23	465934.31	8532603.88	465652.29	8531784.94	465207.61	8531313.1
PUNTO 3	459867.81	8532016.42	465893.01	8532592.17	465636.74	8531786.78	465188.46	8531299.73
PUNTO 4	458980.27	8532017.05	465916.61	8532569.61	465648.18	8531778.81	465201.19	8531294.25

#### A. Geomorfológico

Como se puede apreciar en el siguiente mapa geomorfológico, el centro poblado de Castrovirreyna cuenta con tres tipos de unidades geomorfológicas morrenas (Mo), montaña estructural en roca volcánica (RM – rv) y Montaña en roca vulcano sedimentaria (RM – rvs).

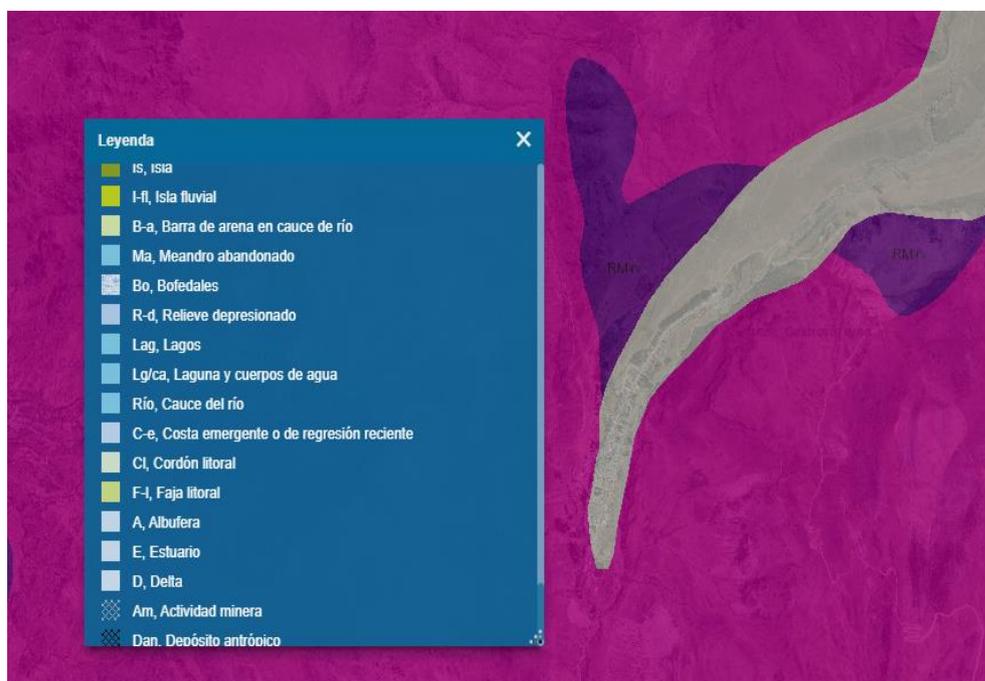


Figura 13. Mapa geomorfológico del centro poblado de Castrovirreyna  
Fuente:(57)

Esto nos quiere decir que por sus características geomorfológicas el suelo del centro poblado en especial sus alrededores son aptos para la extracción de minerales, siendo una causa raíz de tanta actividad minera inactiva.

## B. Geológico

Debido a que el centro poblado es un are donde se asentaron personas, geológicamente está considerado como un área urbana, pero se debe tener en consideración que se encuentra rodeado de diferentes tipos de suelo, como inconsolidados, sedimentarios y volcánicos (figura 14).

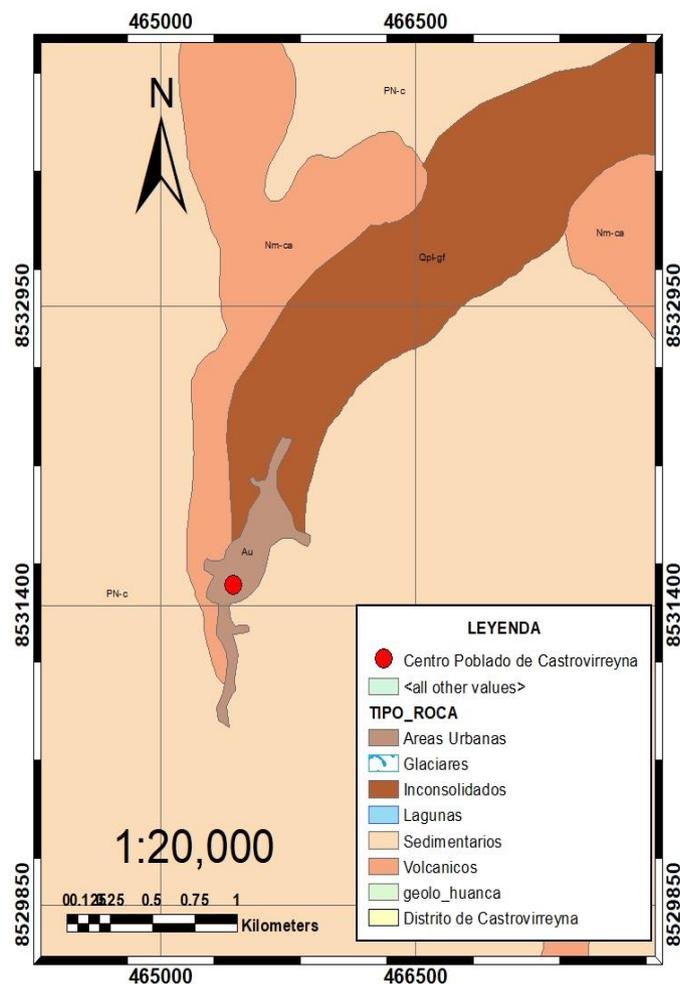
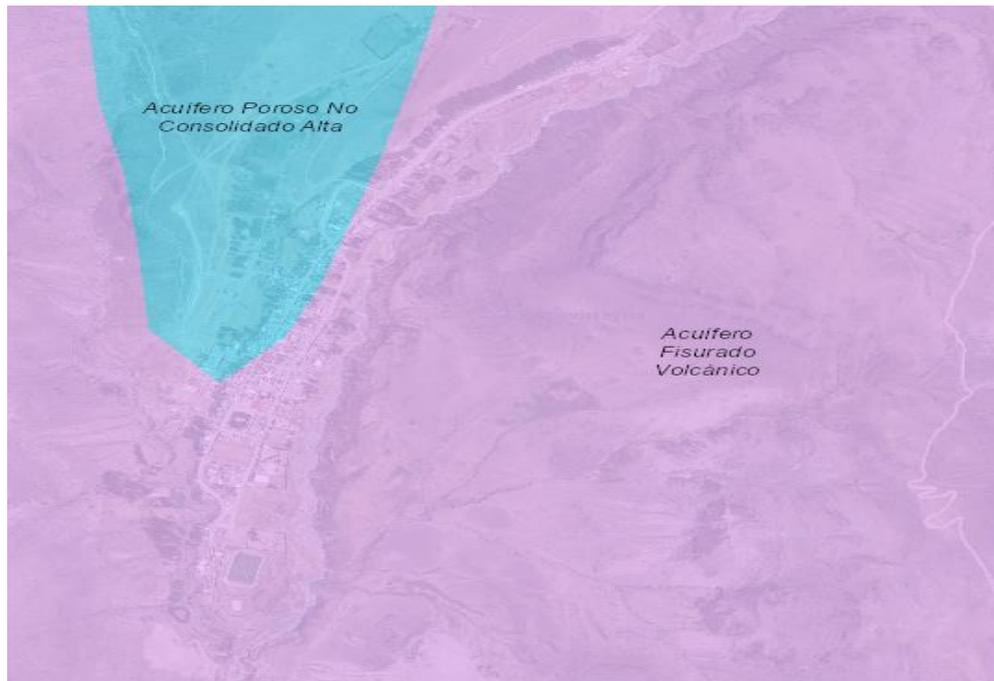


Figura 14. Mapa geológico del centro poblado de Castrovirreyna  
Fuente:

## C. Hidrogeológico

En la siguiente figura se puede apreciar las unidades geomorfológicas que se encuentran en el centro poblado de Castrovirreyna en las cuales se tiene en cuenta: acuífero poroso no consolidado alta y acuífero fisurado volcánico.



**Figura 15. Mapa hidrogeológico del centro poblado de Castrovirreyna**  
Fuente: (58)

Estas unidades nos muestran la alta porosidad que provienen de fisuras provocadas por la acción del agua en caso de la fisura volcánica es producido por la actividad tectónica de la Cordillera de los Andes (59).

#### **D. Climatológico**

Como podemos ver en el mapa según la clasificación de climas de Werren Thornthwaite el clima está considerado como una zona semiseca, semifrío con deficiencia de lluvias en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda ( $C_{(o, i, p)} B'_3 H_3$ ) y como zona de clima semirrígido, lluvioso, con deficiencia de lluvia en invierno y humedad relativa calificada como húmeda ( $B_{(i)} D' H_3$ ).

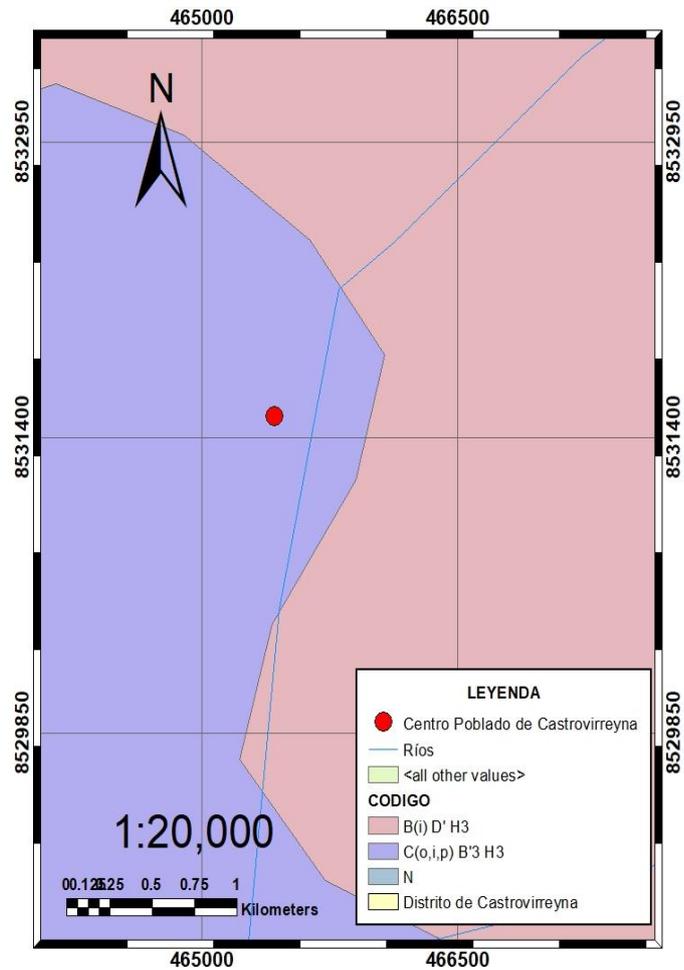


Figura 16. Mapa climatológico del centro poblado de Castrovirreyna

#### 4.1.2. Resultado de análisis del agua de riego

Para el agua de riego se analizará los parámetros de pH, temperatura, conductividad eléctrica y concentración de arsénico en el influente y efluente de las zonas de muestreo, ya que el agua es obtenida por bombeo del río Castrovirreyna y el río Pisco.

##### A. PH

Tabla 8. pH del agua obtenido de las zonas de muestreo

	Zona O		Zona A		Zona B		Zona C	
	Influente	Efluente	Influente	Efluente	Influente	Efluente	Influente	Efluente
Muestra 1	6	6	5	5	6	6	6	6
Muestra 2	7	6	6	5	7	6	6	5
Muestra 3	7	6	6	6	6	5	6	6
Muestra 4	6	6	7	6	7	6	7	6
<b>Promedio</b>	<b>6.5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>5.5</b>	<b>6.5</b>	<b>5.75</b>	<b>6.25</b>	<b>5.75</b>

El pH del agua de riego por bombeo (tabla 8) de la zona de O tiene como promedio 6.5 influente y 6 efluente a diferencia de las tres zonas de muestreo en el centro poblado de Castrovirreyna, ya que son un poco más alcalinas con un promedio de 6.25 en el influente y 5.56 en el efluente.

## B. Temperatura

Tabla 9. Temperatura (°C) de muestras obtenidas del agua

	Zona O		Zona A		Zona B		Zona C	
	Influente	Efluente	Influente	Efluente	Influente	Efluente	Influente	Efluente
Muestra 1	18.04	18.10	18.38	18.57	17.08	18.93	18.51	19.45
Muestra 2	18.45	18.52	18.83	18.76	17.25	18.27	18.39	20.05
Muestra 3	18.78	18.80	19.14	19.87	17.45	18.49	17.41	19.1
Muestra 4	18.65	18.68	18.81	19.22	17.07	18.06	18.14	19.6
<b>Promedio</b>	<b>18.48</b>	<b>18.52</b>	<b>18.79</b>	<b>19.1</b>	<b>17.71</b>	<b>19.44</b>	<b>18.11</b>	<b>19.55</b>

Las temperaturas (tabla 9) de las muestras varían desde 17.71 hasta 18.79°C el cambio de esto puede deberse a la exposición de tuberías en el caso del río Castrovirreyna.

## C. Conductividad eléctrica

Tabla 10. Datos de conductividad eléctrica (µS/cm) de las muestras

	Zona O		Zona A		Zona B		Zona C	
	Influente	Efluente	Influente	Efluente	Influente	Efluente	Influente	Efluente
Muestra 1	315	322	317	723	951	681	588	906
Muestra 2	277	410	631	676	256	494	682	278
Muestra 3	312	488	318	737	784	261	900	906
Muestra 4	363	456	561	595	999	981	411	575
<b>Promedio</b>	<b>316.75</b>	<b>419</b>	<b>456.75</b>	<b>682.75</b>	<b>747.5</b>	<b>604.25</b>	<b>345.25</b>	<b>666.25</b>

Como se puede ver en la tabla 10, la conductividad eléctrica en el río Pisco es menor que la del río Castrovirreyna con un promedio de 316.75 µS/cm y 456.78 µS/cm aproximadamente de las muestras.

## D. Concentración de arsénico

El arsénico que se encontró disponible en el agua de riego excedía el ECA de agua (0.1 mg/l) para ríos de categoría 3 -riego de vegetales para las muestras A, B y C, a diferencia de la zona O, que estaba dentro de los parámetros establecidos para esta categoría.

Tabla 11. Concentración de arsénico (mg/l) de las muestras

	Zona O		Zona A		Zona B		Zona C	
	Influyente	Efluente	Influyente	Efluente	Influyente	Efluente	Influyente	Efluente
MUESTRA 1	0.015	0.015	0.098	0.121	0.11	0.083	0.062	0.067
MUESTRA 2	0.022	0.021	0.07	0.099	0.169	0.155	0.124	0.140
MUESTRA 3	0.016	0.017	0.144	0.154	0.081	0.069	0.142	0.176
MUESTRA 4	0.020	0.020	0.093	0.065	0.143	0.148	0.17	0.115
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.018</b>	<b>0.018</b>	<b>0.101</b>	<b>0.110</b>	<b>0.126</b>	<b>0.113</b>	<b>0.124</b>	<b>0.124</b>

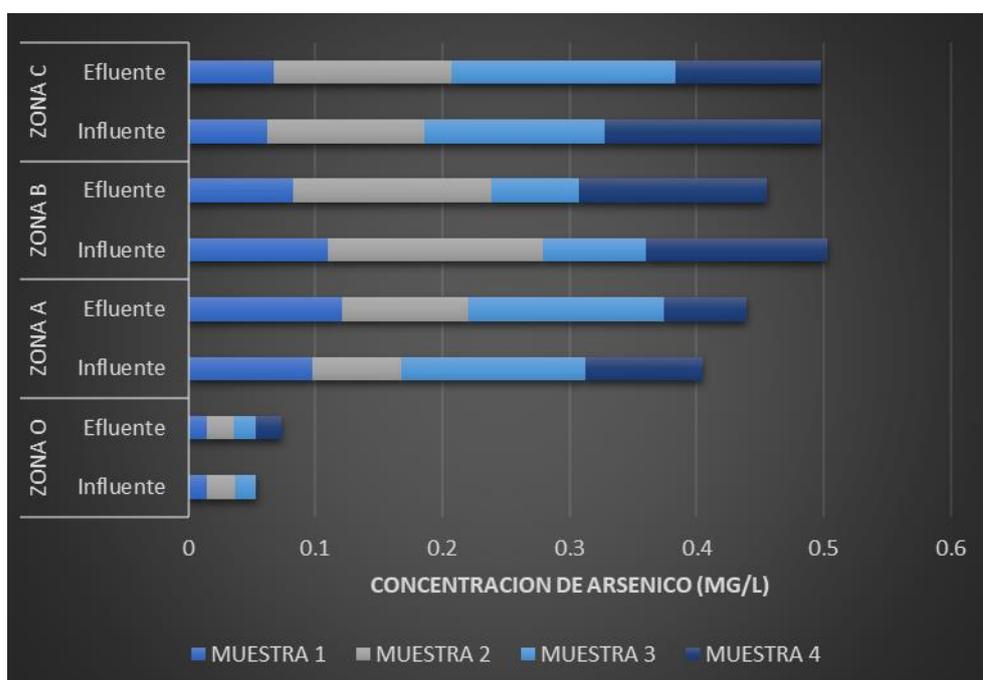


Figura 17. Concentración de arsénico (mg/l) en las muestras tomadas por zona

Debido a que el Rio Castrovirreyna y el Rio Pisco se encuentran en la categoría 3 del ECA para agua podemos apreciar en la siguiente tabla el nivel de arsénico que está permitido en estos cuerpos de agua.

Tabla 12. ECA de agua para arsénico - Categoría 3: riego de vegetales y bebida de animales

Parámetro	Unidad de medida	Riego de vegetales		Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0.1		0.2

(c): Para riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y planta ornamentales, solo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos de tipo de riego no restringido

Fuente: (60)

### 4.1.3. Resultado de análisis de suelo

#### A. Parámetros físicos y químicos

Para poder hallar la textura de todos os suelos se procedió a realizar la técnica según el método de Bouyoucos, utilizando el triángulo de clases texturales de suelo (SSDS, 1993).

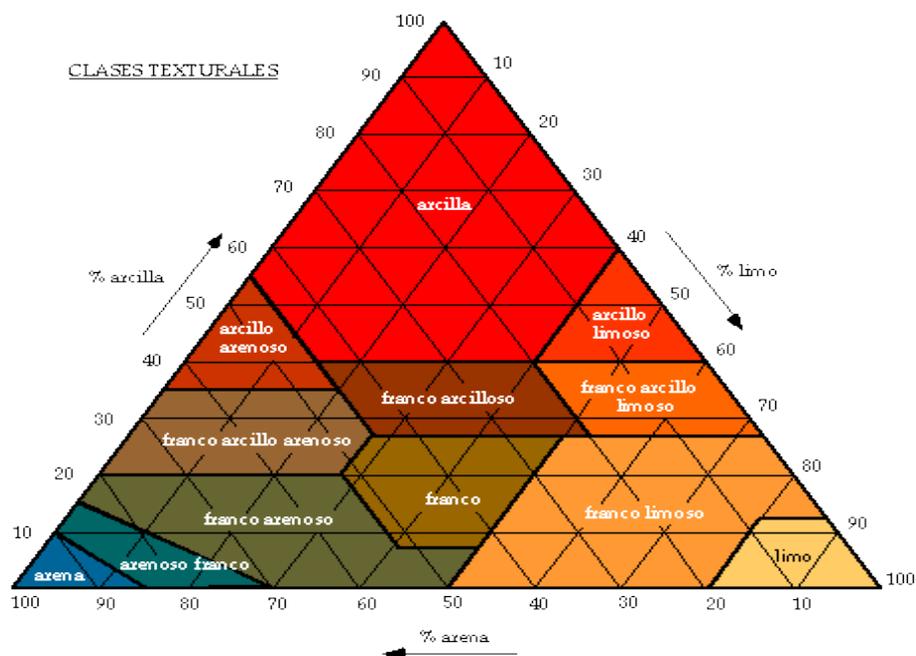


Figura 18. Triángulo de las clases texturales del suelo

Tabla 13. Textura del suelo muestral

Zona	Arena	Limo	Arcilla	Textura
Zona O	29%	8%	54%	Arcilla
Zona A	48%	21%	34%	Franco arcillo arenoso
Zona B	40%	25%	47%	Franco arcilloso
Zona C	36%	27%	35%	Franco arcilloso

La textura del suelo en la zona O pertenece a una textura tipo arcilloso, a diferencia de los del centro poblado de Castrovirreyna que varían entre franco arcilloso y franco arcillo arenoso.

Para determinar los parámetros físicos del suelo se utilizó un multiparámetro y técnicas en laboratorio.

Tabla 14, Parámetros físicos del suelo muestral

Parámetro	Zona O	Zona A	Zona B	Zona C
Densidad aparente (g/ml)	8.52	11.70	11.60	11.50
	8.45	11.71	11.55	11.25
	8.62	11.63	11.56	11.35
	8.49	11.89	11.45	11.26
Porosidad (%)	51.32	49.98	42.89	41.20
	51.36	49.99	43.04	41.19

	51.26	49.68	43.87	41.18
	51.34	48.01	44.88	41.22
	22.56	20.17	20.80	20.12
Capacidad retentiva de humedad (%)	22.68	20.18	20.85	20.13
	22.64	20.14	20.84	20.10
	22.60	20.20	20.79	20.14
	21	22	20	20
	22	22	21	21
Capacidad de intercambio catiónico (cmol/kg)	21	21	21	22
	23	20	22	20
	35	26	30	20
Materia orgánica (g/kg)	36	26	28	21
	35	25	28	21
	36	27	29	21

La densidad Parente del suelo respecto a las muestras nos indica que el suelo de Villaco presenta menor densidad que los resultados de las muestras del centro poblado de Castrovirreyna. La porosidad del suelo es mayor en la zona O que en las otras, esto también podría convalidarse con el tipo de textura de suelo que presenta similar con los datos de materia orgánica y la humedad. La capacidad de intercambio catiónico de la muestra nos indica que el suelo tiene mayor intercambio de cationes en la zona O.

## B. Concentración de arsénico

La concentración de arsénico en el suelo nos señala que en la zona O no excede los parámetros del ECA de suelo, a diferencia de las muestras de las zonas del centro poblado de Castrovirreyna.

**Tabla 15. Concentración de arsénico (mg/kg) del suelo muestral**

	ZONA O	ZONA A	ZONA B	ZONA C
MUESTRA 1	19.78	49.79	50.66	50.58
MUESTRA 2	19.58	49.6	52.06	51.27
MUESTRA 3	20.05	49.98	50.63	51.65
MUESTRA 4	19.87	49.32	51.68	50.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>19.82</b>	<b>49.67</b>	<b>51.26</b>	<b>51.10</b>

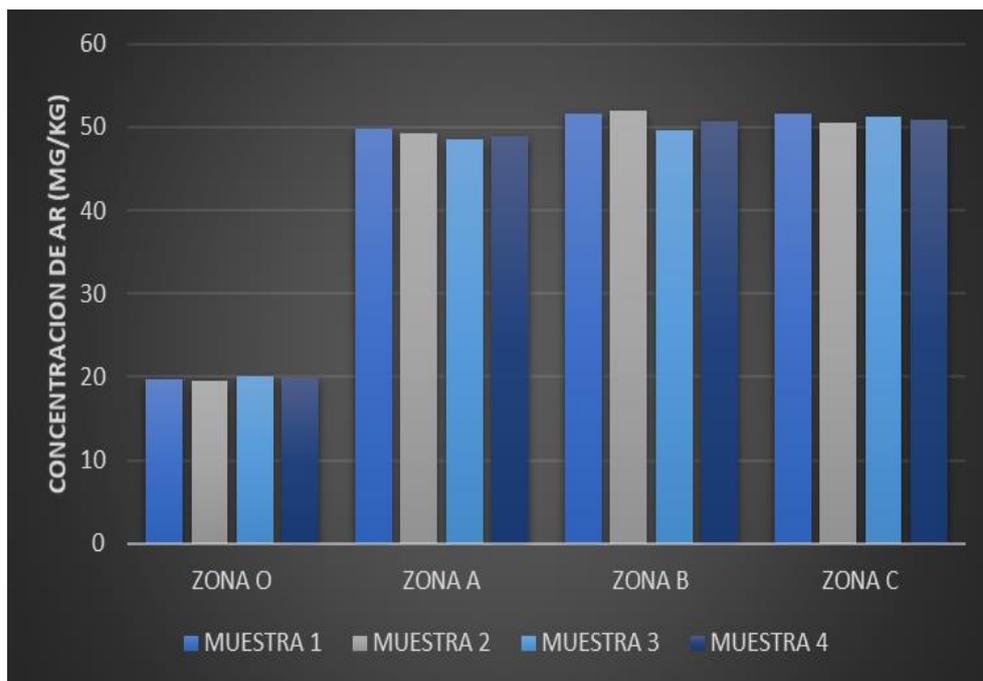


Figura 19. Concentraciones de arsénico (mg/kg) del suelo en cada zona muestral

El ECA de suelo indica que si es mayor a 50 mg/kg sobrepasa los límites del estándar.

Tabla 16. ECA de suelo para arsénico

Parámetros en mg/kg PS <sup>(2)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(7)</sup> y <sup>(8)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(3)</sup>	Suelo Residencial / Parques <sup>(4)</sup>	Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial / Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>Inorgánico</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 30051

(1) Suelo: Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

(2) PS: Peso seco.

(3) Suelo agrícola: Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

(4) Suelo residencial/parques: Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

(5) Suelo comercial: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

(6) Suelo industrial/extractivo: Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

(7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA correspondiente al parámetro bajo análisis.

(8) Para aquellos parámetros respecto de los cuales no se especifican los métodos de ensayo empleados para la determinación de las muestras, se deben utilizar métodos que cumplan con las condiciones señaladas en la nota (7).

Fuente: (61)

#### 4.1.4. Resultado de análisis de cultivo de cebada

En la tabla se puede apreciar como en todas las muestras la raíz presenta mayor acumulación de arsénico a diferencia del tallo que ya por la translocación de la panta presenta menos.

Se puede apreciar como el arsénico se muestra con mayor intensidad en las zonas del centro poblado a diferencia de las muestras de la zona O con concentraciones muy bajas.

Tabla 17. Acumulación de arsénico en el cultivo de cebada (mg/kg)

	ZONA O		ZONA A		ZONA B		ZONA C	
	TALLO	RAÍZ	TALLO	RAÍZ	TALLO	RAÍZ	TALLO	RAÍZ
MUESTRA 1	0.118	0.118	0.93	1.087	0.945	1.064	0.905	1.041
MUESTRA 2	0.117	0.118	0.923	1.004	0.958	1.094	0.906	1.031
MUESTRA 3	0.117	0.119	0.964	1.131	0.929	1.03	0.908	1.067
MUESTRA 4	0.117	0.118	0.902	1.081	0.953	1.098	0.921	1.027
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.117</b>	<b>0.118</b>	<b>0.920</b>	<b>1.076</b>	<b>0.946</b>	<b>1.071</b>	<b>0.91</b>	<b>1.041</b>

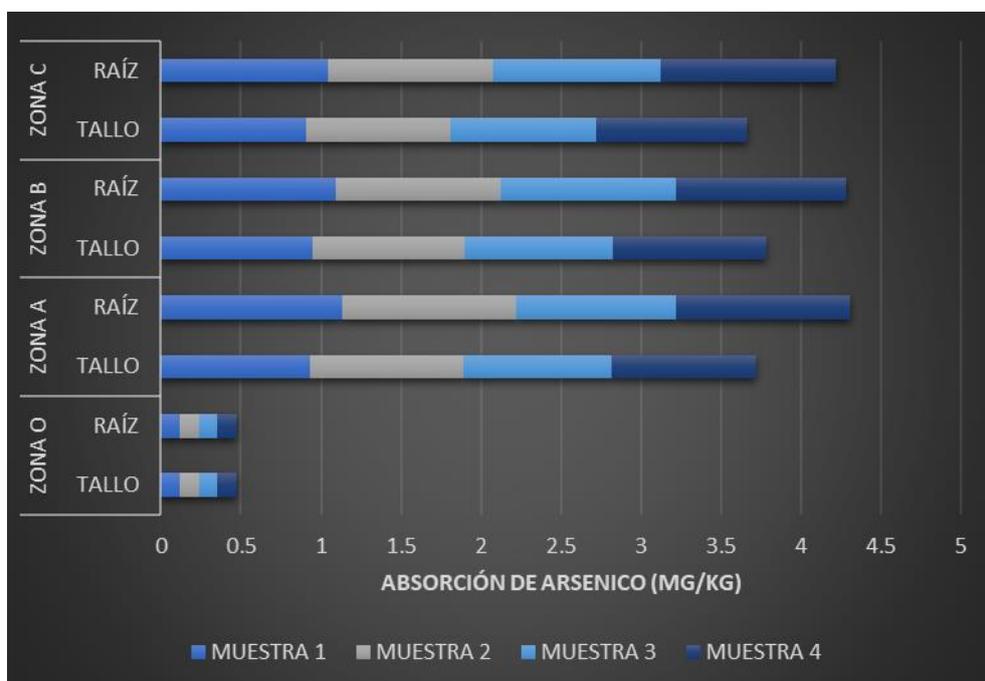


Figura 20. Absorción de arsénico en el los cultivos de cebada (mg/kg)

#### 4.2. Prueba de hipótesis

La hipótesis general plantea que la concentración de arsénico en el suelo agrario y los cultivos del centro poblado de Castorvirreyna se relacionan con el riego con aguas contaminadas por efluentes mineros en época de estiaje.

## 4.2.1. Hipótesis específica I

### A. Hipótesis de investigación

$H_0$ : La concentración de arsénico en el influente es igual a la concentración en el efluente del sistema de riego por bombeo con el que se riega el suelo agrario de Castrovirreyna en época de estiaje.

$H_1$ : La concentración de arsénico en el influente es diferente a la concentración en el efluente del sistema de riego por bombeo con el que se riega el suelo agrario de Castrovirreyna en época de estiaje.

### B. Hipótesis estadística

$H_0: \mu_{\text{influyente}} = \mu_{\text{efluente}}$  (hipótesis nula)

$H_1: \mu_{\text{influyente}} \neq \mu_{\text{efluente}}$  (hipótesis alterna)

### C. Significancia

$\alpha=0.01$

### D. Población

Los litros de agua que ingresan a todos los sistemas por bombeo para riego del centro poblado de Castrovirreyna.

### E. Muestra

Debido a que es una muestra no estadística se tomaron 3 zonas de muestra con sus respectivos muestreos (4 para cada zona).

### F. Datos

Tabla 18. Concentraciones de arsénico (mg/l) en el influente y efluente del sistema de riego por bombeo

Zona	Concentración en el Influyente	Concentración en el efluente
Zona A	0.098	0.121
Zona A	0.07	0.099
Zona A	0.144	0.154
Zona A	0.093	0.065
Zona B	0.11	0.083
Zona B	0.169	0.155
Zona B	0.081	0.069
Zona B	0.143	0.148
Zona C	0.062	0.067
Zona C	0.124	0.14
Zona C	0.142	0.176
Zona C	0.17	0.115

## G. Tipo de prueba

Debido a que la H1 tiene el signo de diferencia entonces, entonces es bilateral

## H. Estadístico de prueba

Tabla 19. Prueba de Levene de igualdad de varianzas y prueba t de igualdad de medias para el análisis de la hipótesis

	Prueba de igualdad de varianzas		Prueba t para igualdad de medias						
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	99% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
Se asumen varianzas iguales	0.043	0.838	0.075	22	0.941	0.01167	0.015543	-0.042644	0.044978
No se asumen varianzas iguales			0.075	21.940	0.941	0.01167	0.015543	-0.042655	0.044989

Para realizar la prueba de varianzas debemos tener en cuenta:

H<sub>0</sub>: Las varianzas son iguales

H<sub>1</sub>: Las varianzas son diferentes

En la tabla 19 podemos apreciar que la significancia según Levene=0.838 siendo mayor a  $\alpha=0.01$ , por lo tanto, se acepta la H<sub>0</sub> sobre las concentraciones de arsénico en el efluente e influente no cambian y se mantienen iguales.

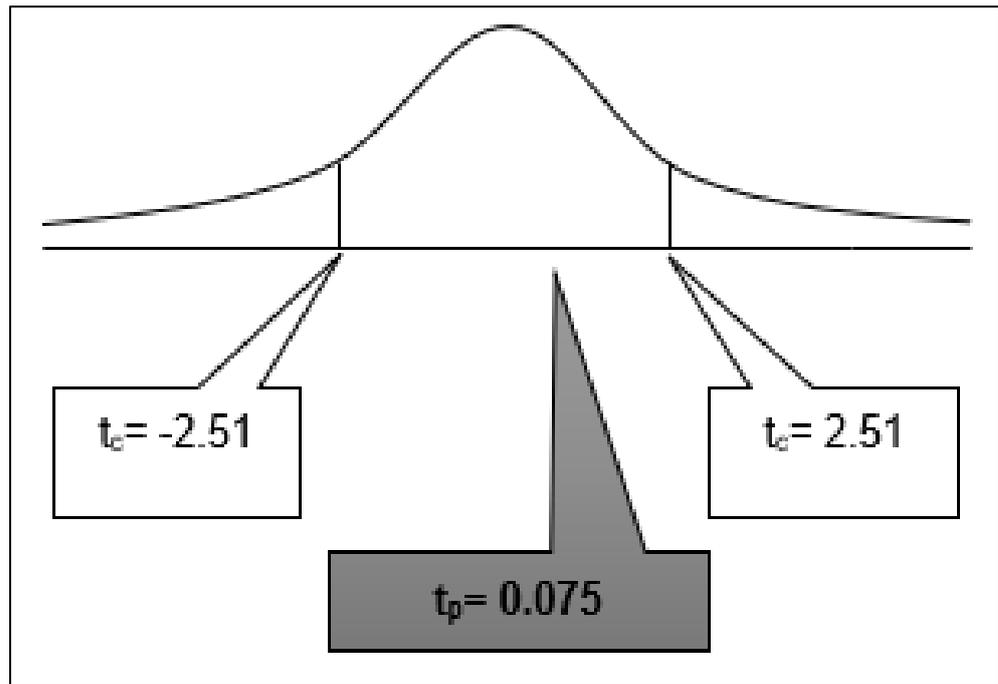
Para la prueba de medias:

$$t_{\text{prueba}} = 0.075$$

$$P\text{valor (significancia bilateral)} = 0.941$$

## I. Decisión

Los mismo sucede para la prueba de medias, en la cual se considera que Pvalor (significancia bilateral) = 0.941 es mayor que  $\alpha=0.01$ ; por lo tanto, se acepta la H<sub>0</sub> y se rechaza la H<sub>1</sub>.



**Figura 21. Análisis de media para aceptación de hipótesis de los efluentes e influentes del agua de riego**

La figura 21 nos muestra como la  $t_{prueba} = 0.075$  cae en zona de aceptación de la  $H_0$  entonces se rechaza la  $H_1$

Añadiendo al análisis de igualdad de concentración de arsénico en el influente y efluente del sistema de bombeo se determina si los datos de muestreo de la zona O son diferente a los otros datos para fines de contaminación de suelo agrario.

### **A. Hipótesis de investigación**

$H_0$ : La concentración de arsénico en el influente es igual a la concentración en el efluente del sistema de riego por bombeo con el que se riega el suelo agrario de Castrovirreyna en época de estiaje.

$H_1$ : La concentración de arsénico en el influente es diferente a la concentración en el efluente del sistema de riego por bombeo con el que se riega el suelo agrario de Castrovirreyna en época de estiaje.

### **B. Hipótesis estadística**

$H_0$ : No existe diferencias significativas entre los puntos de muestreo

$H_1$ : Por lo menos un punto de muestreo es diferente a los demás

### **C. Significancia**

$\alpha=0.05$

## D. Prueba de normalidad

Tabla 20. Prueba de normalidad para la concentración de arsénico en el agua de riego

Zona	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cc_ar_agua_e	Zona O	0.237	4	0.939	4	0.650
	Zona A	0.137	4	1.000	4	1.000
	Zona B	0.282	4	0.840	4	0.194
	Zona C	0.168	4	0.994	4	0.978

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como Sig. Es mayor en todos los casos a  $\alpha=0.05$ , entonces todos los subgrupos tienen distribución normal

## E. Estadístico de prueba

Tabla 21. Estadístico de prueba ANOVA para diferencias de concentración de arsénico en el agua de riego

	Cc_ar_agua_e				
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0.029	3	0.010	<b>7.132</b>	<b>0.005</b>
Dentro de grupos	0.016	12	0.001		
Total	0.45	15			

Como la significancia = 0.005 es menor que el  $\alpha=0.05$ , entonces se rechaza la  $H_0$  de la prueba de media y se acepta la  $H_1$ .

## F. Prueba Pos Hoc

Tabla 22. Prueba Pos Hoc para diferencias de concentración de arsénico en el agua de riego

	ZONA	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
HSD Tukey <sup>a</sup>	Zona O	4	<b>0.01825</b>	
	Zona A	4		<b>0.10975</b>
	Zona B	4		<b>0.11375</b>
	Zona C	4		<b>0.12450</b>
	Sig.			0.940
Duncan <sup>a</sup>	Zona O	4	<b>0.01825</b>	
	Zona A	4		<b>0.10975</b>
	Zona B	4		<b>0.11375</b>
	Zona C	4		<b>0.12450</b>
	Sig.		1,000	0.601

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

## G. Decisión

Dado existen diferencias significativas, La prueba Pos hoc nos indica que las zonas con mayor concentración de arsénico en el agua de riego son las zonas A, B y C que a un nivel de confianza de 95% son significativamente iguales y con diferente concentración la zona O.

## 4.2.2. Hipótesis específica II

### A. Hipótesis de investigación

H<sub>0</sub>: La concentración de arsénico en el suelo agrario de Castrovirreyna durante época de estiaje no supera los Estándares de Calidad Ambiental respecto al arsénico.

H<sub>1</sub>: La concentración de arsénico en el suelo agrario de Castrovirreyna durante época de estiaje supera los Estándares de Calidad Ambiental respecto al arsénico.

### B. Hipótesis estadística

H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 50$  mg/kg (hipótesis nula)

H<sub>1</sub>:  $\mu > 50$  mg/kg (hipótesis alterna)

### C. Significancia

$\alpha=0.05$

nivel de confianza = 95%

### D. Población

Miles de kilos de suelo agrario del centro poblado

### E. Muestra

Debido a que es una muestra no estadística se tomaron 3 zonas de muestra con sus respectivos muestreos (4 para cada zona).

### F. Datos

Tabla 23. Concentraciones de arsénico (mg/kg) en el suelo

Zona	Concentración en el suelo
Zona A	49.79
Zona A	49.60
Zona A	49.98
Zona A	49.32
Zona B	50.66
Zona B	52.06
Zona B	50.63
Zona B	51.68

Zona C	50.58
Zona C	51.27
Zona C	51.65
Zona C	50.90

### G. Tipo de prueba

Dado que la H1 tiene el signo de mayor es unilateral derecha

### H. Estadístico de prueba

Tabla 24. Prueba t de la muestra de arsénico en el suelo agrario

Valor de prueba = 50					
t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
				Inferior	Superior
Cc ar suelo	2.65811	0.022	0.676667	0.11642	1.23692

### I. Decisión

Considerando la  $t_{critica} = 1.796$ , la  $t_{prueba} = 2.65811$  podemos expresar la siguiente figura.

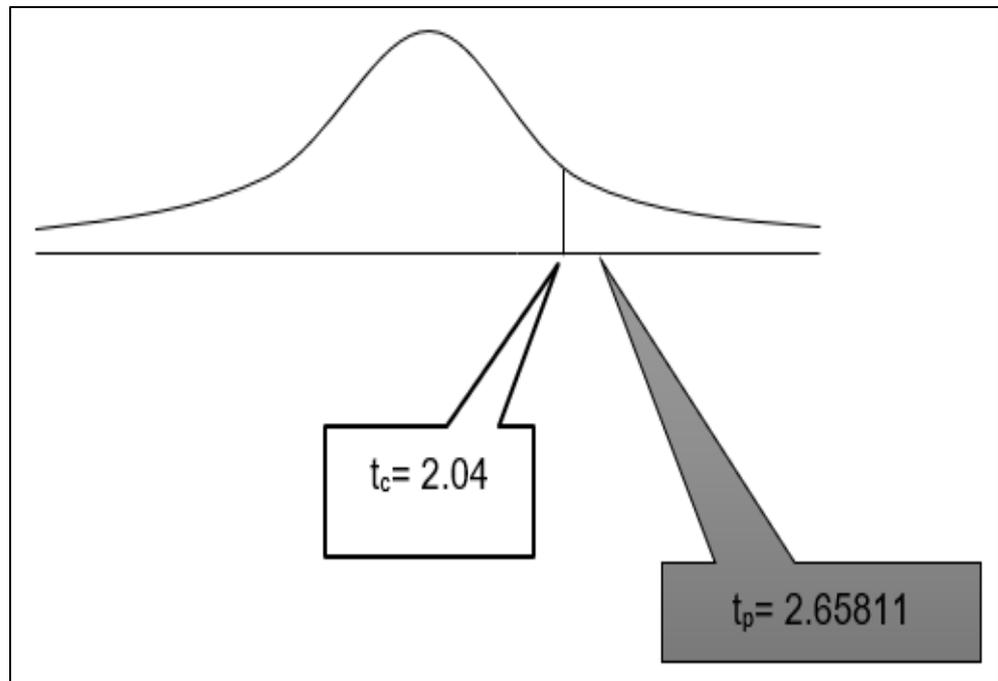


Figura 22. Análisis gráfico de medias para la hipótesis de ECA de suelo

$H_0: \mu \leq 50$  mg/kg, rechazo

$H_1: \mu > 50$  mg/kg, acepto

Como la  $t_{prueba} = 2.65811$  cae en zona de rechazo de la  $H_0$ , se acepta la  $H_1$ .

Añadiendo al análisis de niveles de ECA se determina si los datos de muestreo de la zona O son diferente a los otros datos.

### A. Hipótesis de investigación

H0: La concentración de arsénico en el influente es igual a la concentración en el efluente del sistema de riego por bombeo con el que se riega el suelo agrario de Castrovirreyna en época de estiaje.

H1: La concentración de arsénico en el influente es diferente a la concentración en el efluente del sistema de riego por bombeo con el que se riega el suelo agrario de Castrovirreyna en época de estiaje.

### B. Hipótesis estadística

H<sub>0</sub>: No existe diferencias significativas entre los puntos de muestreo

H<sub>1</sub>: Por lo menos un punto de muestreo es diferente a los demás

### C. Significancia

$\alpha=0.05$

### D. Prueba de normalidad

Tabla 25. Prueba de normalidad para la concentración de arsénico en el suelo

Zona	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Zona O	0.169	4		<b>0.997</b>	<b>4</b>	<b>0.989</b>
Cc_ar_suelo	Zona A	0.162	4	<b>0.990</b>	<b>4</b>	<b>0.956</b>
	Zona B	0.295	4	<b>0.844</b>	<b>4</b>	<b>0.208</b>
	Zona C	0.167	4	<b>0.990</b>	<b>4</b>	<b>0.955</b>

a. Corrección de significación de Lilliefors

Como Sig. Es mayor en todos los casos a  $\alpha=0.05$ , entonces todos los subgrupos tienen distribución normal

### E. Estadístico de prueba

Tabla 26. Estadístico de prueba ANOVA para diferencias de concentración de arsénico en el suelo

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2862.501	3	954.167	<b>4459.506</b>	<b>0,000</b>
Dentro de grupos	5,2.568	12	0,214		
Total	2865.059	15			

Como la significancia = 0.000 es menor que el  $\alpha=0.05$ , entonces se rechaza la H<sub>0</sub> de la prueba de media y se acepta la H<sub>1</sub>.

## F. Prueba Pos Hoc

**Tabla 27. Prueba Pos Hoc para diferencias de concentración de arsénico en el suelo**

	ZONA	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
HSD Tukey <sup>a</sup>	Zona O	4	19.82000		
	Zona A	4		49.17250	
	Zona B	4			51.10000
	Zona C	4			51.25750
	Sig.		1,000	1,000	0,962
Duncan <sup>a</sup>	Zona O	4	19.82000		
	Zona A	4		49.67250	
	Zona B	4			51.10000
	Zona C	4			51.25750
	Sig.		1,000	1,000	0,639

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.

Dado existen diferencias significativas, La prueba Pos hoc nos indica que las zonas con mayor concentración de arsénico son las zonas B y C que a un nivel de confianza de 95% son significativamente iguales, seguida de la A y con poca concentración la zona O.

### 4.2.3. Hipótesis específica III

#### A. Hipótesis de investigación

H<sub>0</sub>: La raíz contiene menor cantidad de concentración de arsénico que el tallo en el cultivo de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje.

H<sub>1</sub>: La raíz contiene mayor cantidad de concentración de arsénico que el tallo en el cultivo de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje.

#### B. Hipótesis estadística

Teniendo las hipótesis alterna y nula de la investigación consideramos la hipótesis estadística con una significancia de  $\alpha=0.05$  siendo la población los cultivos de cebada del estudio y la muestra los cultivos de las cuatro zonas de muestreo del centro poblado de Castrovirreyna y del centro poblado de Villaco.

$$H_0: \mu_{\text{raíz}} \leq \mu_{\text{tallo}} \rightarrow \mu_{\text{raíz}} - \mu_{\text{tallo}} \leq 0$$

$$H_1: \mu_{\text{raíz}} > \mu_{\text{tallo}} \rightarrow \mu_{\text{raíz}} - \mu_{\text{tallo}} > 0$$

#### C. Significancia

$$\alpha=0.05$$

#### D. Población

Los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna

### E. Muestra

Los cultivos de las cuatro zonas de muestreo del centro poblado de Castrovirreyna y del centro poblado de Villaco.

### F. Datos

**Tabla 28. Concentraciones de arsénico en el tallo y raíz de los cultivos de cebada (mg/kg)**

Zona	Concentración en la raíz	Concentración en el tallo
Zona O	0.118	0.118
Zona O	0.117	0.118
Zona O	0.117	0.119
Zona O	0.117	0.118
Zona A	0.93	1.087
Zona A	0.923	1.004
Zona A	0.964	1.131
Zona A	0.902	1.081
Zona B	0.945	1.064
Zona B	0.958	1.094
Zona B	0.929	1.030
Zona B	0.953	1.098
Zona C	0.905	1.041
Zona C	0.906	1.031
Zona C	0.908	1.067
Zona C	0.921	1.027

### G. Tipo de prueba

Dado que  $H_1$  tiene el signo mayor, entonces es unilateral a la derecha.

## H. Estadístico de prueba

Tabla 29. Prueba de diferencias emparejadas de las muestras de tallo y raíz

	Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza la diferencia				
				Inferior	Superior			
Raíz	-	-	-	-	-	-	-	-
Tallo	0.102312	0.069454	0.017363	0.139322	0.06503	5.892	15	0.000

### I. Decisión probabilística

Debido a que la  $p\text{-valor}=0.000$  es menor a  $\alpha=0.05$  se rechaza la  $H_0$ ,

### J. Decisión grafica

Considerando la  $t_{\text{critica}} = 1.751$  la  $t_{\text{prueba}} = 5.892$  para poder someter a prueba la  $H_0$ .

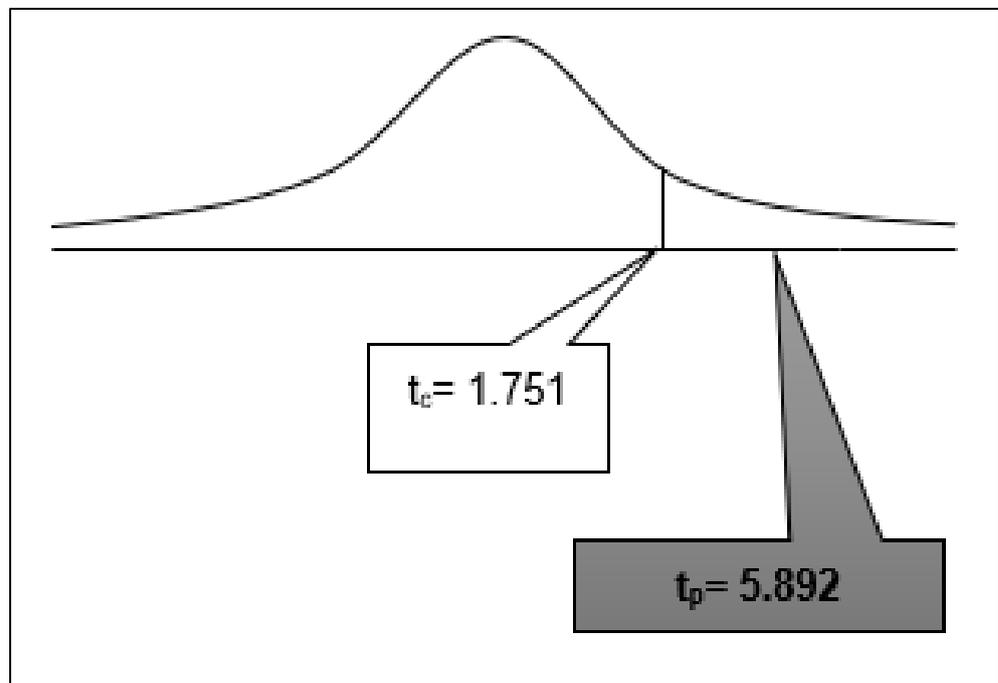


Figura 23. Análisis gráfico de medias para aceptación de hipótesis nula

En la figura 23 se puede ver como la  $t_{\text{prueba}}$  cae en zona de rechazo de la  $H_0$ , entonces se acepta la  $H_1$ .

#### 4.2.4. Hipótesis específica IV

##### A. Hipótesis de investigación

H<sub>0</sub>: La concentración de arsénico en el suelo agrario del centro poblado de Castrovirreyna no se relacionan con la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.

H<sub>1</sub>: La concentración de arsénico en el suelo agrario del centro poblado de Castrovirreyna se relacionan con la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.

##### B. Hipótesis estadística

H<sub>0</sub>:  $\rho = 0$  (No hay correlación)

H<sub>1</sub>:  $\rho \neq 0$  (Si hay correlación, tiene relación)

##### C. Significancia

$\alpha=0.05$

##### D. Diagrama de dispersión

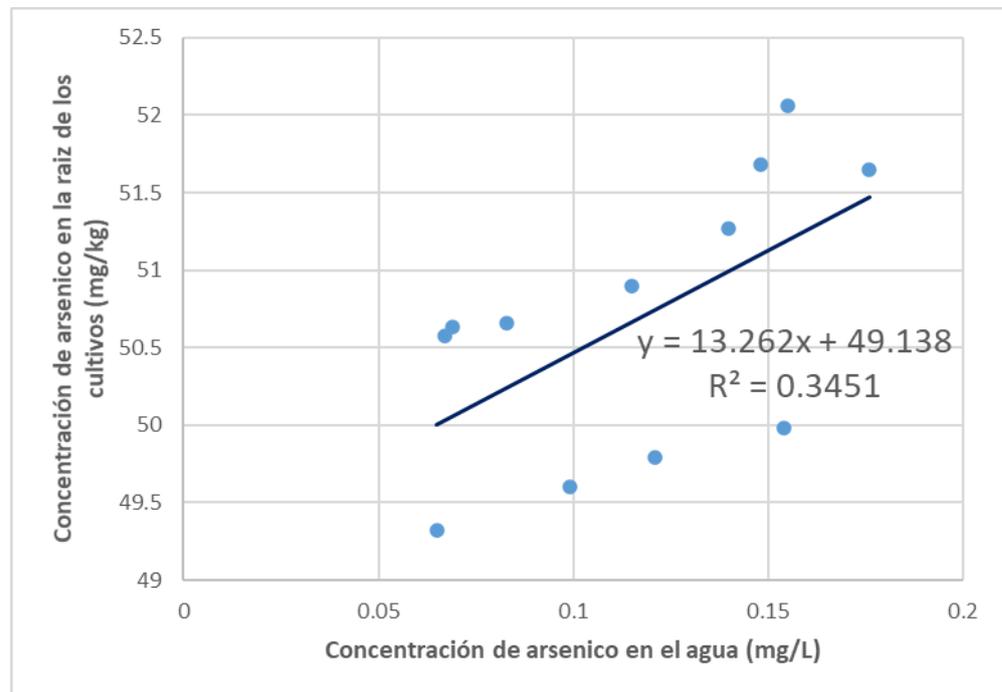


Figura 24. Dispersión de datos para agua/suelo

En la figura 24 podemos ver la correlación de los datos tomando como  $r^2=0.3516$ .

##### E. Prueba de normalidad

Tabla 30. Prueba de normalidad agua/suelo

Zona	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Concentración agua	Zona A	,137	4	.	1,000	4	<b>1,000</b>
	Zona B	,282	4	.	,840	4	<b>,194</b>
	Zona C	,168	4	.	,994	4	<b>,978</b>
Concentración suelo	Zona A	0.162	4	.	0.990	4	<b>0.956</b>
	Zona B	0.295	4	.	0.844	4	<b>0.208</b>
	Zona C	0.167	4	.	0.990	4	<b>0.955</b>

a. Corrección de significación de Lilliefors

H<sub>0</sub>: La distribución de los datos es normal

H<sub>1</sub>: La distribución de los datos no es normal

Si Pvalor (sig.) es mayor a la significancia se acepta la H<sub>0</sub>. Por tanto, las significancias son mayores a  $\alpha=0.05$  como se muestra en la tabla 30.

## F. Prueba de correlación

Tabla 31. Correlación estadística de Pearson para agua/suelo

		Concentración_ agua	Concentración_ suelo
Concentración agua	Correlación de Pearson	1	<b>0.812**</b>
	Sig. (bilateral)		<b>0.000</b>
	N	12	12
Concentración suelo	Correlación de Pearson	<b>0.812**</b>	1
	Sig. (bilateral)	<b>0.000</b>	
	N	12	12

++. La correlación es significativa en el nivel 001 (bilateral)

$R_{\text{Pearson}}=0.812$  (Índice de Pearson)

$R^2 = 0.3451$  (Índice de determinación)

## G. Decisión

Debido a que la Pvalor (sig.=0.042) es menor a  $\alpha=0.05$  se acepta H<sub>1</sub>

### 4.2.5. Hipótesis específica V

#### A. Hipótesis de investigación

H<sub>0</sub>: La concentración de arsénico en la raíz de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna no se relaciona con la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.

H<sub>1</sub>: La concentración de arsénico en la raíz de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna se relaciona con la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.

Teniendo las hipótesis de investigación, se procede a realizar las hipótesis estadísticas para poder identificar con mayor seguridad la correlación que existe; la significancia a tomar será de 0.05.

### B. Hipótesis estadística

H<sub>0</sub>:  $\rho = 0$  (No hay correlación)

H<sub>1</sub>:  $\rho \neq 0$  (Si hay correlación, tiene relación)

### C. Significancia

$\alpha=0.05$

### D. Diagrama de dispersión

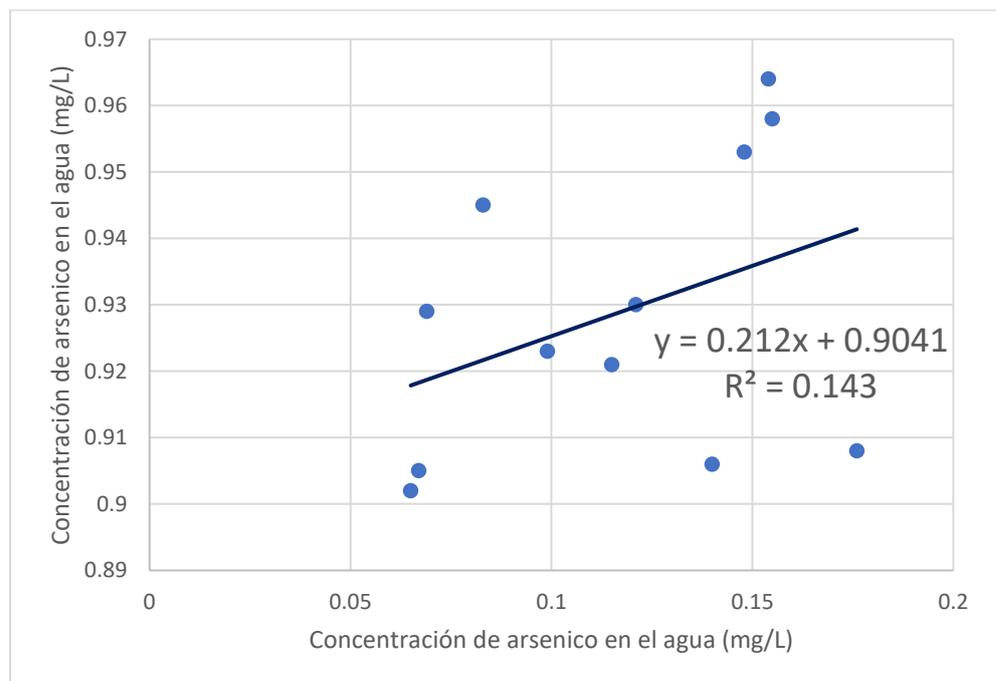


Figura 25. Dispersión de datos para agua/raíz.

En la figura 25 podemos ver la correlación de los datos tomando como  $r^2=0.3516$ .

## E. Prueba de normalidad

Tabla 32. Prueba de normalidad para las concentraciones de arsénico en el agua/raíz

zona	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Concentración agua	Zona A	0,137	4	.	1,000	4	<b>1,000</b>
	Zona B	0,282	4	.	0,840	4	<b>,194</b>
	Zona C	0,168	4	.	0,994	4	<b>,978</b>
Concentración raíz	Zona A	0,290	4	.	0,933	4	<b>,611</b>
	Zona B	0,262	4	.	0,896	4	<b>,410</b>
	Zona C	0,261	4	.	0,875	4	<b>,319</b>

a. Corrección de significación de Lilliefors

H<sub>0</sub>: La distribución de los datos es normal

H<sub>1</sub>: La distribución de los datos no es normal

Si Pvalor (sig.) es mayor a la significancia se acepta la H<sub>0</sub>. Por tanto, las significancias son mayores a  $\alpha=0.05$  como se muestra en la tabla 32.

## F. Prueba de correlación

Tabla 33. Prueba de correlación de Pearson para agua/raíz

		Concentración agua	Concentración raíz
Concentración agua	Correlación de Pearson	1	<b>0.454</b>
	Sig. (bilateral)		<b>0.138</b>
	N	12	12
Concentración raíz	Correlación de Pearson	<b>0.454</b>	1
	Sig. (bilateral)	<b>0.138</b>	
	N	12	12

$R_{\text{Pearson}}=0.454$  (Índice de Pearson)

$R^2 = 0.352$  (Índice de determinación)

## G. Decisión

Debido a que la Pvalor (sig.=0.138) es mayor a  $\alpha=0.05$  se acepta H<sub>0</sub>

## 4.2.6. Hipótesis específica VI

### A. Hipótesis de investigación

$H_0$ : La concentración de arsénico en el tallo de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna no se relacionan con la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.

$H_1$ : La concentración de arsénico en el tallo de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna se relacionan con la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.

### B. Hipótesis estadística

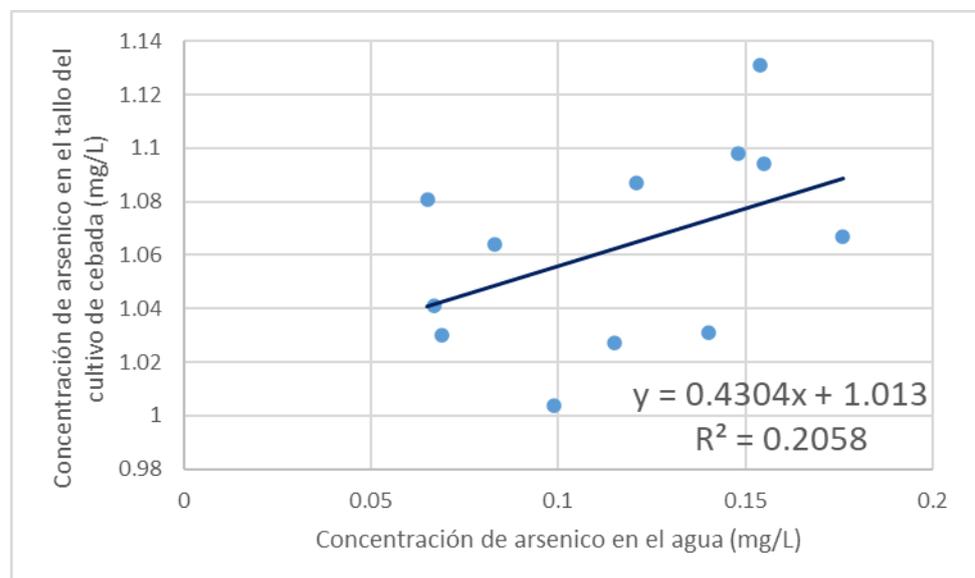
$H_0$ :  $\rho = 0$  (No hay correlación)

$H_1$ :  $\rho \neq 0$  (Si hay correlación, tiene relación)

### C. Significancia

$\alpha=0.05$

### D. Diagrama de dispersión



**Figura 26. Dispersión de datos agua/tallo**

En la figura 27 podemos ver la correlación de los datos tomando como  $r^2=0.0.2058$ .

### E. Prueba de normalidad

**Tabla 34. Prueba de normalidad para agua/tallo**

	zona	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Concentración agua	Zona A	0,137	4	.	1,000	4	<b>1,000</b>
	Zona B	0,282	4	.	0,840	4	<b>0,194</b>
	Zona C	0,168	4	.	0,994	4	<b>0,978</b>
Concentración tallo	Zona A	0,246	4	.	0,964	4	<b>0,801</b>
	Zona B	0,21	4	.	0,936	4	<b>0,632</b>
	Zona C	0,356	4	.	0,773	4	<b>0,062</b>

a. Corrección de significación de Lilliefors

H<sub>0</sub>: La distribución de los datos es normal

H<sub>1</sub>: La distribución de los datos no es normal

Si Pvalor (sig.) es mayor a la significancia se acepta la H<sub>0</sub>. Por tanto, las significancias son mayores a  $\alpha=0.05$  como se muestra en la tabla 34.

## F. Prueba de correlación

**Tabla 35. Prueba de correlación de Pearson para agua/tallo**

		Concentración agua	Concentración tallo
Concentración agua	Correlación de Pearson	1	<b>0.170</b>
	Sig. (bilateral)		<b>0,598</b>
	N	12	12
Concentración tallo	Correlación de Pearson	<b>0.170</b>	1
	Sig. (bilateral)	<b>0,598</b>	
	N	12	12

$R_{\text{Pearson}}=0.170$  (Índice de Pearson)

$R^2 = 0.206$  (Índice de determinación)

## G. Decisión

Debido a que la Pvalor (sig.=0.598) es mayor a  $\alpha=0.05$  se acepta H<sub>0</sub>

### 4.3. Discusión de resultados

El análisis de escenario para hallar las concentraciones de arsénico en nuestras variables señala que es un suelo de tipo apto para extracción de minerales con tipos de suelos sedimentarios, inconsolidados y volcánicos, comparando con los datos de Pacallacta en la tesis de Jiménez (1) donde se hizo un análisis físico químico e incluso biológico de la zona, evaluando su riesgo ambiental a través de mapas, dando

resultados de geo acumulación de arsénico moderado y bajo por el tipo de geología que cuenta como sedimentario en su mayoría,

El estudio determino que la concentración de arsénico en el agua de riego sobre pasa el ECA de agua (tabla 12) ya sea en el efluente o influente del sistema de bombeo según la prueba de hipótesis de dos medias poblacionales independientes que resulta ser significativamente igual las muestras de ambos. En la investigación de Díaz (9) sobre los pasivos ambientales de Pacococha y sus consecuencias tanto en agua, suelo, aire y agua se muestra la excedencia de arsénico en la laguna Pacococha y en el rio que surge de esta, a similitud de los datos obtenidos en la presente investigación.

Los resultados de arsénico en el suelo señalan que los datos superan el ECA de suelo con una significancia de 0.05, esto se puede rectificar con la prueba ANOVA que tuvo como resultado que una de las cuatro zonas es diferente a los datos, en este caso la zona O es la que muestra diferencia evaluado por el análisis Pos Hoc que nos muestra que los datos de la zona B y C son relativamente iguales, la zona A es ligeramente más bajo y la zona O es altamente más bajo. Diaz (19) analizaron las concentraciones de arsénicos en diferentes tipos de suelo ya sea industrial, urbanizada y de cultivo dando como resultado que la zona industrial que tiene mayor contacto con el contaminante es el que supera los estándares de calidad ambiental.

El suelo analizado muestra que supera los estándares de calidad ambiental a diferencia de la muestra en la zona O que no muestra este índice, esto debido al agua con que son regadas contando con el mismo procedimiento de riego en época de estiaje, Vargas (17) en su tesis nos muestra dos poblaciones que son regadas con aguas contaminadas en las cuales muestra que los suelos que no son regadas contienen 50% menos contaminante que las que son regadas.

Debido a que no existe correlación entre las concentraciones de arsénico entre el agua y cultivo puede deberse a que no es un factor que se relaciona, esto puede ser comparado con el caso de la tesis de Herrera (23) ya que sus resultados no confirmaron la correlación entre suelo y raíz debido a que el porcentaje de traslocación fue bajos entre 1.57% a 5.90% considerando entre 30 a 300 mg/kg.

## CONCLUSIONES

- a) El análisis de medias poblacionales independientes nos muestra que los datos del efluente e influente son iguales ya que los resultados de  $t_{prueba}$  se encuentran en la zona de aceptación de la  $H_0$  determinado por la  $t_{critico}=2.508$ , además se dio un análisis de varianzas que dieron como resultado una  $sig.=0.838$  que por ser mayor al  $\alpha=0.05$  se acepta la  $H_0$  determinando que las concentraciones de arsénico en el efluente e influente del sistema de bombeo es igual.
- b) Se determino que las concentraciones de arsénico en el suelo en época de estiaje son mayores al ECA de suelo con una  $t_{prueba}=152.615$  que por no encontrarse en la zona de aceptación de la  $H_0$  se la rechaza y se acepta la  $H_1$  esto evaluado por una prueba de medias para una población y una media.
- c) El análisis de concentraciones de arsénico en el tallo y cultivo determina que la concentración de arsénico en la raíz es mayor a la concentración de arsénico en el tallo esto determinado por una prueba muestral donde la  $t_{prueba}=5.892$  cae en zona de rechazo de la  $H_0$  determinada por la  $t_{critico}=1.751$ .
- d) Se ha determinado que existe correlación entre las concentraciones de agua y suelo ya que fueron evaluadas obteniendo  $r=0.812$  y  $P\text{ valor}=0.000$  que por ser menor a  $\alpha=0.05$  se acepta la  $H_1$  una hipótesis que afirma la correlación de las variables.
- e) Se ha determinado que la correlacionales para el agua y cultivo con un  $P\text{valor}=0,138$  (raíz) y  $P\text{valor}=0,598$  (tallo) que por ser mayor a  $\alpha=0.05$  no es considerado como correlacional y el  $r=0.454$  (raíz) juntamente con la  $r=0.170$  (tallo) que determinan que la concentración de arsénico en el agua no se correlaciona con las concentraciones de arsénico en los cultivos.
- f) Se evaluó la correlación de las variables concluyendo que la correlación que existe respecto a la concentración de arsénico en el suelo se debe al riego con aguas contaminadas por efluentes mineros a diferencia de los cultivos que no cuentan con esta correlación, esto quiere decir que el nivel de contaminación se debe a otros factores con respecto a los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna.

## **RECOMENDACIONES**

- a) Realizar estudios que se enfoquen en análisis de arsénico presente en el agua del río Castrovirreyna.
- b) Realizar estudios en el centro poblado que evidencien la existencia de otros metales pesados en los suelos del centro poblado de Castrovirreyna.
- c) Realizar un análisis de traslocación del arsénico en cultivos donde exista presencia de arsénico u otros metales pesados.
- d) Realizar estudios donde se determine la presencia de otros metales pesados en los suelos del centro poblado de Castrovirreyna.
- e) Determinar los factores por el cual las raíces de los cultivos tengan concentraciones de arsénico en el centro poblado de Castrovirreyna.
- f) Determinar los factores por el cual existe presencia de arsénico en el tallo de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. JIMÉNEZ, Paúl. *Diagnóstico de la presencia y contaminación por arsénico en el suelo y agua de consumo en la parroquia Papallacta* [online]. Quito : Escuela Politécnica Nacional, 2018. [Accessed 13 September 2020]. Available from: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19760>Accepted: 2018-09-27T22:37:25Zpublisher: Quito, 2018.
2. JIMENEZ, Francisco. *Antropología Ecológica*. Madrid : Dykinson S.L., 2016. ISBN 978-84-9148-003-7. Google-Books-ID: Xg7ODQAAQBAJ
3. ANDRADE, Katia, CASTILLO, Isabel and QUISPE, Roger. Determinación de metales pesados en suelos agrícolas y suelos para cultivo de *Solanum tuberosum* de la Bahía Interior de Puno. *Investigación & Desarrollo* [online]. 2020. Vol. 20, no. 1, p. 147–153. [Accessed 13 September 2020]. Available from: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2518-44312020000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2518-44312020000100011&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
4. BELIZARIO, Germán, CAPACOILA, Javier, HUAQUISTO, Edilberto, CORNEJO, Dalmiro A. and CHUI, Heber N. Determinación del contenido de Fósforo y Arsénico, y de otros metales contaminantes de las aguas superficiales del Río Coata, afluente del lago Titicaca, Perú. *Revista Boliviana de Química* [online]. December 2019. Vol. 36, no. 5, p. 223–228. [Accessed 10 May 2020]. Available from: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0250-54602019000600004&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0250-54602019000600004&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
5. INSTITUTO GEOLÓGICO, MINERO Y METALÚRGICO, INGEMMET. *Catastro minero* [online]. [map]. Geocatmin : Geocatmin, 2020. [Accessed 14 September 2020]. Available from: <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
6. REBAZA, Deiber and VALVERDE, Katty. *Evaluación del potencial fitorremediador de la especie Brassica juncea (mostaza) en suelos contaminados con zinc y arsénico provenientes de relaves mineros* [online]. Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2019. [Accessed 10 May 2020]. Available from: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13782>Accepted: 2019-09-17T12:39:04Zpublisher: Universidad Nacional de Trujillo
7. TRUJILLO, Lenin. *Evaluación ambiental de los pasivos ambientales mineros determinados en el sector comprendido entre Pacococha y Buenavista - Huancavelica* [online]. Arequipa : Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, 2018. [Accessed 13 September 2020]. Available from: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6974>Accepted: 2018-11-15T14:40:18Zpublisher: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
8. PANIAGUA, Oscar. *Evaluación de la calidad del agua para consumo humano y fines agrícolas en las cuencas de la región Huancavelica* [online]. Huamanga : Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, 2017. [Accessed 13 September 2020]. Available from: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/3248>Accepted: 2019-07-23T19:42:08Zpublisher: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
9. DÍAZ, María. *Medidas para la remediación del pasivo ambiental minero relavera pacococha 10488 en el distrito y provincia de castrovirreyña* [online]. Lima : Universidad Nacional Federico Villarreal, 2019. [Accessed 14 September 2020]. Available from: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3565>Accepted: 2019-09-04T22:26:41Zpublisher: Universidad Nacional Federico Villarreal

10. DIRECCIÓN GENERAL DE ASUNTOS AMBIENTALES, DGAA. *Minas abandonadas de Huancavelica*. Lima : Ministerio de Energía y Minas, 2000.
11. CHIRA, Jorge, PALOMINO, Charly, VARGAS, Luis, VÁSQUEZ, Ronald, CANGALAYA, Luis and RODRIGUEZ, Hismael. *Geoquímica Ambiental de la Cuenca del Río Pisco* [online]. Lima : INGEMMET, 2011. [Accessed 14 September 2020]. B. Available from: [https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/217/266/B024-Boletin-Geoquimica\\_ambiental\\_cuenca\\_rio\\_Pisco.pdf](https://repositorio.ingemmet.gob.pe/bitstream/20.500.12544/217/266/B024-Boletin-Geoquimica_ambiental_cuenca_rio_Pisco.pdf)
12. Difunden resultados de monitoreo de la calidad del agua en Huaytará. *ANA web - Autoridad Nacional del Agua* [online]. Pisco, 15 September 2019. [Accessed 14 September 2020]. Available from: <http://www.ana.gob.pe/noticia/difunden-resultados-de-monitoreo-de-la-calidad-del-agua-en-huaytara>
13. CENTRO NACIONAL DE ESTIMACIÓN, PREVENCIÓN Y REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES, CENEPRED and MAURITA CONSTRUCCIONES S.A.C. Informe de evaluación de riesgo por inundación pluvial del distrito de Castrovirreyna, provincia de Castrovirreyna. [online]. 2019. [Accessed 10 May 2020]. Available from: [https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/6501\\_informe-de-evaluacion-de-riesgo-por-inundacion-pluvial-del-distrito-de-castrovirreyna-provincia-castrovirreyna-region-huancavelica.pdf](https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/6501_informe-de-evaluacion-de-riesgo-por-inundacion-pluvial-del-distrito-de-castrovirreyna-provincia-castrovirreyna-region-huancavelica.pdf)
14. SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA DEL PERÚ, SENAMHI. Datos Hidrometeorológicos. [online]. 2020. [Accessed 10 May 2020]. Available from: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
15. CALAFAT, María. *Contribución al estudio de los cambios de uso del suelo en la Comunidad Valenciana*. [online]. Valencia : Universidad Politecnica de Valencia, 2020. [Accessed 30 June 2020]. Available from: <https://riunet.upv.es/handle/10251/135294> Accepted: 2020-01-20T16:21:22Z
16. CHAMBI, Lourdes Janneth, ORSAG, Vladimir and NIURA, Amalia. Evaluación de la presencia de metales pesados en suelos agrícolas y cultivos en tres microcuencas del municipio de Poopó-Bolivia. [online]. 2017. Vol. 4, no. 1, p. 67–73. [Accessed 30 June 2020]. Available from: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S2409-16182017000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2409-16182017000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
17. VARGAS, Delvi. *Metales pesados en suelos cultivados con riego y sin riego en la comunidad de Naupapampa del distrito de Asillo - Puno* [online]. Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017. [Accessed 30 September 2020]. Available from: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6874> Accepted: 2018-05-11T16:02:40Z publisher: Universidad Nacional del Altiplano
18. PERSONA CIENCIA Y EMPRESA UNIVERSIDAD RAMON LLULL, IGS. Espectrofotómetro de emisión atómica-ICP (ICP-OES Perkin Elmer Avio 500). *IQS Tech Transfer* [online]. 19 December 2020AD. [Accessed 24 September 2020]. Available from: <https://www.iqs.edu/es/noticia/icp-oes-una-t%C3%A9cnica-destacada-para-el-an%C3%A1lisis-de-impurezas-met%C3%A1licas>
19. DÍAZ, Walter. *Factores que determinan el origen de la contaminación de suelos por arsénico en la comunidad de Llacuabamba, Pataz, mediante procedimientos secuenciales y alternos* [online]. Lima : Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2020. [Accessed 25 May 2020]. Available from:

<http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/11602>Accepted: 2020-02-13T16:26:48Zpublisher: Universidad Nacional Mayor de San Marcos

20. HIGINIO, Mitzi. *Identificación y evaluación de la calidad del suelo para determinar la presencia de metales pesados en las áreas Intermedias el Proyecto Minero Regina* [online]. Lima : Universida Alas Peruanas, 2017. [Accessed 25 May 2020]. Available from: <http://repositorio.uap.edu.pe/handle/uap/6816>Accepted: 2018-07-31T16:27:31Zpublisher: Universidad Alas Peruanas

21. DIAZ, Nelson and MEDINA, Hans. *Contaminación en suelo y flora por metales pesados en la zona de relaveras de la ex Mina Paredones – San Pablo* [online]. Universidad Privada del Norte, 2018. [Accessed 24 May 2020]. Available from: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13247>Accepted: 2018-04-29T17:57:50Z

22. SOTO, Hilda, RODRIGUEZ, Liset, OLIVERA, Martha, AROSTEGUI, Victor and COLINA, César. *Determinación de metales pesados en suelo y productos agrícolas de la zona minera la Pastora* [online]. Puerto Maldonado : Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios, 2015. [Accessed 24 May 2020]. Available from: <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/435>Accepted: 2019-07-18T15:59:27Zpublisher: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios

23. HERRERA, Venecia, CARRASCO, Cristian, SANDOVAL, Patricia and CORTÉS, Claudia. Transferencia de arsénico en el sistema aguasuelo-maíz de Zea Mays L. cultivados en la quebrada de Camiña, norte de Chile. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [online]. January 2017. Vol. 83, no. 1, p. 52–64. [Accessed 30 September 2020]. Available from: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1810-634X2017000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1810-634X2017000100006&lng=es&nrm=iso&tlng=pt)

24. CRUZ, Arturo, MURILLO, Janette Magalli, TROYO, Enrique and NAVA, Enrique. Distribución de sales y arsénico en el acuífero de La Paz B.C.S., México. *Recursos Naturales y Sociedad* [online]. 1 November 2017. [Accessed 25 May 2020]. Available from: <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/602>Accepted: 2017-11-01T23:14:01Z

25. MEDINA, Maria and ZANOR, Gabriela. Evaluación de la contaminación por elementos traza en suelos agrícolas del municipio de Irapuato (Guanajuato). *JÓVENES EN LA CIENCIA* [online]. 22 March 2017. Vol. 3, no. 1, p. 295–299. [Accessed 25 May 2020]. Available from: <http://148.214.90.90/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/985>

26. ROSAS, José. *Estudio de la acumulación y especiación de arsénico en cultivos de maíz y su riesgo potencial para la salud humana* [online]. Islas Baleares : Universidad de les Illes Balears, 2015. [Accessed 29 June 2020]. Available from: <http://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/149182>Accepted: 2019-03-27T12:01:41Zpublisher: Universitat de les Illes Balears

27. ORGANISMO SUPERVISOR DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA Y MINERÍA, OSINERGMIN. *La industria de la Minería en el Perú: 20 años de contribución al crecimiento y desarrollo económico del país* [online]. 1. Lima : OSINERGMIN, 2017. [Accessed 11 October 2020]. 1, 1. ISBN 978-612-47350-1-1. Available from: [https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro\\_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf](https://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/mineria/Documentos/Publicaciones/Osinergmin-Industria-Mineria-Peru-20anos.pdf)

28. RODRÍGUEZ, Natalia, MCLAUGHLIN, Michael and PENNOCK, Daniel. *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Roma : Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019. ISBN 978-92-5-131639-9.

29. DAMMERT, Alfredo and MOLINELLI, Fiorella. *Panorama de la Minería en el Perú*. 1. Lima : Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería, 2020.
30. GALÁN, Emilio and ROMERO, Antonio. Contaminación de Suelos por Metales Pesados. In : *Contaminacion de Suelos por Metales Pesados*. Sevilla : Universidad de Sevilla, 8 October 2020. p. 13.
31. RAMÍREZ, Augusto V. Exposición ocupacional y ambiental al arsénico: actualización bibliográfica para investigación científica. *Anales de la Facultad de Medicina* [online]. July 2013. Vol. 74, no. 3, p. 237–248. [Accessed 14 September 2020]. Available from: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1025-55832013000300014&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1025-55832013000300014&lng=es&nrm=iso&tlng=es)
32. DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE CALIDAD DE LOS RECURSOS HÍDRICOS, DGCRH. *Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos* [online]. Protocolo de Monitoreo. Lima : Autoridad Nacional del Agua y Ministerio de Agricultura y Riego, 2011. [Accessed 15 October 2020]. Available from: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf)
33. MINISTERIO DEL AMBIENTE, MINAM. *Guía para el muestreo de suelos* [online]. 1. Lima, 2014. [Accessed 15 October 2020]. Available from: <http://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2013/10/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELOS-final.pdf>
34. INTERNATIONAL ORGANIZATION OF STANDARDIZATION, ISO. ISO 11074:2015, Soil quality - Vocabulary. *ISO* [online]. 2015. [Accessed 10 October 2020]. Available from: <https://www.iso.org/cms/render/live/en/sites/isoorg/contents/data/standard/05/92/59259.html>
35. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA, INEGI. *Sistema de Cuentas Económicas y Ecológicas de México 2003-2007*. México : INEGI, 2010.
36. FLORES, Raquel Casas. *El suelo de cultivo y las condiciones climáticas*. Editorial Paraninfo, 2012. ISBN 978-84-283-3287-3. Google-Books-ID: h8\_qVzloJ00C
37. GUDINO, Mar&Atilde and &SHY, a Elina. Regulación del mercado para conservar suelo agrícola. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*. 2018. P. 18.
38. GLIESSMAN, Stephen R. *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE, 2002. ISBN 978-9977-57-385-4. Google-Books-ID: rnqan8BOVNAC
39. Suelo agrícola - EcuRed. [online]. [Accessed 25 May 2020]. Available from: [https://www.ecured.cu/Suelo\\_agr%C3%ADcola](https://www.ecured.cu/Suelo_agr%C3%ADcola)
40. BENITEZ CAMPO, Neyla. Producción Limpia y Biorremediación para la contaminación de cromo en la Industria de Curtiembres. *Ambiente y Sostenibilidad* [online]. 2011. Vol. 1, p. 25–31. [Accessed 25 May 2020]. DOI 10.25100/ay.v1i1.4335. Available from: <http://revistaambiente.univalle.edu.co/index.php/ay/article/view/4335>
41. MEDINA, María, ROBLES, Pamela, MENDOZA, Mónica and TORRES, Celeste. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* [online]. January 2018. Vol. 35, no. 1, p. 93–102. [Accessed 25 May 2020]. DOI 10.17843/rpmesp.2018.351.3604. Available from:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1726-46342018000100015&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1726-46342018000100015&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

42. ALARCÓN, Teresa, LLORENS, Esther and POCH, Manel. *Remoción de Arsénico del Agua para Consumo Humano en Latinoamérica* [online]. 1. México : Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C., 2012. [Accessed 25 May 2020]. 1. Available from: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/1054/1/Libro-ArsenicoEdit%207%20marzo%202012.pdf>
43. GONZÁLEZ, Arturo Reyes, GONZÁLEZ, Miguel Rivera, RAMÍREZ, Gerardo Delgado, SÁNCHEZ, David Guadalupe Reta and DUARTE, Juan Isidro Sánchez. Programación del riego mediante el uso de un atmómetro. *Agrofaz: publicación semestral de investigación científica* [online]. 2019. Vol. 1, no. 1, p. 68–79. [Accessed 25 May 2020]. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7365902>
44. PÉREZ, Jefferson. *Influencia de la fertilización nitrogenada aplicada al cultivo de arroz (Oryza sativa L.), en el cantón Pueblo Viejo* [online]. Babahoyo : Universidad Técnica de Babahoyo, 2020. [Accessed 11 October 2020]. Available from: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/8006>Accepted: 2020-05-29T08:13:03Zpublisher: BABAHOYO: UTB, 2020
45. SARABIA, Gregorio. *La organización, uso y manejo del agua en la microcuenca las Marías - La Calera, Municipio de Acapulco*. Tuxpan : Universidad Autónoma de Guerrero, 2018.
46. FIGUERUELO, Juan E. and DÁVILA, Martín Marino. *Química Física del Ambiente y de los Procesos Medioambientales*. Reverte, 2004. ISBN 978-84-291-7903-3. Google-Books-ID: aVq87XOwWH4C
47. RUIZ, Cardenas and JHIANNINA, Martha. Implicaciones de las actividades mineras informales en la calidad de vida de las familias de Huamachuco, Departamento de La Libertad, Peru. [online]. 20 February 2017. [Accessed 25 May 2020]. Available from: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/11641>Accepted: 2017-08-29T18:43:33Z
48. DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA, RAE-. explotación | Diccionario de la lengua española. «*Diccionario de la lengua española*» - Edición del Tricentenario [online]. [Accessed 25 May 2020]. Available from: <https://dle.rae.es/explotación>
49. MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. *Texto Unico Ordenado de la Ley General de Minería* [online]. 1992. Decreto Supremo 014-92-EM. [Accessed 25 May 2020]. Available from: <http://spijlibre.minjus.gob.pe/CLP/contenidos.dli/CLPlegcargen/coleccion00000.htm/tomo00451.htm/a%C3%B1o70551.htm/mes72377.htm/dia72406.htm/sector72407.htm/sumilla72408.htm>
50. MORA PALOMINO, Gerardo Luís. *Evaluación del relave Minero y su tratamiento en la planta de beneficio MVC-2011-II Sayan - Lima 2017*. Peru : Universidad nacional José Faustino Sanchez Carrión, 2019.
51. AGUIRRE RAMOS, Roberto Eduardo. *Análisis de la estabilidad física del depósito de relaves N°5 de la Conseción de beneficio Belén de Minería Titán del Perú S.R.L.* [online]. Perú : Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2017. [Accessed 25 May 2020]. Available from: <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2538/Glagrare.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

52. PAPUICO, Karito. *Técnica de fitorremediación en la extracción de metales pesados con la planta Yaluzai (Senecio rudbeckiaeofollus) en la relaver de Quiulacocha del distrito de Simón Bolívar de Rancas*. Cerro de Pasco : Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, 2018.
53. BEHAR, Daniel. *Metodología de la Investigación* [online]. A Rubeira. Editorial Shalom, 2008. [Accessed 30 June 2020]. ISBN 9789592127837. Available from: [https://www.academia.edu/28294782/Libro\\_metodologia\\_investigacion\\_-\\_Behar\\_1\\_](https://www.academia.edu/28294782/Libro_metodologia_investigacion_-_Behar_1_)
54. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos and BAUTISTA, Pilar. *Metodología de la investigación*. 6. México, D.F. : McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
55. ARIAS, Fidias. *El Proyecto de la Investigación: Introducción a la metodología científica* [online]. 6. Caracas : Episteme C.A., 2012. [Accessed 11 October 2020]. Available from: <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-C3%93N-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
56. COMISIÓN DE NORMALIZACIÓN Y DE FISCALIZACIÓN DE BARRERAS COMERCIALES NO ARANCELARIAS, INDECOPI. *Norma Técnica Peruana 214.042/2012. Calidad de agua, Clasificación de la matriz agua para ensayos de laboratorio* [online]. 28 December 2012. Water Quality. [Accessed 15 October 2020]. Available from: <https://www.deperu.com/normas-tecnicas/NTP-214-042.html>
57. GEOCATMIN. *Geomorfología del Centro poblado de castrovirreyna* [online]. [map]. 2020. [Accessed 11 November 2020]. Available from: <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
58. GEOCATMIN. Mapa Hidrogeomorfológico del centro poblado de Castrovirreyna. [online]. 2020. [Accessed 10 May 2020]. Available from: <https://geocatmin.ingemmet.gob.pe/geocatmin/>
59. LONG NG, Wai, PEÑA, Fluquer and ACOSTA, Harmunt. Hidrogeología de la cuenca del río Ilo-Moquegua , región Moquegua. *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET* [online]. 2019. Vol. 1, no. 6. [Accessed 11 November 2020]. Available from: <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2269> Accepted: 2019-09-20T00:52:43Z
60. MINISTERIO DEL AMBIENTE, MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental* [online]. El Peruano. Lima, 7 June 2017. [Accessed 28 November 2020]. Available from: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>
61. MINISTERIO DEL AMBIENTE, MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. *SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental* [online]. El Peruano. Lima, 2 December 2017. [Accessed 28 November 2020]. Available from: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-suelo-0>

## **ANEXOS**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

**Título:** Evaluación del arsénico en suelos agrarios y cultivos en relación al riego con agua contaminada por efluentes mineros del centro poblado de Castrovirreyna

**Autor:** Tatiana Erika Lagos Gálvez

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	MARCO TEÓRICO
<p><b>Problema general</b> ¿Cuál es la concentración de arsénico en el suelo agrario y los cultivos del centro poblado de Castrovirreyna respecto al riego con agua contaminada por efluentes mineros en época de estiaje?</p> <p><b>Problemas específicos</b> ¿De qué forma la alteración del agua de riego en el influente y efluente del sistema de bombeo afecta la concentración de arsénico en el suelo sistema de riego y los cultivos de cebada durante época de estiaje en el centro poblado de Castrovirreyna? ¿Cuál es la concentración de arsénico en los suelos agrarios del centro poblado de Castrovirreyna con respecto al ECA durante época de estiaje en el centro poblado de Castrovirreyna? ¿Cuál es la concentración más alta de arsénico que se encuentra en el tallo y la raíz del cultivo de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje? ¿Qué relación existe entre la concentración de arsénico en el suelo</p>	<p><b>Objetivo general</b> Determinar la concentración de arsénico en el suelo agrario y los cultivos del centro poblado de Castrovirreyna respecto al riego con agua contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.</p> <p><b>Objetivos específicos</b> Determinar si la concentración de arsénico en el agua de riego se mantiene igual desde el influente hasta el efluente del sistema con el que se riega el suelo agrario de Castrovirreyna en época de estiaje. Determinar si la concentración de arsénico en el suelo agrario de Castrovirreyna supera los Estándares de Calidad Ambiental respecto al arsénico. Analizar si la raíz contiene mayor cantidad de concentración de arsénico que el tallo en el cultivo de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje. Identificar si existe correlación entre la concentración de arsénico en el suelo agrario del centro poblado de Castrovirreyna durante época de</p>	<p><b>Hipótesis general</b> La concentración de arsénico en el influente del sistema de bombeo es igual a la concentración en el efluente del sistema en época de estiaje.</p> <p><b>Hipótesis específica</b> La concentración de arsénico en el influente es igual a la concentración en el efluente del sistema de riego por bombeo con el que se riega el suelo agrario de Castrovirreyna en época de estiaje. La concentración de arsénico en el suelo agrario de Castrovirreyna durante época de estiaje supera los Estándares de Calidad Ambiental respecto al arsénico. La raíz contiene mayor cantidad de concentración de arsénico que el tallo en el cultivo de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje. Las concentraciones de arsénico en el suelo agrario del centro poblado de Castrovirreyna y el agua de riego contaminada por efluentes mineros se relacionan durante época de</p>	<p><b>Independiente</b> Aguas contaminadas por efluentes mineros</p> <p><b>Dependiente</b> Concentración de arsénico en suelo agrario</p> <p>Concentración de arsénico en cultivos</p>	<p><b>Método</b> Hipotético deductivo</p> <p><b>Alcance</b> Cuantitativo</p> <p><b>Nivel de investigación</b> Correlacional</p> <p><b>Diseño de investigación</b> No experimental – transversal</p> <p><b>Instrumentos</b> Observación Ficha de observación</p>

<p>agrario del centro poblado de Castrovirreyna durante época de estiaje y el agua de riego contaminada por efluentes mineros?  ¿Existe relación entre la concentración de arsénico en la raíz del cultivo de cebada con el agua de riego contaminada por efluentes mineros en la época de estiaje?  ¿Existe relación entre la concentración de arsénico en el tallo del cultivo de cebada con el agua de riego contaminada por efluentes mineros en la época de estiaje?</p>	<p>estiaje y el agua de riego contaminada por efluentes mineros.  Identificar la existencia de correlación entre la concentración de arsénico en la raíz de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje y la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros.  Identificar la existencia de correlación entre la concentración de arsénico en el tallo de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna en época de estiaje y la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros.</p>	<p>estiaje en el Centro Poblado de Castrovirreyna.  La concentración de arsénico en la raíz de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna se relaciona con la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.  La concentración de arsénico en el tallo de los cultivos de cebada del centro poblado de Castrovirreyna se relaciona con la concentración de arsénico en el agua para riego con contaminada por efluentes mineros en época de estiaje.</p>		
---	---	---	--	--

## GUÍA DE MUESTREO PARA DATOS DE SUELO

GUÍA DE OBSERVACIÓN DE MUESTREO PARA AGUA -SUELO														
DATOS DEL MONITOR						DATOS DE MUESTREO								
Nombre o razón social:						TIPO DE MUESTRA								
Dirección:						Líquido:					Sólido:			
Persona de contacto:						UBICACIÓN								
Teléfono/Anexo:						Distrito								
Correo electrónico:						Provincia								
Referencia:						Departamento								
MONITOREO														
CÓDIGO DE MUESTRA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS		ENVASES			PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS				OBSERVACIONES		
			X	Y	P	V	E	pH	Temperatura	Conductividad eléctrica	Turbidez			
OBSERVACIONES:														

**Fuente:** Elaboración propia

## GUÍA DE MUESTREO PARA DATOS DE AGUA

CADENA CUSTODIA PARA AGUA													
DATOS DEL MONITOR				DATOS DE MUESTREO						DATOS DEL ENVÍO			
Nombre o razón social:				TIPO DE MUESTRA						Enviado por:			
Dirección:				Líquido:			Sólido:						
Persona de contacto:				UBICACIÓN						Fecha:		Hora:	
Teléfono/Anexo:				Distrito									
Correo electrónico:				Provincia						Medio de envío			
Referencia:				Departamento						Agencia	Aerolínea	T. Privado	Otro :
MONITOREO													
Código de muestra	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Preservante químico	Coordenadas		Envases			Parámetros fisicoquímicos				Observaciones
				X	Y	P	V	E	pH	Temperatura	Conductividad eléctrica	Turbidez	
<b>OBSERVACIONES:</b>													

RESPONSABLE	FIRMA:	TIPO DE MATRIZ (*)		PARA SER COMPLETADO POR EL ÁREA DE RECEPCIÓN DEL LABORATORIO (MUESTRAS)				
		AGUA ( Ref.: NTP 214.042)	Control de Calidad de	CONDICIONES DE RECEPCIÓN			CONFORMIDAD DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	OBSERVACIONES
		Agua Natural: AS: Agua Superficial ASB: Agua Subterránea Agua Residual: ARD: Agua Residual Doméstica ARI: Agua Residual Industrial Agua Salina: AMAR: Agua de Mar AREY: Agua de Reinyección ASAL: Agua Salobre	Blanco de campo	SI	NO	Fecha de recepción:		
			Blanco viajero duplicado			Envases adecuados y en buen estado:		
			Otro:	Preservantes adecuados:			Hora de recepción:	
				Con ice pack:				
				Dentro del tiempo de vida útil:			Recibido por:	
				P	plástico			
				V	vidrio		Firma:	
	E	esterilizado						

**Fuente:** Elaboración propia